

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

"Допущено до захисту"

Зав. кафедрою БДМБ

к.т.н., професор

_____Владислав НАСТОЯЩИЙ

"_____" _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

За другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему

**Дослідження комбінованої системи підсилення стрічкових
пальових фундаментів**

Виконав здобувач вищої освіти

6 курсу, групи БІ 20МЗ

спеціальності 192 Будівництво та
цивільна інженерія

_____В.І. Ракович

"_____" _____ 2021 р.

Керівник роботи, к.т.н., доцент

_____Андрій ТИХИЙ

"_____" _____ 2021 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва та транспорту

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва, професор

Владислав НАСТОЯЦЬКИЙ

1 вересня 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну магістерську роботу
здобувачу вищої освіти Раковичу Вадиму Івановичу

1. Тема роботи: **Дослідження комбінованої системи підсилення стрічкових пальових фундаментів**
керівник роботи – к.т.н., Андрій ТИХИЙ,
затверджені наказом по університету від 2 серпня 2021 р. № 50-13.
2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи – 26 листопада 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи:
 - нормативна, довідкова, наукова та навчальна література з питань проектування перекриттів будівель;
 - проектні рішення залізобетонних плит перекриття.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які слід розробити):
 - геотехнічні проблеми забезпечення надійності будівель в процесі експлуатації;
 - методи перетворення фізико-механічних характеристик ґрунтів
 - методи підсилення пальових фундаментів;
 - дослідження взаємодія системи підсилення з ґрунтових основ на моделях у лабораторних умовах;
 - міцнісні і деформативні характеристики матеріалів;
 - аналіз результатів випробувань моделей досліджуваної системи лабораторних умов;
 - дослідження взаємодії комбінованої системи підсилення пальових фундаментів з ґрунтовою основою на основі розрахункового моделювання;
 - технологія влаштування системи підсилення стрічкових пальових фундаментів;
 - заходи з охорони праці.
5. Перелік графічного матеріалу: мультимедійна презентація (не менше 20 слайдів), що ілюструє методику та результати досліджень.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Огляд літератури	доцент Тихий А.А.		
Методика досліджень	доцент Тихий А.А.		
Теоретичні дослідження	доцент Тихий А.А.		
Експериментальне проектування	доцент Тихий А.А.		
Охорона праці	доцент Дарієнко В.В.		

7. Дата видачі завдання – 1 вересня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строки виконання етапів роботи	Примітка
1	Бібліографічний огляд досліджень роботи бетону і залізобетонних балок	11.09.2021	
2	Розроблення методики експериментального проектування та її програмної реалізації	18.09.2021	
3	Розроблення методів перетворення фізико-механічних характеристик ґрунтів	25.09.201	
4	Методика проведення досліджень у лабораторних умовах	08.10.2021	
5	Вдосконалення методики проектування основ плитних фундаментів по деформаціях	22.10.2021	
6	Розробка технології влаштування системи підсилення стрічкових пальових фундаментів	29.10.2021	
7	Розроблення заходів з охорони праці	10.11.2021	
8	Оформлення пояснювальної записки та мультимедійної презентації	15.11.2021	
9	Підготовка до захисту	20.11.2021	

Здобувач

В.І. Ракович

Керівник КМР

А.А. Тихий

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
				Знову розроблена		
A4			КМР 117 ПЗ	Пояснювальна записка	64	
				Обґрунтування завдань,		
				методики і результатів		
				виконаних досліджень		
				Документація з		
				економічного розділу		
				Знову розроблена		
				Ілюстративні матеріали		
				Знову розроблені		
A4				Мультимедійна презентація	22	
				з наочними поясненнями		
				методики і результатів		
				виконаних досліджень		

					КМР 117 ПЗ							
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата								
Розробила	Ракович .В.І.				Дослідження комбінованої системи підсилення стрічкових пальових фундаментів			Стадія	Лист	Листів		
Перевірих	Тихий А.А.							Д		1	1	
Н. контр.	Дарієнко В.В.											
Затвердив.	Настоящий В.А.				ЦНТУ зр. БІ-20 МЗ							

АНОТАЦІЯ

Фундаменти будівель і споруд багато в чому визначають безпеку експлуатації будівельних об'єктів на агломераційних територіях. В даний час актуальними є питання модернізації, реконструкції будівель, капітального ремонту, реновації існуючого житлового фонду. Реконструкція часто включає в себе збільшення поверховості, зміна функціоналу об'єктів і пов'язане з цим зміна навантажень на ґрунтові основи. Причинами для проведення ремонтних робіт є не тільки моральний знос, але і фізичне старіння, пов'язане з деструкцією матеріалу фундаментів, зміною властивостей підстав, помилками на етапах досліджень, проектування, будівництва, експлуатації.

Важливим геотехнічним аспектом залишається пристрій при реконструкції підвальних приміщень, що особливо актуально в обмежених міських умовах. В цьому випадку може змінюватися розрахункова схема системи «основа-фундамент», що вимагає проведення додаткових заходів.

В даний час в будівництві і реконструкції використовуються різні геотехнічні способи і технології. За рахунок їх загального розвитку зміщення відбувається в бік використання нових прогресивних технологій, включаючи ін'єкційні і струменеві способи закріплення ґрунтів і поліпшення їх структури. Висока ефективність даних методів часто межує з певними, при чому істотними недоліками, до яких можна віднести: складність контролю зон підсилення в основи; істотний розкид по масиву характеристик міцності і деформованості; ненадійний прогноз моделювання основи під експлуатаційні навантаження.

Оскільки підсилення основ і фундаментів, як правило, найвідповідальніша і при цьому витратна частина реконструкції, рішення щодо вибору способу і технології повинно підлягати всебічній оцінці.

Таким чином, актуальним завданням є розробка нових, в тому числі комбінованих систем підсилення основ і фундаментів на основі традиційних і активно розвиваються прогресивних технологій, а також вдосконалення методів їх розрахунку.

ABSTRACT

The foundations of buildings and structures largely determine the safety of operation of construction sites in agglomerations. Currently, the issues of modernization, reconstruction of buildings, overhaul, renovation of the existing housing stock are relevant. Reconstruction often includes increasing the number of storeys, changing the functionality of objects and the associated change in loads on the ground. The reasons for the repair work are not only wear and tear, but also physical aging associated with the destruction of the foundation material, changes in the properties of the foundations, errors in the stages of research, design, construction, operation.

An important geotechnical aspect remains the device in the reconstruction of basements, which is especially true in limited urban conditions. In this case, the calculation scheme of the "foundation-foundation" system may change, which requires additional measures.

Currently, various geotechnical methods and technologies are used in construction and reconstruction. Due to their general development, the shift is towards the use of new advanced technologies, including injection and jet methods of soil consolidation and improving their structure. The high efficiency of these methods often borders on certain, and significant shortcomings, which include: the difficulty of controlling the reinforcement zones in the base; significant variance in the array of characteristics of strength and deformation; unreliable forecast of base modeling for operational loads.

Since the strengthening of foundations and foundations, as a rule, is the most responsible and costly part of the reconstruction, the decision on the choice of method and technology should be subject to comprehensive evaluation.

Thus, the urgent task is to develop new, including combined systems to strengthen the foundations and foundations on the basis of traditional and actively developing advanced technologies, as well as improving methods of their calculation.

З М І С Т

ВСТУП.....	3
Розділ 1. Огляд методів і технологій підсилення пальових фундаментів.....	9
1.1. Геотехнічні проблеми забезпечення надійності будівель в процесі експлуатації	9
1.2. Основні причини, що викликають необхідність підсилення пальових фундаментів	11
1.3. Методи перетворення фізико-механічних характеристик ґрунтів	13
1.4. Методи підсилення пальових фундаментів	15
1.5. Підсилення палевого фундаменту.....	17
1.6. Застосування комбінованих палево-плитних фундаментів.....	22
1.7. Принципи використання пролітної частини, опресування і цементації основи для підсилення пальових фундаментів.....	24
1.8. Висновки до розділу 1.....	26
Розділ 2. Дослідження взаємодія системи підсилення з ґрунтових основ на моделях у лабораторних умовах	29
2.1. Об'єкт дослідження	29
2.2. Методика проведення досліджень у лабораторних умовах.....	30
2.3. Аналіз результатів випробувань моделей досліджуваної системи лабораторних умов	32
Розділ 3. Дослідження взаємодії комбінованої системи підсилення пальових фундаментів з ґрунтовою основою на основі розрахункового моделювання	43
3.1. Розрахункова взаємодія системи посилення стрічкових пальових фундаментів	43
3.2. Технологія влаштування системи підсилення стрічкових пальових фундаментів.....	45
.	

					<i>КМР 117 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ракович В.І.</i>			<i>Дослідження комбінованої системи підсилення стрічкових пальових фундаментів</i>	<i>/літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тихий А.А.</i>					<i>1</i>	<i>64</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ЦНТУ зр. БІ-20 МЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дарієнко В.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Настоящий В.А.</i>						

Розділ 4 Вплив опресування та цементації ґрунтового масиву на зміну	
НДС основи та несучої здатності палі при посиленні фундаментів	49
4.1 Зміна НДС основи та несучої здатності палі.....	49
4.2 Цементация за манжетною технологією.....	49
4.3 Чисельне дослідження взаємодії системи посилення стрічкових	
пальових фундаментів з основою	52
Розділ 5 Охорона праці при виконанні робіт з підсилення стрічкових	
фундаментів.....	58
Загальні висновки.....	59
Список використаних джерел.....	60
Додатки.....	64

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ВСТУП

Фундаменти будівель і споруд багато в чому визначають безпеку експлуатації будівельних об'єктів на агломераційних територіях. В даний час актуальними є питання модернізації, реконструкції будівель, капітального ремонту, реновації існуючого житлового фонду. Реконструкція часто включає в себе збільшення поверховості, зміна функціоналу об'єктів і пов'язане з цим зміна навантажень на ґрунтові основи. Причинами для проведення ремонтних робіт є не тільки моральний знос, але і фізичне старіння, пов'язане з деструкцією матеріалу фундаментів, зміною властивостей підстав, помилками на етапах досліджень, проектування, будівництва, експлуатації.

Важливим геотехнічним аспектом залишається влаштування при реконструкції підвальних приміщень, що особливо актуально в обмежених міських умовах. В цьому випадку може змінюватися розрахункова схема системи «основа-фундамент», що вимагає проведення додаткових заходів.

В даний час в будівництві і реконструкції використовуються різні геотехнічні способи і технології. За рахунок їх загального розвитку зміщення відбувається в бік використання нових прогресивних технологій, включаючи ін'єкційні і струменеві способи закріплення ґрунтів і поліпшення їх структури. Висока ефективність даних методів часто межує з певними, при чому істотними недоліками, до яких можна віднести: складність контролю зон підсилення в основи; істотний розкид по масиву характеристик міцності і деформованості; ненадійний прогноз моделювання основи під експлуатаційні навантаження.

Оскільки підсилення основ і фундаментів, як правило, найвідповідальніша і при цьому витратна частина реконструкції, рішення щодо вибору способу і технології повинно підлягати всебічній оцінці.

Таким чином, актуальним завданням є розробка нових, в тому числі комбінованих систем підсилення основ і фундаментів на основі традиційних і активно розвиваються прогресивних технологій, а також вдосконалення методів їх розрахунку.

Ефективним, з позицій максимального використання ресурсів жорсткості і несучої здатності ґрунтової основи, способом підвищення експлуатаційної надійності і зниження осідання повсюднопоширених стрічкових палевих фундаментів (далі - ППФ) слід вважати їх перебудову в суцільний комбінований фундамент з обпресуванням ґрунтів основи, що здійснюється шляхом подачі розчинної суміші під плитную або оболочечную частина для обтиску верхніх шарів в активній зоні основи.

Особливостями комбінованої системи підсилення є:

- включення в роботу масиву ґрунту, що знаходиться в контурі плану будівлі і в рівні стиснутої товщини;
- збереження існуючих ростверків;
- контрольованість процесу перебудови за допомогою точної фіксації деформацій пролітної частини при опрессовке;
- прогнозоване розвантаження паль за рахунок пролітної (плитної або оболонкової) частини;
- створення обпресуванням «наведеного» додаткового напружено - деформованого стану (далі - НДС) в основи, що дозволяє створити додаткове бічне обтискання паль, що призводить до збільшення їх несучої здатності;
- усунення порожнин в контактному шарі «існуючий ростверк - ґрунтова основа» за рахунок виконання опресування цементним розчином;
- зниження деформування слабких верств в активній зоні основи цементациєю за методом манжетної технології для ефективного включення в роботу пролітної (плитний або оболонковий) частини;
- створення протифільтраційному конструкції в пролітній частині шляхом використання в якості ін'єкції гідротехнічних розчинів, що дає можливість створення експлуатованої підземної частини при високому рівні підземних вод.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є теоретичним шляхом виявити закономірності взаємодії геотехнічної системи «основа - фундамент» при перебудові стрічкових фундаментів паль в комбінований, шляхом опресування пролітної частини і зміни властивостей ґрунтів основи цементациєю з використанням ресурсу несучої здатності паль і жорсткості активної зони ґрунтової основи.

Поставленій меті відповідають наступні завдання роботи:

- розробити комбіновану систему підсилення стрічкових фундаментів паль шляхом перебудови їх в суцільний з обпресуванням основи в пролітної частини і підсиленням слабких шарів ґрунту цементациєю, що дозволяє максимально використовувати ресурси несучої здатності і жорсткості активної зони ґрунтової основи;
- в лабораторних умовах на маломасштабних моделях виявити закономірності взаємодії глинистого ґрунтової основи з палями і стрічковими пальовими фундаментами при їх перебудові в комбіновані з обпресуванням і без неї;
- в рамках розробки методики розрахунку системи підсилення встановити зміну модуля деформації ґрунту в залежності від коефіцієнта пористості, при оприсовці і цементациї і виявити зміну несучої здатності паль за рахунок їх додаткового бічного обтиснення при використанні розглянутого способу підсилення.;
- розробити алгоритм розрахунку осідання перевлаштованих за пропонуванням методом комбінованих фундаментів з урахуванням особливостей даної геотехнічної системи;
- виконати чисельне моделювання взаємодії розглянутої геотехнічної системи підсилення стрічкових пальових фундаментів при перебудові їх в комбіновані пальові фундаменти з максимальним використанням ресурсів несучої здатності активної зони ґрунтової основи;
- виконати експериментальні дослідження геотехнічної системи підсилення стрічкових пальових фундаментів при перебудові їх в комбінований в умовах підсилення багатопверхового житлового будинку з зіставленням отриманих результатів і теоретичних даних.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Аркуш

5

Наукова новизна отриманих результатів:

- підтверджено ефективність способу підсилення стрічкових фундаментів паль шляхом перебудови їх в комбінований з обпресуванням ґрунтового основи на моделях в лабораторних умовах;
- розроблено методику розрахунку осідання комбінованих палевих фундаментів, отриманих шляхом перебудови з стрічкових палевих фундаментів з урахуванням обпресування пролітної частини основи і поліпшення будівельних властивостей ґрунтів основи цементациєю;
- виявлено закономірності взаємодії даної системи підсилення у вигляді комбінованих палевих фундаментів з урахуванням обпресування пролітної частини основи і поліпшення будівельних властивостей ґрунтів основи цементациєю з ґрунтовою основою, на основі чисельного моделювання з урахуванням розроблених конструктивних і технологічних прийомів підсилення;
- отримано фактичні експериментальні дані по взаємодії геотехнічної системи «основа - фундамент» в умовах перебудови стрічкових фундаментів паль в комбінований з урахуванням обпресування пролітної частини основи і поліпшення його будівельних властивостей цементациєю на реальному будівельному об'єкті, і виконано зіставлення експериментальних результатів з розрахунковими.

Практичне значення отриманих результатів. в розробці системи підсилення стрічкових фундаментів паль шляхом перебудови їх в суцільний з обпресуванням основи в пролітної частини і підсиленням слабких шарів ґрунту цементациєю, що дозволяє максимально використовувати ресурси несучої здатності і жорсткості активної зони ґрунтової основи;

- в реченні інженерної методики розрахунку комбінованої системи підсилення складається з стрічкових фундаментів паль і елементів підсилення, з попередньої обпресуванням і цементациєю ґрунту;
- у виявленні закономірностей взаємодії даної системи у вигляді комбінованих фундаментів з ґрунтовою основою при використанні різних конструктивних і технологічних прийомів підсилення;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Аркуш

6

- в економічній ефективності комбінованої системи підсилення в умовах дефіциту несучої здатності паль і підвищення навантажень на основу стрічкових пальових фундаментів.

Особистий вклад магістранта:

Результати досліджень використані:

- в проектних рішеннях «Проведення протиаварійних робіт і стабілізації геометричного положення багатоквартирного панельного 9 поверхового житлового будинку в м. Вінниця»;
- в ТОВ ПВІ «Агропроект» при виконанні випускних кваліфікаційних робіт за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Методологія і методи дослідження:

- аналіз інженерного геотехнічного і науково-дослідницького досвіду в області підсилення пальових фундаментів;
- реалізація методів планування експериментів і методів чисельного моделювання НДС основ при перебудові ЛСФ в комбінований з обпресуванням і цементацією ґрунтового масиву;
- виконання лабораторних та натурних експериментальних досліджень із застосуванням сучасних комплексів автоматизованого збору даних;
- застосування методу спостережень і зіставлення фактичних даних взаємодії системи підсилення стрічкових пальових фундаментів з основою в натурних умовах на об'єкті 9-поверхового панельного житлового будинку в м Кропивницький, отриманих при виконанні геотехнічного моніторингу, з розрахунковими величинами.

Задачі що вирішуються в роботі:

- система підсилення стрічкових пальових фундаментів, створювана шляхом перебудови їх в комбінований з обпресуванням і цементацією основи;
- результати експериментальних досліджень взаємодії системи підсилення з ґрунтовою основою на маломасштабних моделях в лабораторних умовах;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- методика розрахунку осідання системи підсилення пальових фундаментів з урахуванням опресування пролітної частини основи і поліпшення будівельних властивостей ґрунтів основи цементацией;
- результати чисельного моделювання та закономірності взаємодії даної системи підсилення з основою;

- результати досліджень взаємодії геотехнічної системи «основа - фундамент» при перебудові стрічкових фундаментів паль в комбінований з урахуванням опресування пролітної частини основи і поліпшення будівельних властивостей ґрунту цементацией в натурних умовах на реальному будівельному об'єкті.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи доповідалися на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції студентів і магістрантів ЦНТУ (Кропивницький, 28-29 жовтня 2021 року), Всеукраїнському студентському науково-практичному семінарі «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій» (Кропивницький, жовтень 2021 року).

Результати досліджень були опубліковані у статтях і тезах доповідей:
 Ракович В.І. Дослідження взаємодії буроінекційних паль з пилюватою ґрунтовою основою / В.І. Ракович, Є.Ю. Лавріненко // Наука–виробництву – 2021. Збірник тез доповідей III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція студентів і магістрантів.– Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – С. 139-141. (електронне видання).

Структура роботи. Робота складається з 22 слайдів мультимедійної презентації, альбому документів на 66 сторінках, у тому числі 26 таблиць, 52 рисунків, списку з 40 використаних джерел, додатків на 35 сторінках. Текст пояснювальної записки містить вступ, 5 розділів, висновки і рекомендації за результатами роботи.

РОЗДІЛ 1

Огляд методів і технологій підсилення пальових фундаментів

1.1. Геотехнічні проблеми забезпечення надійності будівель в процесі експлуатації

Процес реконструкції будівель і споруд є одним із значущих напрямків у вирішенні соціально-економічних проблем в Україні. Це пов'язано з тим, що реконструкція дозволяє не тільки продовжити термін експлуатації будівель і споруд, а й значно поліпшити якість, наприклад, житлового фонду, шляхом оснащення будинків сучасним інженерним обладнанням, поліпшення архітектурної виразності будівель, зміни поверховості і конфігурації підвищення їх енергоефективності та довговічності. Слід зазначити, що аварійний житловий фонд в Україні збільшується з 2000-х років з 7 до 22 млн до 2018. У Вінниці в 2021 році 8 житлових будинків визнані аварійними. Велика частина аварійних ситуацій пов'язана з технічним станом підземної частини споруд.

Реконструкція житлових будинків і міської забудови дозволяє раціонально використовувати фінансові і матеріальні ресурси. В сучасних економічних умовах України, в порівнянні з новим будівництвом, реконструкція дає можливість зберегти житловий фонд без переселення людей і істотно (на 40-70%) збільшити його розміри за рахунок перебудови будинків.

В роботі по реконструкції споруд і будівель існує етап дослідження, спрямований на визначення стану ґрунтів, фундаментів і надфундаментних конструкцій, характеру і обсягу їх деформацій в період будівництва та експлуатації. У разі істотної величини загальних або нерівномірних осідань будівлі необхідно з'ясувати причини, оскільки від цього залежить подальший порядок системи "основа - реконструюється будівля".

НДІ основ і підземних споруд (НИИОСП) і іншими науково-дослідними геотехнічними організаціями України ведеться актуальна робота з контролю за опадками будівель і споруд різного призначення в різних інженерно-геологічних умовах. Слід зазначити дослідження, виконані Ю.М. Абелеві [1], П.І. Брайт, А.І.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Єгоровим [3,5], Б.М. Мельниковим [12], Я.А. Пронозіним [7], З.Г. Тер-Мартиросьяном [14], О.А. Шулятьєва [12], та ін. Аналіз даних авторів досліджень дозволяє говорити про те, що в загальному випадку при оцінці прогнозу розвитку деформацій будівель і споруд слід звернути увагу, на те, що:

- 1) осіданняу і час стабілізації споруд, викликані ущільненням ґрунтів основи під впливом навантаження, є функціями виду і стану ґрунтів основи, а також швидкістю росту тиску на основу при будівництві. Як правило, деформацію піщаних підстав, а також підстав, утворених глинистими ґрунтами твердої консистенції, можна вважати закінченими в період будівництва будівель та споруд. При показнику текучості більше 0,75 процес стабілізації осідання фундаментів проходить тривалий час, тому в інженерній практиці допускається приймати в період будівництва величину осідання у межах 30-50% від повного кінцевого осідання [8, 11];
- 2) нерівномірність осідання будівель проявляється, як правило, вже в період будівництва. Найбільша різниця в опадах залежить від величини середнього осідання. Зі збільшенням середніх осідань нерівномірність осідань збільшується, що в підсумку може призводити до істотного ускладнення нормальної експлуатації надземної частини, аж до настання аварійної ситуації [19, 20];
- 3) як показують виміри в часі, осідання будівель і споруд на надійних, міцних підставах зазвичай складають 25-30% від розрахункових величин і досягають 70-80% тільки в окремих випадках (Б.І. Далматов [16], П.А Коновалов [15], С. Н Сотников [12]);
- 4) на основі природних і модельних досліджень Зясовано, що чим швидше ведеться будівництво, тим більше величина кінцевих осідань. Тому необхідно враховувати можливе збільшення деформації при швидкому темпі будівництва, коли швидкість ущільнення відстає від швидкості росту тиску.

Причинами, що викликають необхідність підсилення основ і фундаментів в процесі експлуатації і реконструкції, є: по-перше, суб'єктивні чинники, както: помилки, допущені при дослідженнях, проектуванні, будівництві та експлуатації; по-друге, об'єктивні чинники: зміна гідрогеологічних умов, динамічні, сейсмічні й

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

інші дії. У нових кварталах і мікрорайонах, забудовуються типовими будівлями, виконання недостатніх обсягів вишукувальних робіт призводить до неповного аналізу фактичних умов території будівництва. У разі неповноти інформації використовуються узагальнені властивості різновидів ґрунтів для всієї території країни або окремого регіону. Важливо, що при цьому часто відсутня достатня і необхідне уявлення про деформаційних і міцності властивості ґрунтів конкретного майданчика будівництва.

1.2. Основні причини, що викликають необхідність підсилення пальових фундаментів

Процес підсилення фундаментів і зміцнення ґрунтів досить часто супроводжують роботи з реставрації, реконструкції, модернізації, капітального ремонту. Також при зазначені роботи спостерігається при порушеннях експлуатаційного режиму будівель і споруд [24]

Основні причини, що призводять до необхідності підсилення підземної частини і поліпшення властивостей ґрунтів основи, можуть бути класифіковані в наступні групи [3]:

1. Зміна умов експлуатації (включаючи капітальний ремонт і модернізацію), збільшення навантажень на фундаменти. Метою реконструкції та капітального ремонту будівель (споруд) є усунення фізичного зносу, забезпечення можливості його розширення. Одне із завдань - це усунення морального зносу.

Зазвичай це призводить до конструктивних змін або заміни окремих елементів будівлі, збільшенням поверховості, поглибленням підвалів, внутрішньої переплануванням і переобладнанням. У підсумку це призводить до збільшення первинної маси будівлі і збільшення навантажень на фундаменти до 30 ... 50% [30]. При цьому несучої здатності паль, навіть з урахуванням, як правило, позитивно позначається тимчасового чинника, може бути недостатньо.

2. Стан фундаментів. Знос фундаментів обумовлений двома групами причин.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

По-перше, фізико-механічні, а саме агресивна дія навколишнього середовища: гниття деревини, вилуговування бетону, деструкція кладки, корозія арматури та ін. [30];

По-друге, механічні, обумовлені значною різницею осідань фундаментів «законтурний» впливами (пристрій поруч розташованих котлованів, вібраційні впливу транспортних і будівельних механізмів і ін.). При цьому характерними видами руйнування є: відшарування кладки; викришування розчину зі швів; тріщини на бетонних і залізобетонних фундаментах, що призводять до втрати міцності і зниження жорсткості фундаментів [3].

3. Розвиток неприпустимою загальної або локальної деформації будівлі. Дані геотехнічні ризики пов'язані з помилками при інженерно-геологічних дослідженнях, влаштуванні основ і фундаментів будівель, проектуванні і проведенні робіт в умовах експлуатації, при зведенні будівель і споруд поблизу існуючої забудови.

4. Деградація ґрунтів основи. В процесі експлуатації будівельних об'єктів може змінюватися гідрогеологічна обстановка в межах активної зони основи (зміна рівня підземних вод, забруднення техногенними водами і т.д.). Додаткове зволоження дисперсних ґрунтів погіршує їх фізико-механічні властивості, що знижує міцність і підвищує деформованість основи [1, 6]. При цьому зниження рівня підземних вод може негативно позначитися на фундаментах і наземних конструкціях, пов'язаних з ущільненням ґрунту власною вагою і утворенням нерівномірних деформацій. В цьому випадку слід використовувати методи, засновані на ненаголошених впливах [24] оберігають, наприклад, пилюваті водонасичені піски (тиксотропні ґрунти) від розрідження. При цьому важливо враховувати, що використовуються способи і методи не повинні сприяти погіршенню властивостей ґрунтів, а також не повинні призводити до істотної зміни рівня підземних вод.

Тривала повзучість, характерна для слабких ґрунтів. До групи слабких ґрунтів відносять ґрунти з низькою несучою здатністю і високою деформуємістю при їх використанні в підставах споруд ($E < 7 \text{ МПа}$). Зазвичай такі ґрунти не

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

застосовують як природних підстав фундаментів. Слабкі ґрунти ущільнюють, закріплюють і замінюють на більш міцні або проходять пальовими і глибокими фундаментами. Залежно від виду ґрунту, його стану і чинного напруження, повзучість може бути стійкою з різною швидкістю протікання.

6. Органо-мінеральні та органічні ґрунти. Основи, що містять водонасичені органо-мінеральні відкладення (мули, сапропелі, окислені ґрунти) і органічні ґрунти (торф), або містять ці ґрунти, повинні проектуватися з урахуванням їх особливостей: анізотропія і характеристик, високої стисливості, значною мінливості міцності, деформації та фільтрації ґрунтів в основи, тривалий розвиток осідань за часом і можливість виникнення нестабільного стану [2].

7. Негативний тертя. При зведенні будинків на фундаментах мілкового закладення поблизу існуючих будівель, побудованих на пальових фундаментах, а також при доущільнення насипних або намивних ґрунтів можуть виникнути значні сили «негативного тертя», що впливають на роботу палі [16].

1.3. Методи перетворення фізико-механічних характеристик ґрунтів

При розробці проектів підсилення фундаментів, зокрема в несприятливих ґрунтових умовах, найчастіше потрібна поліпшення властивостей ґрунтової основи. Це може бути: глибинне ущільнення, пристрій ґрунтових паль і т. д. [11].

До найбільш поширених фізико-хімічних способів закріплення ґрунтів відносяться: силікатизація, смолізація, цементація і використання ґрунтоцементних матеріалів. Перевагою цих методів є: механізація всіх операцій; зміцнення до заданих в проекті параметрів; відносно невисока трудомісткість.

В процесі силікатизації головний матеріал - це рідкий скло-коллоїдний розчин силікату натрію. Вид, склад і стан закріпленого ґрунту впливають на вибір застосування однієї - або двосторонньої силікатизації.

В закріпленні ґрунтів силікатизацією існує кілька недоліків. Головний недолік - висока ціна силікату натрію. Негативною особливістю є також швидке утворення гелю хлористого кальцію при додаванні рідкого скла. Зазначені розчини не завжди проникають в ґрунт на необхідну глибину, в зв'язку чим

потрібна повторна ін'єкція. При цьому, це не гарантується технологією, так як частина пір займається гелієм кремнієвої кислоти.

Смолізація - синтетичні смоли (карбамідні, фенольні, фуранові, епоксидні і ін.) - закріплення ґрунтів шляхом ін'єкції водних розчинів. Великий внесок у розвиток способу смолизації внесли Н.А. Блескін [10], І.І. Бройде [13], Л.В. Гончарова [25], і багато інших. До переваг смолизації можна віднести широкий спектр можливих для закріплення ґрунтів, а також стійкість закріплених ґрунтів до дії агресивного середовища і до заморожування-розморожування. Як недоліки смол слід зазначити канцерогенність самих смол і цілого ряду реагентів. Зважаючи на високі екологічних вимог смоли в практиці закріплення ґрунтів використовуються все рідше [24]. Це підтверджується тим, що за останні 10-20 років в науково-технічній літературі відсутні публікації про дослідження та досвід використання способів смолизації.

Отже, розглянувши дані методи закріплення ґрунтів, можна позначити такі недоліки, як: вузька область застосування і низька екологічність. Через низьку проникності закріплення глинистих ґрунтів можливо лише при впливі електричного струму при коефіцієнті фільтрації 0,0015 - 0,1 м/д. Причиною є відсутність практичної можливості закріплення ін'єкцій ґрунтів в режимі просочення.

В будівництві практичне застосування ін'єкції цементного розчину в ґрунтові основи використовується близько століття. Цементация ґрунтів, як метод, заснований на принципі просочення ґрунтів, рекомендується для зміцнення підстав, що складаються з сипучих ґрунтів (від пісків середньої крупності до галечника). Перевагою методу є доступність, тому метод має широке поширення використання, а також важливий показник - дуже високий бал за екологічної чистоти в'язучого цементу.

Недоліком процесу цементации в традиційному виконанні є те, що застосування технології можливо щодо тільки високопроніцаєми ґрунтів, які рідко залягають в ґрунтовому основі будівель і споруд.

Перспективним напрямком є метод, розроблений в Японії і запатентований в 1971р. «jet grouting», метод високонапірних ін'єкцій розчину із затвердінням в ґрунті. Своїм розвитком високонапірна технологія зобов'язана таким країнам як: Чехія, Франція, США, Японія, Італія, Німеччина, Великобританія та ін., В Україні вона відома як «струменева» і представлена в роботах таких авторів , як: І.І. Бройде, Л.М. Гончарова, П.А. Коновалов, А.Г. Малінін, П.А. Ребиндер, Б.А. Ржаніцина, В.Є. Соколовича та ін. [13].

Процес напірної ін'єкції (НІ по манжетній технології) заснований на внесенні цементного розчину в масив ґрунту шляхом утворення гідророзривів і часткового просочення в ґрунт.

Розвиток теорії і практики методу напірної ін'єкції наведені в працях В.А. Богомоллова, М.Я. Крицького, В.В. Лушнікова, Б.Н. Мельникова, М.Л. Нуждіна, В.І. Осипова, Я.А. Пронозіна, І.І. Сахарова, М.А Самохвалова та ін. [12].

Перевагами методу НІ є: формування сітчастої структури ґрунту, ущільненого гідророзриву; створення залишкового, регульованого в процесі виробництва робіт, напруженого стану; застосовність в несприятливих і обмежених умовах; технологічність; екологічність на всіх етапах [14].

Недоліками методу напірної ін'єкції (НІ) є: складність розрахункового прогнозу форми і розмірів тіла закріплюється обсягу ґрунту; складність прогнозування осідань в процесі подальшої експлуатації.

1.4. Методи підсилення пальових фундаментів

1.4.1. Огляд відомих методів підсилення

В Україні наукові та інженерні роботи беруть свій початок з (1889). Фундаменти того періоду були конструктивно прості, як, власне, і технології їх підсилення [17].

Відома класифікація методів підсилення в залежності від типів фундаментів, конструктивно-технологічних способів виконання, умови (схеми робіт), причин, що викликають необхідність підсилення і т.д. [26, 32 та ін.].

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Спосіб підсилення пальових фундаментів визначається в залежності від того, що є предметом підсилення: ростверк, палі або основа [17, 18, 20].

Способи підсилення ростверків

Ростверки можуть мати такі дефекти:

- окремі дефекти як наслідок механічних пошкоджень або наслідок агресивного середовища (тріщини, раковини, порожнечі і т.д.);
- оіловіе наскрізні тріщини, як наслідок нерівномірних осідань;
- мала міцність бетону;

дефіцит армування;

- дефектні вузли стику паля-ростверк [17, 18].

Підсилення стовбурів паль, наприклад, метод «оббурювання», застосовуваний для підсилення стовбура палі при її пошкодженні або зниженні несучої здатності. Паля оббурюється для точкового попадання захисного розчину до стовбура палі (рисунок 1.1, б) [9, 16, 18, 21]. Цементация створює суцільний міцний чохол, який перешкоджає подальшому руйнуванню матеріалу стовбура палі і підвищує міцність околосвайного простору. Зазначений спосіб здійснимо і при наявності ростверку. Крім того, можна впритул до стовбура палі (забивний або буронабивной) бурити одну-дві свердловини великого діаметру. Ці свердловини потім слід армувати і бетонувати, отримуючи як би подвійне (або навіть потрійне) перетин стовбура палі. Практично, до палі, стовбур якої вимагає підсилення, додаються одна-дві буронабивні палі, тому так можна посилювати палі через одну або навіть дві в ростверку в залежності від відсотка втрати несучої здатності матеріалу стовбура [17, 18, 21, 26]. Метод відрізняється високою трудомісткістю, особливо в умовах обмеженого простору.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

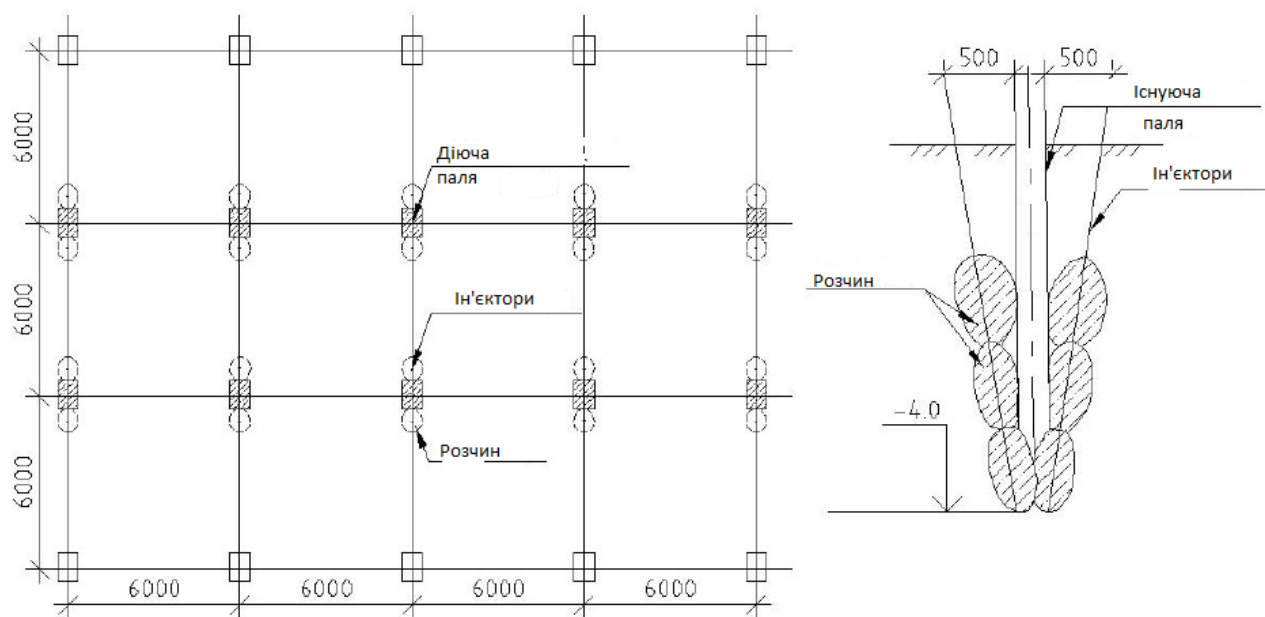


Рисунок 1.1. Підсилення паль круговим бурінням: план фундаменту палі (зліва) і схема підсилення (праворуч) [17]

1.5 Підсилення палевого фундаменту

Пристрій палевих фундаментів здійснюють у випадках недостатньої несучої здатності ґрунтів, на які спирається фундамент палі, а також значного зростання навантажень на фундамент при перебудові або модернізації (реконструкції) будівлі або споруди, коли очевидний вихід з ладу фундаменту в цілому (паль і ростверку). При посиленні палевого фундаменту в цілому (куща паль) нерідко доводиться одночасно посилювати ростверк і стовбури паль, проте це підсилення повинно органічно входити в загальний комплекс заходів, проєктованих для реконструкції даного палевого фундаменту. Коли несуча здатність основи вичерпана, необхідно покращувати будівельні характеристики ґрунтів (див. Пункт.1.3) [16, 28, 39].

Одним з нескладних методів підсилення палевого стрічкового фундаменту в разі відсутності у окремих паль надійного сполучення з ростверком є підведення додаткової залізобетонної плити під ростверк. Підсилення палевих фундаментів в разі їх недостатньої несучої здатності може здійснюватися шляхом вдавлювання

паль до того, що спирається їх нижніх кінців в щільні ґрунти або нарощування існуючих паль додатковими секціями [14].

В разі необхідності передачі на основу додаткових навантажень, наприклад, при реконструкції або при існуючому дефіциті несучої здатності, часто використовують підсилення пальових фундаментів підведенням додаткових паль необхідної довжини (рисунок 1.2) [28]. При позитивному ефекті використання даного методу, загальним його недоліком є складність виконання робіт. Найпоширеніший спосіб занурення паль - забивання, при посиленні фундаментів практично не застосовується, оскільки виникають динамічні дії можуть надати небажаний вплив на об'єкт.

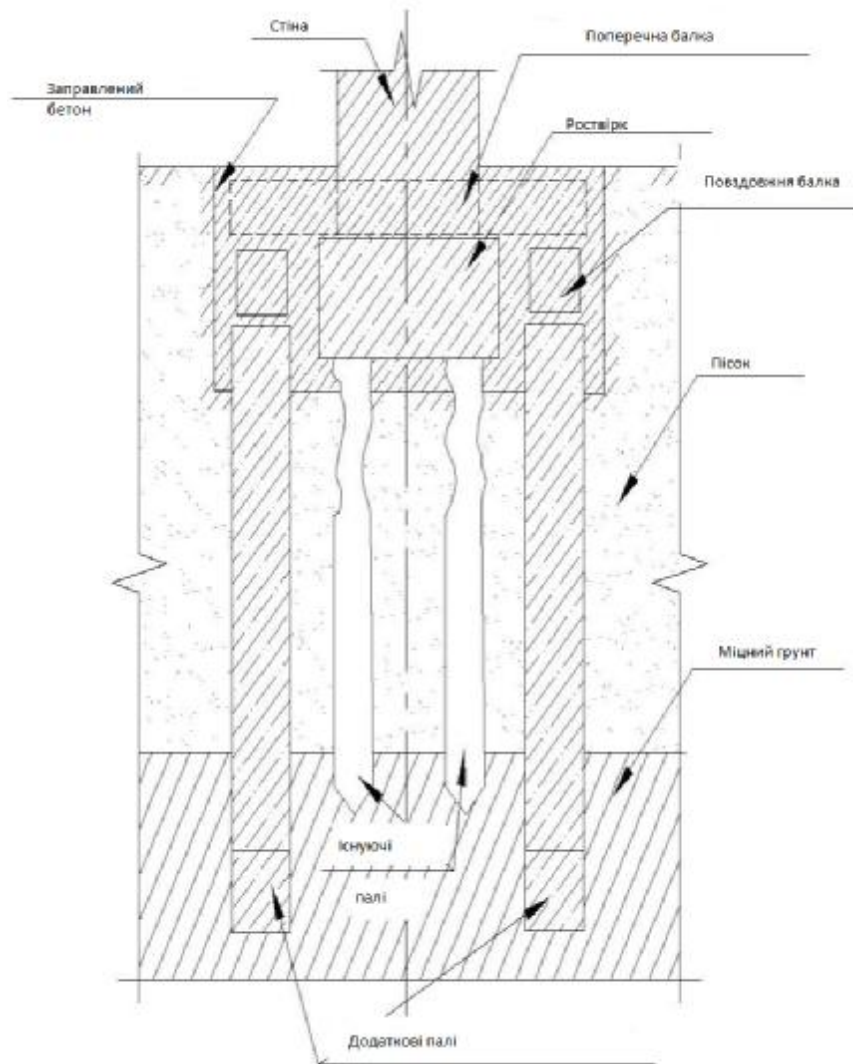


Рисунок 1.2 Підсилення палевого фундаменту додатковими палями

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Найбільш значущими в розвитку методики підсилення фундаментів є роботи вчених: М.Ю. Абелева [1], А.А. Бартоломея [8], Б.В. Бахолдіна [9], В.А. Богомолова [12], М.Д. Бойко та ін.

Роботи з розрахунку, проектування і технологій пальових фундаментів виконані вченими Б.В. Бахолдіна, А.А. Бартоломеєм, І.В. Глушковым, Н.М. Дорошкевич, В.В. Лушнікова, Р. А. Мангушева, Н.С. Метелюк, Л. М. Пешковський,

В. П. Петрухін, В. А. Серновой, В. І. Теличенко та іншими [9, 12]. Дослідженнями пальових фундаментів в умовах характерних для Західно-Сибірської низовини займалися В.Ф. Бай, А.А. Луга, А.П. Малишкін, А.І. Поліщук, А.Н. Тетіор і інші вчені [4, 14].

1) вдавлюють палі, в тому числі ланкові палі типу «Мега» та ін. [10, 19 та ін.]. Метод вдавнення складових залізобетонних паль круглого, квадратного і шестигранного перетинів з різними стиками між елементами, пригнічених гідравлічними домкратами, широко практикують в будівництві з початку ХХ століття.

В середині ХХ століття бельгійські «Меду» широко використовувалися в Європі. Метод вдавлювання палі стали застосовувати починаючи з середини 60-х років. Позитивні сторони використання вдавлюються паль: відсутність динамічних і вібраційних впливів, шуму; зниження енерговитрат; висока надійність і можливість включення в роботу без додаткових осідань будівлі. Негативні сторони: низька продуктивність існуючих вдавлюючих установок; можливе расструктуріваніє (перемятіє) слабого глинистого ґрунту; великий обсяг земляних робіт.

Набивні палі [16, 17]. Набивні палі виконуються в безпосередній близькості від існуючого фундаменту, з включенням їх в спільну роботу пристроєм єдиного ростверку. Розміри можуть досягати: довжина - 50 м, діаметр - 1,2 м. У разі обмеження умов (підвали житлових будинків, діючі виробництва) застосовують короткі палі довжиною в кілька метрів, діаметром 130-300мм.

Позитивні сторони використання набивних паль: при використанні роторного буріння - низький рівень вібрації на ґрунти і конструкції; значна несуча здатність; широка область застосування. Негативні сторони: технічно складні у виготовленні; високі вимоги до технології та контролю якості; складність сполучення паль з існуючим фундаментами, особливо при високому УГВ.

3) Буроін'єкційні (коренеподібні) палі [7, 12 ін.]. Італійська фірма «Фондеділе» першою запропонувала буроін'єкційні палі. Їх застосування дозволило успішно посилити фундаменти багатьох будівель в Австрії, Англії, Франції, Іспанії, Німеччини, Швеції, Японії, Італії та України. Над розвитком даного виду підсилення працювали зарубіжні вчені А. Кішаг [17] та ін., проте значний внесок в розвиток їх розрахункового взаємодії з ґрунтовим середовищем внесли вітчизняні вчені, наприклад, З.Г. Тер-Мартirosян [14]. Підсилення фундаментів проводиться буроін'єкційними палями без розробки котлованів, при цьому, не порушуючи природну структуру ґрунтів основи. Обладнання, що використовується для їх влаштування, не створює динамічних дій, має малі габаритні розміри, тому має можливість використання всередині житлового або виробничого приміщення (в його підвальній частині). Певними недоліками цього методу є недостатня вивченість роботи тонких паль в слабких ґрунтах; відсутність надійних методик розрахунку (рис.1.3).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

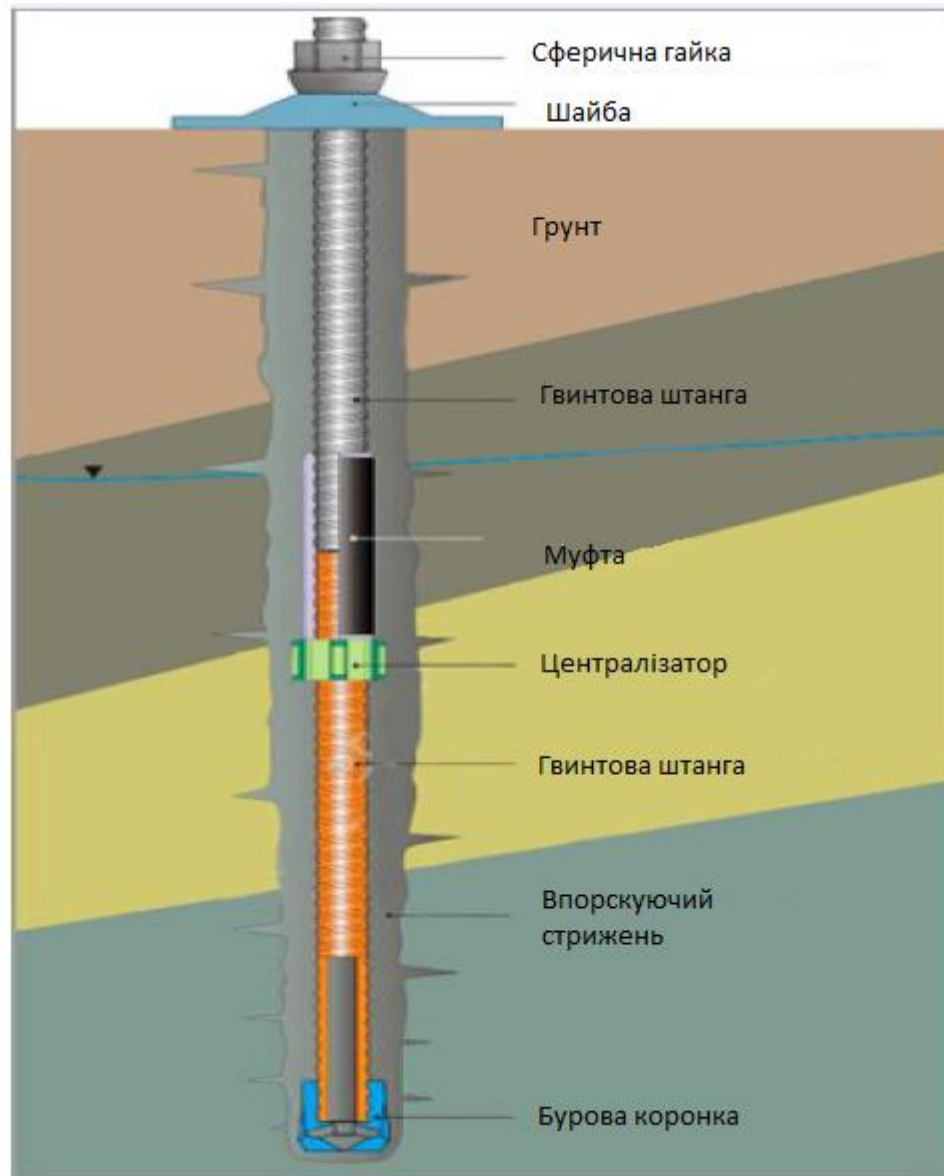


Рисунок 1.3 Влаштування буроін'єкційної палі

4) Широко використовуються способом підсилення пальових фундаментів є спосіб пристрою мікропаль. Даний тип паль це буроін'єкційні палі з діаметром $\varnothing 80-200\text{мм}$, або палі, виготовлені іншим способом з діаметром й $\varnothing 150\text{мм}$, рекомендовані Європейською комісією [36]. Ведення робіт можливо в обмежених умовах, це один з головних чинників популярності даних мікропаль. Також можна відзначити високу технологічність і економічність, практична відсутність додаткових осідань. Недоліком їх застосування є відносно низька несуча здатність через малу бічний поверхні, в разі залягання товщі слабких ґрунтів потужністю 10-15м. Збільшити несучу здатність мікропаль в слабких глинистих водо-насичених ґрунтах можна через пристрій в їх основи ущільненої зони

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

грунту. Вивченням розробки мікропаль з уширителями або розкриваються лопатями займалися: В.Ф. Бай, А.А. Бартоломей, І.П. Бойко, М.С. Грутман, А.В. Єсіпов, А.П. Малишкін, і іншими. [5, 8, 9, 17]. Виготовлення паль цього типу занадто багато роботи, вони мають складну конструкцію, що стало причиною рідкісного їх використання для підсилення фундаментів.

Мікропалі з бетонним розширенням, виготовленим в ґрунті, також достатньо вивчені [17, 36]. Вони можуть бути ефективні при застосуванні малогабаритного обладнання та технології формування розширення без значних динамічних впливів. При цьому недоліками пристрою цих паль є утруднення контролю форми розширення, утвореного в основі палі, що поруч дослідників вирішується шляхом формування розширення в спеціальних гумових оболонках [15, 23].

1.6 Застосування комбінованих палево-плитних фундаментів

Принципи розрахунку існуючих і додатково влаштованих фундаментів різні, так як фундаменти, що знову споруджуються вносять напруження в уже сталий напружено-деформований стан (НДС) ґрунтової основи, що змінює картину подальшої поведінки існуючих фундаментів і впливає на поведінку новозведених, що викладено в узагальнюючих методиках, наприклад, в працях Безволева С.Г., Коновалова П.А. і Поліщука А.І. [6]. Цій темі присвячені роботи багатьох вчених, таких як Бартоломей А.А., Волосюк Д.В.

Далматов Б. І., Коновалов П. А., Мангушев Р.А, Пронозін Я.А., [12, 15] і т.д. Питаннями підсилення стрічкових фундаментів їх перебудовою з нагнітанням розчину в пролітну частина основи займалися Мангушев Р.А., Мустакімов В.Р., Наумкіна Ю.В., та ін. В разі перебудови пальових фундаментів в суцільні комбіновані (далі - КППФ) слід зауважити, що існує в сучасній науці поняття «знижують осіданьку палі» було запропоновано в концептуальному вигляді в інженерній науці кінця 70-х - початку 80-х р.р. [16]. В цьому випадку навантаження від будівель або споруд на основу передається як через палі, так і через підшву. Незважаючи на гадану простоту цієї ідеї, що виникає питання про процентне перерозподілі між підшвою і палями і прогнозі деформируемости

таких фундаментів, в даний час залишається відкритим з точки зору норм проектування [12].

Доведені переваги визначили застосування КППФ у всьому світі [10]. В Україні взаємодії комбінованих фундаментів з ґрунтовою основою присвячені роботи авторів: [3, 6, 8, 15]. При цьому раціональність використання того чи іншого виду комбінованих фундаментів визначається в першу чергу інженерно - геологічними умовами майданчика будівництва або реконструкції.

Характерні для Кіровоградської області місцями слабкі ґрунти обумовлюють певні труднощі в області проектної та виробничої діяльності. За існуючими трьома основними показниками: модуль деформації E , розрахунковий опір K , ступінь вологості S_r ці ґрунти часто можуть бути віднесені до категорії слабких, в тому числі і одночасно з трьох зазначених вище показників.

М.А. Степановим та ін. [15, 18] розроблена і обґрунтована експериментально теорія розрахунку комбінованих стрічкових фундаментів паль (далі - КСПФ) з обпресуванням основи, що враховує технологію їх виготовлення при новому будівництві (рис. 1.4):

- пристрій стрічкових фундаментів паль, об'єднаних циліндричної залізобетонної оболонкою;
- опресовування (напруження і ущільнення) ґрунтової основи під тиском під час вступу цементного розчину в простір між оболонкою і основою.

За рахунок регульованого тиску опресування дані фундаменти є трансформованою конструкцією, яка має регульовану взаємодію з ґрунтовою основою (рисунок 1.4).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

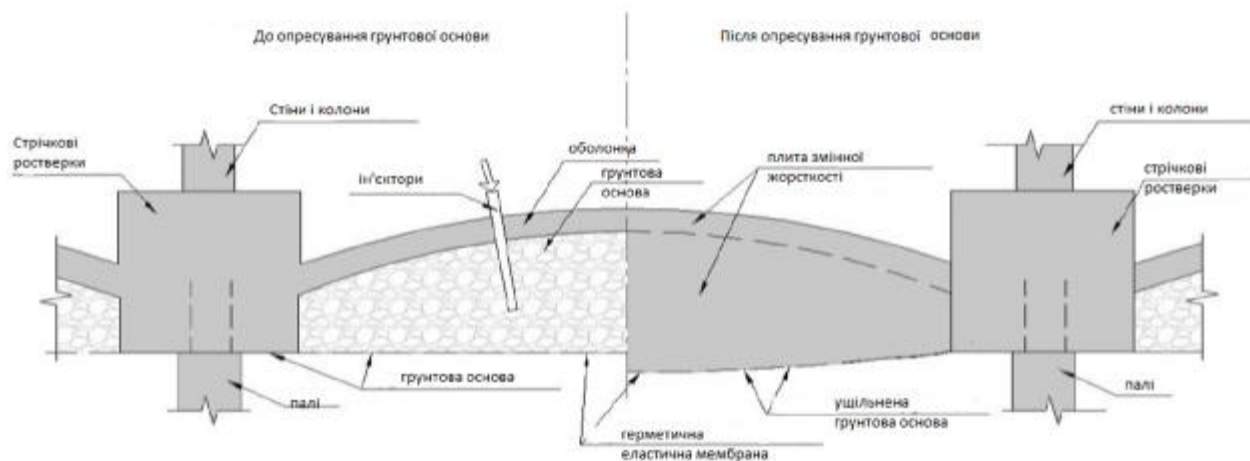


Рисунок 1.4 Комбінований стрічковий фундамент палі

У роботах [19, 22] проведено аналіз існуючих методів перебудови і підсилення палових фундаментів. Відзначимо, що таких способів істотно менше, ніж способів з підсилення фундаментів мілкого закладання, в силу особливості роботи палей і складності максимального використання резервів несучої здатності і жорсткості активної зони ґрунтової основи.

1.7 Принципи використання пролітної частини, опресування і цементації основи для підсилення палових фундаментів

Виходячи з виконаного літературного огляду, слід вважати, що в умовах реконструкції або протиаварійних робіт одним з ефективних способів підсилення перевантажених палових фундаментів як в разі реконструкції, так і в разі вичерпання несучої здатності палей, може бути перебудову їх в комбіновані з максимальним використанням резервів несучої здатності і жорсткості активної зони ґрунтової основи і включення його в роботу на етапі підсилення (рис. 1.5).

Ефективність запропонованого способу обумовлена попереднім напруженням ґрунтової основи за допомогою пристрою пролітної конструкції, що дозволяє зробити опресування основи, властивості якої, в свою чергу, поліпшені цементацією по манжетної технології, що також дозволить перерозподілити частину навантаження від верхніх конструкцій з палей на основу пролітної частини. Таким чином, ідея сформульована з позицій максимального використання ресурсів жорсткості і несучої здатності ґрунтової основи, що

потрапляє в активну зону деформування.

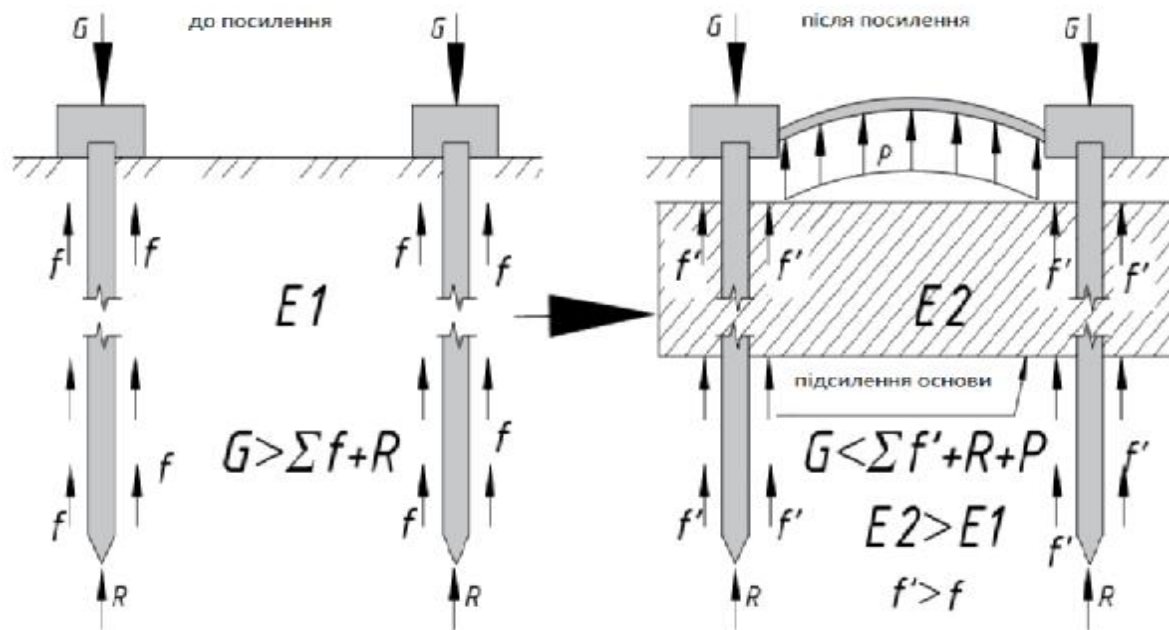


Рисунок 1.5 Фрагмент підсилення стрічкових фундаментів паль перебудовою в комбінований з обпресуванням і цементациєю основи

Загальний порядок підсилення передбачає три основні види робіт:

- перевлаштування існуючих стрічкових фундаментів паль в комбінований; поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи цементацией по манжетної технології в необхідних по глибині рівнях;
- опресовування ґрунтового основи цементним розчином за рахунок заповнення під тиском пустот між ґрунтом і об'єднує ростверки конструкцією.

Ефективність запропонованого способу підсилення обумовлена ущільненням ґрунтового основи активної зони і поліпшенням його будівельних властивостей, обтисненням ґрунту тиском розчину і його подальшим твердінням, що призводить до збільшення несучої здатності паль і їх розвантаження та передачі частини навантаження на пролітну частина без реалізації додаткових осідань.

переваги:

- передача навантаження на весь масив ґрунту, обмежений «прямою» забудови і глибиною стисливої товщі;
- збереження цілісності існуючих ростверків;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

- можливість використання тонкостінних конструкції з мінімальною витратою бетону [27].

виконання робіт всередині будівлі і відсутність необхідності в розробці ґрунту по зовнішньому контуру, що має велике значення в умовах обмеженості з кліматичних причин;

- контроль вигину конструкції підсилення в процесі виробництва робіт на основі порівняння з розрахунковими даними, що базуються на точних методах будівельної механіки;

- визначається розрахунком розгруження пальового поля;

- робота і взаємодія всіх елементів фундаменту, з моменту старту робіт із підсилення, за рахунок створення попереднього напруження, що ущільнює основу в активному шарі стиснутої товщини;

- додаткове обтиснення паль тиском, який формується за рахунок поперечних деформацій ґрунту при опрессовке, що призводить до підвищення несучої здатності паль;

- підвищення міцності і зменшення деформованості ґрунтової основи, що закріплюється цементацией з гідророзриву, шляхом формування просторової структури цементних тіл і доуплотнення ґрунтів в активній зоні ін'єкції, в процесі віджимання води;

- додаткове обтиснення паль тиском, який формується за рахунок поперечних деформацій ґрунту при цементации з утворенням гідророзривів, що призводять до підвищення їх несучої здатності;

- зниження реологічних процесів в ґрунтовій основі і прискорення процесу стабілізації осідання.

1.8 Висновки до розділу 1

На основі літературного огляду та матеріалу інженерного геологічного відділу ПБІ "Агропроект" під час практики в області підсилення палових фундаментів на слабких водонасичених ґрунтах сформулюємо наступні висновки:

1. Особливості поширеного типу стрічкових фундаментів паль і інженерно-геологічну будову слабких пілуватого-глинистих ґрунтів підстав багатьох міст України, а також півдня Кіровоградської області, включаючи Кропивницький, в умовах реконструкції, реставрації та капітального ремонту будівельних об'єктів, вимагають використання методів підсилення з максимальним залученням в роботу всіх елементів фундаментів і резервів несучої здатності і жорсткості ґрунтової основи.
2. В обмежених міських умовах, з огляду на кліматичні умови більшої частини України, перевагу слід віддавати "ліберальним" методам підсилення, реалізованим в межах контуру будівлі. Вони повинні не впливати на гідрогеологічний обстановку на даній ділянці, не приводити до локального або повсюдного знеміцнення ґрунтів, відповідати вимогам екологічних норм, бути безпечними для ґрунтових вод.
3. Більшість технологій підсилення стрічкових пальових фундаментів зводяться, в основному, до збільшення площі опертя існуючих ростверків, підведення додаткових паль, або локалізованої ін'єкції різних складів в основу паль. Незважаючи на досить високу ефективність деяких з цих методів, всі вони мають певні недоліки, в тому числі включення в роботу підсилення при додаткових, іноді значних опадах. Перспективними способами підсилення в даний час є способи, які використовують попереднє обтиснення (напруження) ґрунтів.
4. Зміна напружено-деформованого стану при опрессовке і цементації, а також фізико-механічних характеристик ґрунтів дозволяє використовувати ресурси несучої здатності основи.
5. Ефективним способом підсилення стрічкових фундаментів паль і їх підстав є їх перебудову в комбінований з цементацією і обпресуванням ґрунтової основи, що дозволяє максимально використовувати ресурси жорсткості і несучої здатності основи, складеної слабкими пілувато-глинистими ґрунтами.

Завдання дослідження:

1. Розробити комбіновану систему підсилення стрічкових фундаментів паль шляхом перебудови їх в суцільний з обпресуванням основи в пролітної частини і

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

підсиленням слабких шарів ґрунту цементацією, що дозволяє максимально використовувати ресурси несучої здатності і жорсткості активної зони ґрунтової основи.

2. У лабораторних умовах на маломасштабних моделях виявити закономірності взаємодії глинистого ґрунтової основи з палями і стрічковими пальовими фундаментами при їх перебудові в комбіновані з обпресуванням і без неї.

3. В рамках розробки методики розрахунку системи підсилення встановити зміна модуля деформації ґрунту в залежності від коефіцієнта пористості, при опрессовке і цементації і виявити зміну несучої здатності паль за рахунок їх додаткового бічного обтиснення при використанні розглянутого способу підсилення.

4. Розробити алгоритм розрахунку осідання перевлаштованих за пропонованим методом комбінованих фундаментів з урахуванням особливостей даної геотехнічної системи.

5. Виконати чисельне моделювання взаємодії розглянутої геотехнічної системи підсилення стрічкових пальових фундаментів при перебудові їх в комбіновані пальові фундаменти з максимальним використанням ресурсів несучої здатності активної зони ґрунтової основи.

6. Виконати експериментальні дослідження геотехнічної системи підсилення стрічкових пальових фундаментів при перебудові їх в комбінований в умовах підсилення багатоповерхового житлового будинку з зіставленням отриманих результатів і теоретичних даних.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Розділ 2

Дослідження взаємодія системи підсилення з ґрунтових основ на моделях у лабораторних умовах

2.1. Об'єкт дослідження.

Об'єктом дослідження було обрано ґрунтову основу, представлену пілувато-глинистим ґрунтом, завантажене моделями різних типів фундаментів у вигляді одиночної палі, плитного фундаменту, палево-плитного фундаменту (ППФ) і свайно-плитного фундаменту з обпресуванням основи в контактному шарі.

Метою лабораторних досліджень була оцінка впливу надлишкового тиску обпресування на деформування ґрунтового масиву при вивченні особливостей взаємодії моделі ППФ з основою.

Завдання дослідження:

- Проведення випробувань моделей фундаментів на глинистому основі в умовах статичного навантаження.
- Дослідження характеру поширення ізополей деформацій в масиві ґрунту.
- Виявлення особливостей деформування ґрунтової основи в залежності від типу моделі фундаменту.

Для проведення лабораторних експериментів було використано таке обладнання:

1. 6-ПАТ - (ГОСТ 151550-69) [35] призначений для вимірювання переміщень. Використовувався для визначення осідання моделей фундаментів.
2. ТЕРЕМ-4.1 - універсальний багатоканальний вимірник-реєстратор. Використовувався для визначення осідання моделей фундаментів.
3. ЦИФРОВИЙ ФОТОАПАРАТ - використовуючи метод фотофіксації, були зафіксовані деформації ґрунту при різних моделях фундаментів з додатком статичним навантаженням.
4. ДИНАМОМЕТР (ДИН-1) - призначений для вимірювання та реєстрації статичної сили. Застосовувався контролю навантаження моделей фундаментів.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

2.2. Методика проведення досліджень у лабораторних умовах

При дослідженні взаємодії моделей фундаментів на основі, складеному пілувато-глинистим ґрунтом у лабораторних умовах, застосований спосіб безконтактного спостереження за фіксованими точками в ґрунті, заснованому на методі фотограмметрії, що дозволяє оцінити переміщення точок ґрунту при сприйнятті основою статичних навантажень.

У роботах О.В. Ашихмін [3], Г.Г. Болдирєва [11], Ю.В. Зазулі [40], Р.В. Мельникова [53], Я.А. Пронозина [70] при проведенні лабораторних досліджень синтезувався спосіб фотофіксації та фотограмметрії була доведена його ефективність для дослідження взаємодії моделей фундаментів із ґрунтовою основою.

Випробування виконували в експериментальному лотку (рисунок 2.1, 2.2). Навантаження створено за допомогою важеля, що збільшило навантаження в 4,2 рази. Для встановлення вимірювального обладнання, освітлення та фотографування передбачено три механізми - незалежні рами.

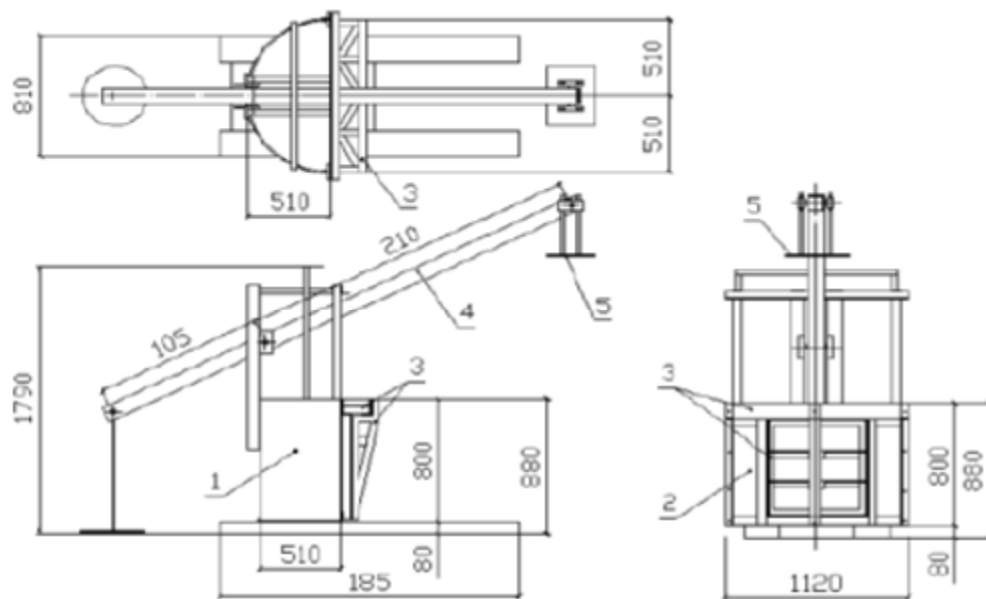


Рисунок 2.1. Схема експериментальної установки.

1 - робочий лоток; 2 - плоска прозора стінка; 3 - пристрій передачі навантаження на штамп; 4 - важіль; 5 - додаткове навісне обладнання.

Моделі виготовлялися у масштабі 1:20 до реальних розмірів конструктивних елементів типових будівель (рис. 2.2).



Рисунок 2.2. Зовнішній вигляд експериментальної установки

Після ущільнення ґрунту для сіткового розподілу марок прозора бічна стінка демонтувалася. За допомогою шаблону марки ($\phi 2\text{мм}$, $L = 10\text{мм}$) впроваджувалися в ґрунт по сітці з осередком $20 \times 20\text{мм}$. Після встановлення марок на прозору стінку був поміщений шар силіконового мастила, після чого стінка була встановлена в проектне положення. Укладання ґрунтової пасти виконувалось шарами не більше 100 мм з ручним ущільненням. Фізико-механічні властивості ґрунтової пасти визначалися для кожного експерименту окремо, і визначалися до його початку.

Роботи проводилися із заздалегідь підготовленою ґрунтовою пастою у вигляді м'якопластичного суглинку, характеристики якого показані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Фізико-механічні характеристики ґрунтів у лотку

Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность скелета грунта ρ_d , г/см ³	Коэффициент пористости e	Влажность W , %	Влажность на границе текучести W_L , %	Влажность на границе пластичности W_P , %	Коэффициент водонасыщения S_r	Число пластичности I_P	Показатель текучести I_L , д.ед.	Угол внутреннего трения ϕ , °	Удельное сцепление c , кПа	Модуль деформации E , МПа
2,7	1,9	1,6	0,7	22,7	26,2	17,5	0,9	8,7	0,6	15	24,9	6

Після підготовчих робіт виконувалося статичне навантаження моделей, що проводиться відповідно до ДСТУ 20276-99 [3].

Навантаження генерувалося через важільну систему. За умов відносної стабілізації деформацій усім етапам навантаження приймалося не більше значення величини розвитку швидкості осідання рівне 0,1 мм за останні чотири години періоду дослідження.

Модель одиночної палі. Фіксація величини занурення палі при певному навантаженні проводилася за спеціально нанесеними ризиками на стовбурі палі. З половини круглого дерев'яного елемента виконувалася модель палі довжиною 0,25 м (рисунок 2.3). Загальне навантаження для одиночної палі складалося з 9 ступенів. Перший ступінь навантаження 0,04 кН (4 кг). Таким чином, після дев'ятого ступеня навантаження загальне навантаження на модель фундаменту склало 0,36 кН (36 кг) (див. розділ 2.4, рисунок 2.4).

2.3. Аналіз результатів випробувань моделей досліджуваної системи лабораторних умов

За результатами експериментальних досліджень побудовано залежність «навантаження-осідань» (рисунок 2.4).

Осідання одиночної палі 025 мм зростає прямо навантаження, що пропорційно прикладається до ступеня, коли $N=0,32$ кН. При $N=0,36$ кН відбувається "зрив палі".

До третього ступеня навантаження деформації моделей плити і ППФ розвиваються лінійно. У процесі навантаження фундаментів, до навантаження

$N=5$ кН ($P_{ср}=55$ кПа), деформації основи моделей ППФ та ППФ з опресуванням однакові.

Процес опресування основи в лабораторних умовах моделювався шляхом нагнітання повітря в герметичну камеру, розташовану між палями. Згідно з планом експерименту, величина тиску опресування, що виконується після 5-го ступеня навантаження, становила $P_{опр} = 45$ кПа. При вплив тиску $P_{опр}$

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

спостерігалось доущільнення ґрунтової пасти на основі ППФ, при цьому збільшення деформацій моделі фундаменту не зафіксовано.

При подальшому навантаженні фундаментів деформації основи моделі ППФ з опресуванням значно зменшилися в порівнянні з моделлю ППФ без опресування (рисунок 2.3). Наприклад, на наступній стадії навантаження, при навантаженні $N=8\text{кН}$ (88 кПа), максимальні повні деформації моделі ППФ з обпресуванням ($s=11\text{мм}$) до 1,3 разів менше моделі ППФ – 23,3 мм, для моделі ППФ з обпресуванням – 14,7мм [3].

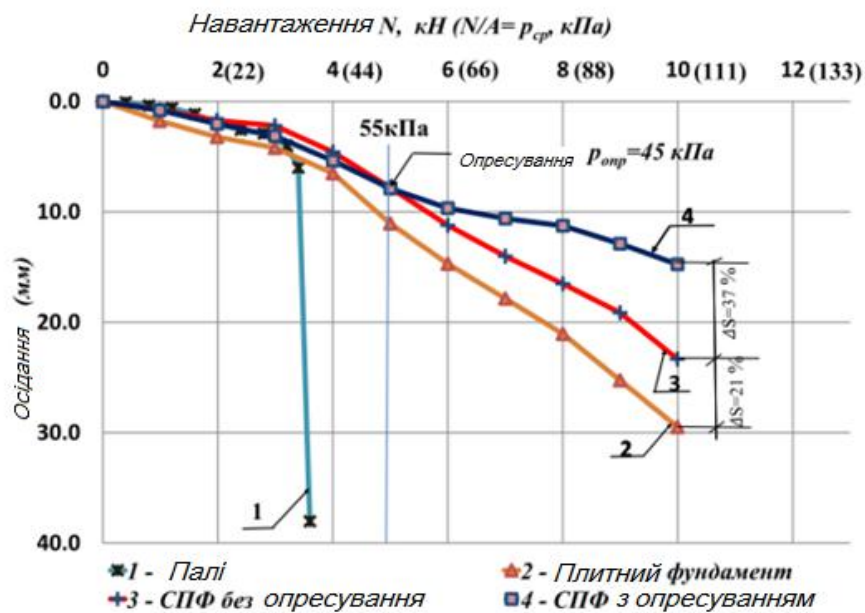


Рисунок 2.3. Залежність осідання моделей фундаменту від величини вертикального тиску для досліджуваних фундаментів

Таким чином, кінцеве осідання моделі ППФ з опресування виявилось в 1,37 разів менше деформацій моделі ППФ. Даний позитивний ефект пояснюється ущільненням ґрунтової пасти при впливі основи опресування. Величина $P_{\text{опр}}$ досягає до 0,4 $P_{\text{ср}}$ (середнього тиску на основу в лотку), при цьому кінцеве осідання моделі ППФ в 1,37 разів більше осідання моделі ППФ з опресуванням (рисунок 2.4).

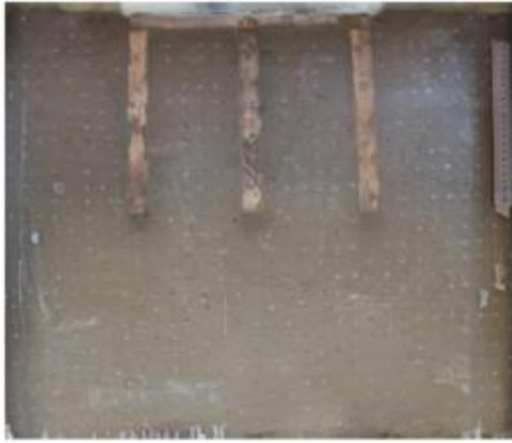


Рисунок 2.4. Фото основи плитно-палевого фундаменту при навантаженні $N=10\text{кН}$ ($P_{\text{ср}}=111\text{ кПа}$)



Рисунок 2.5 Фото основи плитно-палевого фундаменту з опресовуванням при навантаженні $N=10\text{кН}$ ($P_{\text{ср}}=111\text{ кПа}$)

У ході експерименту визначалися: вертикальні переміщення марок $w(z)$; горизонтальні переміщення марок $v(x)$; повні переміщення марок $u(z,x)=\sqrt{v(x)^2+w(z)^2}$. Збільшення деформацій марок на кожному етапі обчислювалися як різниця вихідного положення та положення за деформованою схемою.

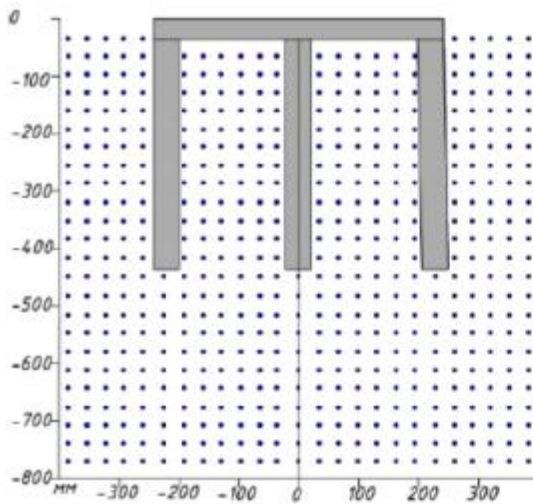


Рисунок 2.7 Схема установки марок

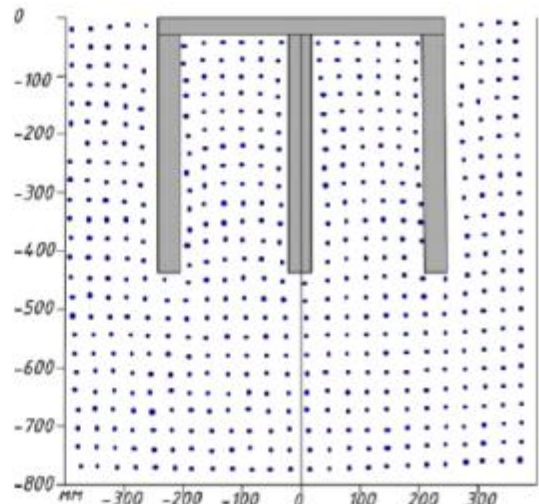


Рисунок 2.8 Деформована схема розташування марок при $N=10\text{кН}$ ($P_{\text{ср}}=111\text{ кПа}$) для плитно-палевого фундаменту

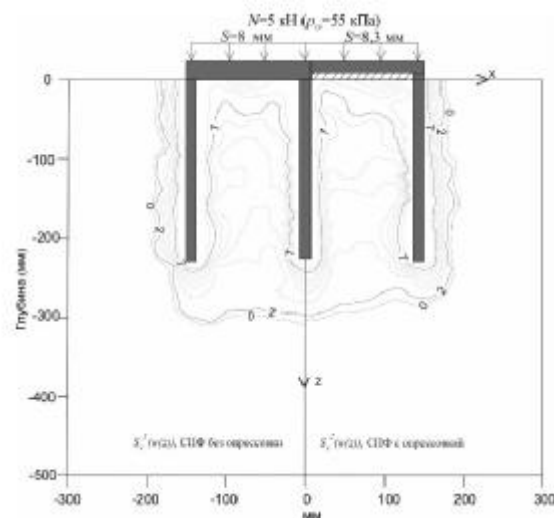
Для кожного ступеня навантаження моделей ППФ та ППФ з опресуванням зафіксовано приблизно однаковий якісний характер деформування.

За результатами обробки даних отримані ізолінії шуканих деформацій основи моделей для моделей ППФ та ППФ з опресуванням для ступенів при

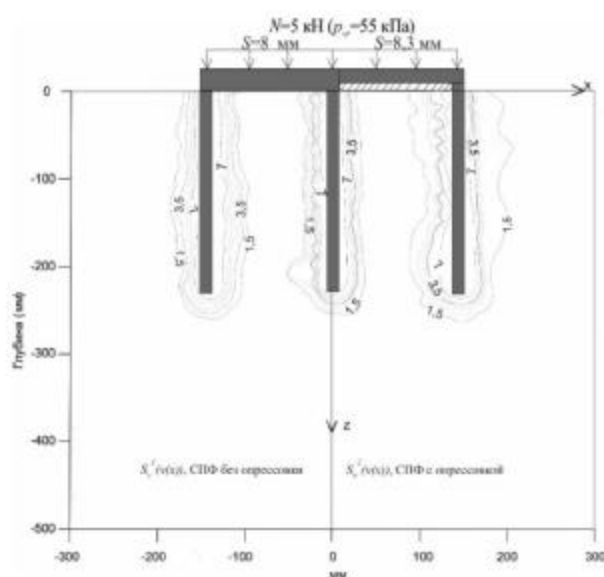
$N=5\text{кН}$ ($P_{cp}=55\text{ кПа}$) (рисунок 2.9), $N=8\text{ кН}$ ($P_{cp}=88\text{ кПа}$) (рисунок 2.9) и $N=10\text{кН}$ ($P_{cp}=111\text{ кПа}$) (рисунок 2.9).

Для моделей ППФ до опресовування основи, при дії навантаження $N=5\text{кН}$

($P_{cp}=55\text{кПа}$) (рисунок 2.9 а), зафіксовано максимальні значення його вертикальних деформацій $w(z)=8\text{мм}$, глибина поширення осідань становила до $1B$ (B – ширина фундаменту).

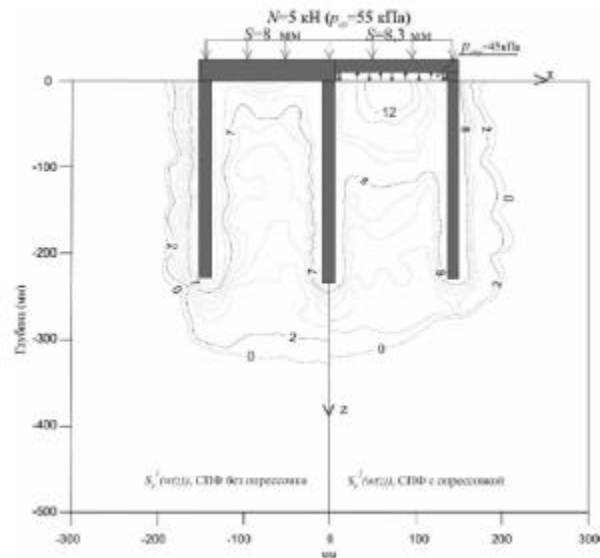


а)



б)

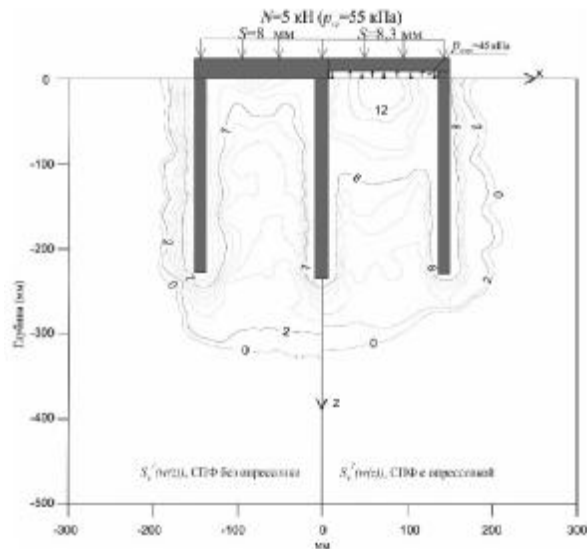
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------



в)

Рисунок 2.9. Ізолінії переміщень до опресування при $N=5\text{кН}$ ($P_{\text{ср}}=55\text{кПа}$) а - вертикальні $w(z)$, б - горизонтальні $v(x)$, в - повні $u(z)$,

Для моделі ППФ після опресування основи, при дії навантаження $N=5\text{кН}$ ($P_{\text{ср}}=55\text{кПа}$) (рисунок 2.10а), зафіксовано максимальні значення його вертикальних деформацій у зоні впливу опресування $w(z)=12\text{мм}$ (глибина поширення осідання склала до 1 ширина фундаменту). Осідання моделі ППФ залишився незмінним і становить 7мм.



а)



а – вертикальные $w(z)$, б – горизонтальные $v(x)$, в – полные $u(z)$,

Для оцінки зміни стисливості при опресуванні були виконані лабораторні випробування ґрунту при вертикальному тиску 50 кПа, 100 кПа, 200 кПа та 400 кПа у приладі компресійного стиснення. Після проведення випробування отримано залежності коефіцієнта пористості від вертикального тиску.

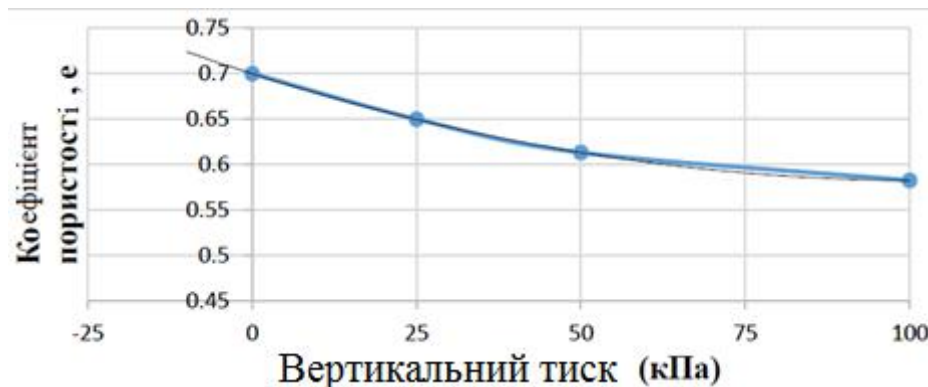


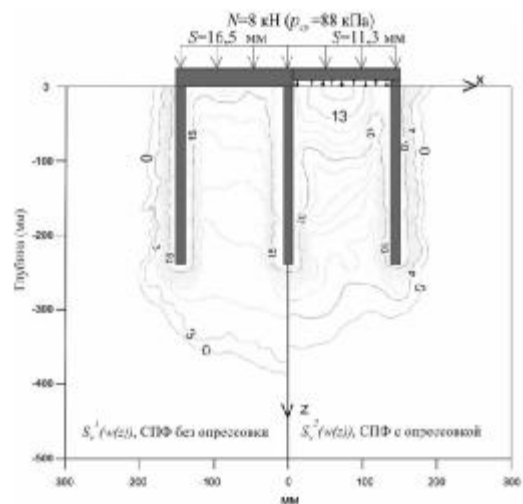
Рисунок 2.11. Графік зміни коефіцієнта пористості від зовнішнього тиску $e=f(p)$

Після нагнітання повітря в гумову камеру, що розширюється, під тиском $p_{opr}=45$ кПа, коефіцієнт пористості в активній зоні основи зменшився, модуль деформації збільшився в середньому до 50%.

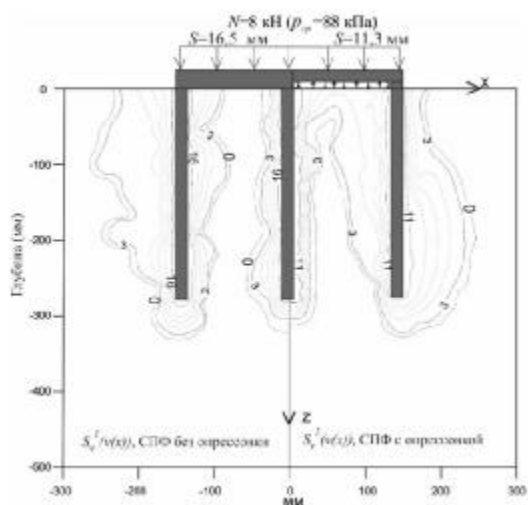
Для моделі ППФ при дії навантаження $N=8$ кН ($p_{ср}=88$ кПа) (рисунок 2.12а), зафіксовано максимальні значення його вертикальних деформацій $w(z)=16,5$ мм, що розвиваються під ростверком, глибина поширення осідань склала до 1,4В (ширина фундаменту).

Для моделі ППФ з опресовуванням основи при дії навантаження $N=8$ кН ($p_{ср}=88$ кПа) (рисунок 2.12а), максимальні вертикальні деформації склали $w(z)=13$ мм. Зазначені деформації зафіксовані під центром гумової камери та опресування, глибина розповсюдження осідань склала до 1,2В.

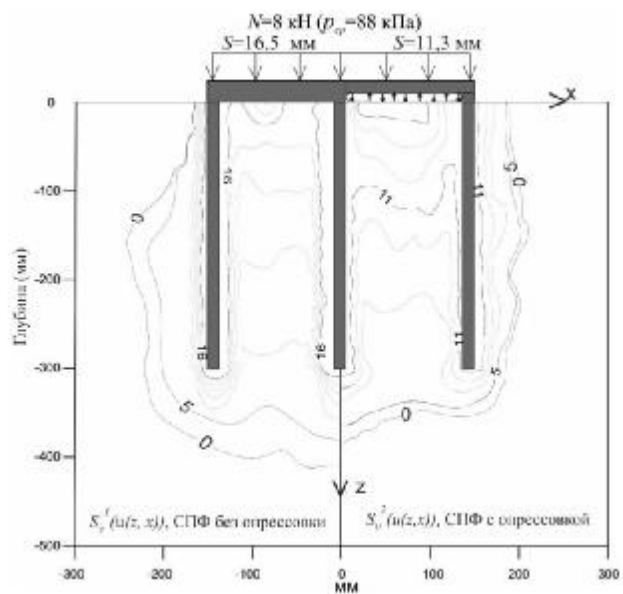
На підставі графічного аналізу З'ясовано, що площа деформацій На підставі графічного аналізу З'ясовано, що площа деформацій величиною більше 3мм для моделі ППФ ($S_v 1 ((z)))$ и моделі ППФ с обпресуванням совкой $S_v 2 (w(z))$ различаються в различаються на 10% ($S_v 1 (w(z)) = 1,1 S_v 2 (w(z))$).



а)



б)



в)

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Архив

39

Рисунок 2.12. Ізополя осідань ($N=8$ кН ($p_{cp}=88$ кПа)):

а – вертикальне $w(z)$, б – горизонтальне $v(x)$, в – повне $u(z, x)$

Глибина затухання повних переміщень ґрунту основи міжпального простору до обпресування при $N=5$ кН ($P_{cp}=55$ кПа) для пальово-плитного фундаменту дорівнює 1,1В (рисунок 2.13), для пальово-плитного фундаменту з обпресуванням 1,1В. Після нагнітання повітря в прогонової частини при тиску обпресування $p_{opr}=45$ кПа глибина затухання повних переміщень ґрунту міжпального простору для пальово-плитного фундаменту з обпресуванням становила 1,2В (рис. 2.14).

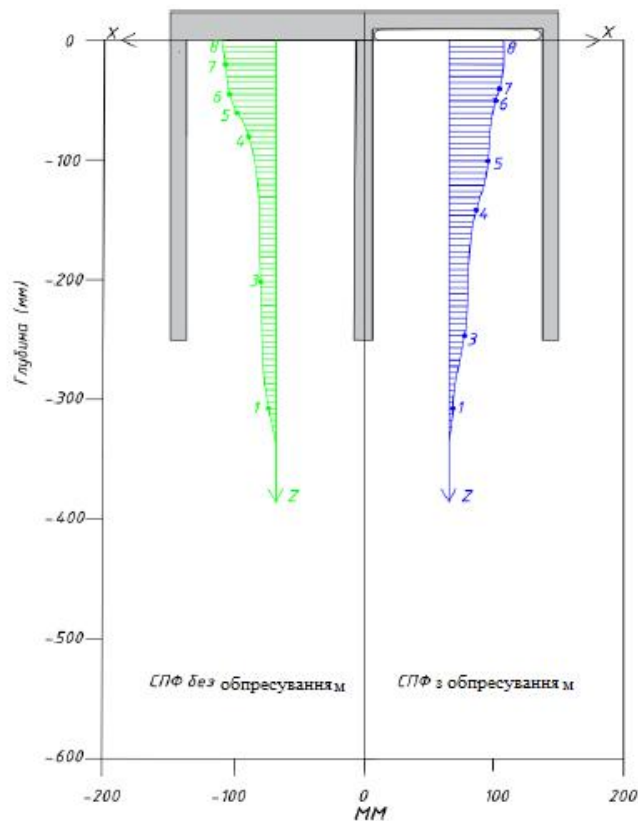


Рисунок 2.13. Епюра вертикальних переміщень ґрунту міжпального простору до обпресування при $N = 5$ кН ($P_{cp} = 55$ кПа)

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Аркуш

40

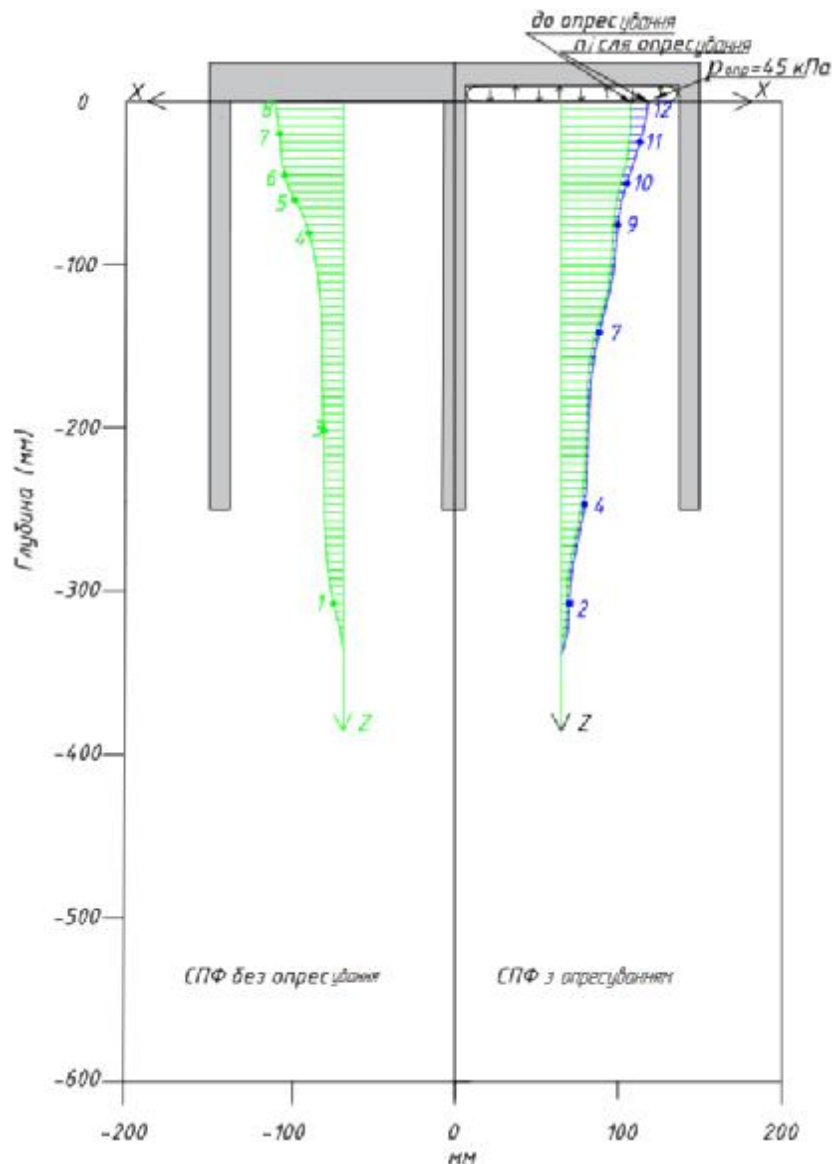


Рисунок 2.14. Епюра вертикальних переміщень ґрунту

міжпального простору після опресування при $N = 5 \text{ кН}$ ($p_{\text{ср}} = 55 \text{ кПа}$)

Глибина згасання повних переміщень ґрунтової основи міжпального простору при $N=8 \text{ кН}$ ($p_{\text{ср}}=88 \text{ кПа}$) для пальово-плитного фундаменту дорівнює 1,4В (рисунок 2.15), для пальово-плитного фундаменту з опресуванням 1,2В.

Таким чином вивчення особливостей взаємодії комбінованих пальово-плитних фундаментів (ППФ) з опресуванням ґрунтової основи на моделях дозволило оцінити позитивний вплив опресування контактної шару ґрунтової основи на його деформування при подальшому навантаженні.

З'ясовано, що для маломасштабних моделей фундаментів застосування обпресування величиною до $p_{\text{опр}}=0,4 p_{\text{ср}}$ дозволяє забезпечити зниження

кінцевого осідання моделі ППФ з опресовуванням до 1,4 разів у порівнянні з моделлю ППФ без опресування.

Виявлено, що після впливу опресування на ґрунтову основу в прогоновій частині фундаменту модуль деформації в активній зоні основи збільшився в середньому до 50%. Після опресування поверхні основи збільшення деформацій моделі ППФ знизилося до 2-х разів у порівнянні з осадкою моделі ППФ без опресування до загального приросту навантаження, що відповідає величині опресування.

З'ясовано, що застосування опресування основи в рамках лабораторних досліджень дозволило при повному навантаженні, що передається, знизити глибину стисненої товщі до 23%.

Для моделі ППФ при тиску на основу $p_{cp}=111\text{кПа}$ зафіксовано максимальні значення його вертикальних деформацій $w(z)=23,3\text{мм}$, що розвиваються під ростверком. Глибина поширення осад становила до $1,7B$ (B – ширина фундаменту).

Для моделі ППФ з опресовуванням основи при дії повного навантаження максимальні вертикальні деформації склали $w(z)=14,7\text{мм}$. Зазначені деформації зафіксовані під центром гумової камери та опресування. Глибина поширення осад становила до $1,3B$.

Доведено, що при збільшенні навантажень на фундаменти, наприклад в умовах реконструкції, а також при недостатній несучій здатності паль, як ефективне інженерне рішення може бути застосована технологія перебудови стрічкових палевих фундаментів в комбінований з виконанням опресування основи.

Очевидно, що отримані на моделях результати досліджень мають якісний характер для вивчення закономірностей взаємодії реальних фундаментів із ґрунтовими основами. Однак ефективність запропонованого методу, що підтвердилася у новому будівництві та на представлених модельних експериментах, очевидна для умов реконструкції та вимагає проведення подальших, у тому числі теоретичних досліджень.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 3

3. Дослідження взаємодії комбінованої системи підсилення пальових фундаментів з ґрунтовою основою на основі розрахункового моделювання

3.1. Розрахункова взаємодія системи посилення стрічкових пальових фундаментів

У третьому розділі розглядається розрахункова взаємодія системи посилення стрічкових пальових фундаментів (далі –СПФ) шляхом їх перебудови в комбінований з опресуванням та цементацією основи. Наведено результати аналітичних розрахунків та чисельного моделювання, виконано кількісний аналіз впливу системи посилення на НДС ґрунтового масиву.

У аналізованій системі посилення оболонка після твердіння розчину, що нагнітається, збільшує свій переріз і як наслідок, певною мірою згинальну жорсткість. При опресуванні, тобто нагнітанні розчину між оболонкою і криволінійною ґрунтовою основою, створюється попередня напруження розтягування в оболонці і відбувається доущільнення та попередня напруження ґрунтової основи в активному шарі між ростверками. У цьому розділі досліджуються питання кількісної оцінки опресовування зміну НДС ґрунтової основи та несучої здатності паль.

При інекції ґрунтової основи гідророзривами, також відбувається доущільнення ґрунтів і формування в ґрунтовому масиві додаткового (наведеного) напруженого стану, яке змінює деформаційні властивості масиву і впливає на здатність паль, що несе, що також є предметом дослідження даного розділу.

Завданням аналітичних розрахунків та чисельного моделювання є визначення впливу процесу опресування та ін'єктування ґрунтової основи гідророзривами на взаємодію комбінованих стрічкових пальових фундаментів із ґрунтовою основою, з урахуванням технології виконання робіт.

Вибір об'єднуючої конструкції для ростверків.

Насьогодні розроблено безліч різних способів посилення пальових фундаментів [9, 19]. Деякі з цих способів передбачають перебудову пальових фундаментів у комбіновані фундаменти [6, 19]. Також існують способи

перебудови стрічкових фундаментів дрібного закладання в суцільні з опресуванням ґрунтової основи [15]. Застосування рішень, що передбачають перебудову пальових стрічкових фундаментів у комбіновані з попереднім напруженням ґрунтів основи, шляхом опресування, матимуть ряд переваг, а саме:

- ущільнення ґрунту у верхній (активній) зоні під ростверком;
- включення складових системи посилення в роботу з основою без збільшення деформацій та навантаження;
- покращення міцнісних та деформаційних властивостей ґрунтового масиву;
- підвищення несучої здатності паль за рахунок додаткового бічного обтиснення.

У вигляді прогонової конструкції може розглядатися плита або оболонка. Перевагами плитного фундаменту як прогонової конструкції є: найбільша довговічність серед усіх видів фундаментів, її експлуатаційний ресурс перевищує 150 років; висока технологічність виконання бетонних робіт; досить висока жорсткість під час роботи на згин; виконання ролі горизонтальної підлоги; можливість облаштування підвалу, захищеного від впливу ґрунтових вод.

Недоліками плитного фундаменту є: - Висока вартість; висока витрата матеріалів: бетону та арматури; підвищена трудомісткість; необхідність суттєвого втручання в конструкцію ростверків для забезпечення спільної роботи плити та ростверку.

Перевагою оболонок є: мінімізація ваги фундаментів або витрат матеріалів (бетону до 70%, сталі до 20%) на одиницю несучої здібності; мінімальне втручання у конструкцію ростверків; підвищення модуля деформації масиву ґрунту за рахунок створення в ньому додаткових горизонтальних напруг.

При цьому слід виділити ряд недоліків властивих фундаментам-оболонкам, більша частина з яких не є суттєвою та має загальний характер: досить висока трудомісткість робіт на одиницю обсягу конструкції; відсутність встановлених норм та правил проектування; малі обсяги практичної реалізації на будівництві [15].

Таким чином, з розглянутих варіантів, що забезпечують рівну надійність, виходячи з сумарного розгляду технологічних, конструктивних та економічних

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

параметрів, доцільним вважати застосування оболонкової конструкції [17, 25].

3.2 Технологія влаштування системи підсилення стрічкових пальових фундаментів

У розробленій системі посилення встановлюється наступний загальний порядок проведення робіт: етап 1 – перебудова існуючих стрічкових пальових фундаментів у суцільні комбіновані з опресуванням ґрунтової основи; етап 2 – посилення ґрунтової основи цементацією.

Послідовність виконання робіт. Етап 1.

Розглянутий у цій роботі спосіб посилення стрічкових фундаментів, з прикладу оболонкової конструкції, передбачає наступну етапність технологічних операцій:

а) Виготовлення секцій збірних перфорованих ін'єкторів для подальшого цементування основи (Етап 2). Буріння свердловин в основі прогонових зон з установкою ін'єкторів та влаштування анкерів у ростверках для з'єднання з армосітками оболонки (рисунок 3.1).

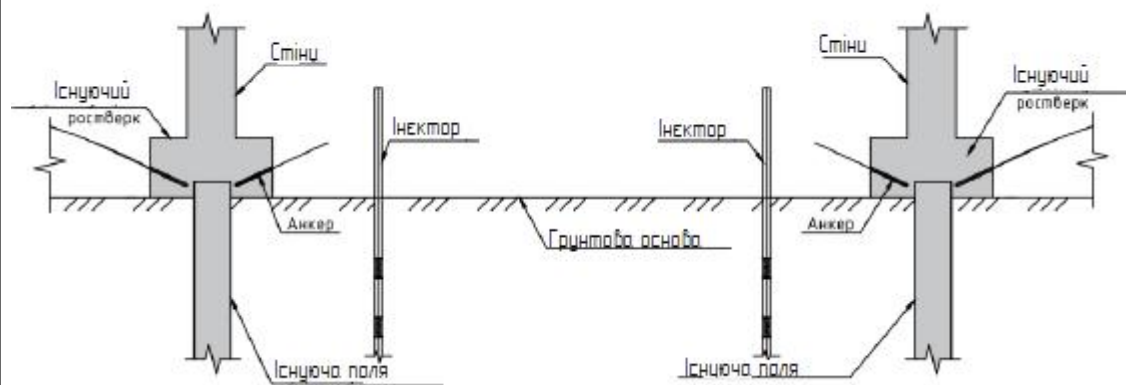


Рисунок 3.1. Монтаж труб-ін'єкторів для виконання цементації

б) Планування ґрунтової основи за координатами мінеральним ґрунтом: наприклад, піском, дрібним щебенем або ПГС із ущільненням для збереження заданої криволінійної форми. По спланованій поверхні основи укладається мембрана. Далі встановлюють пакери, які не порушують суцільність мембрани (рисунок 3.2).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

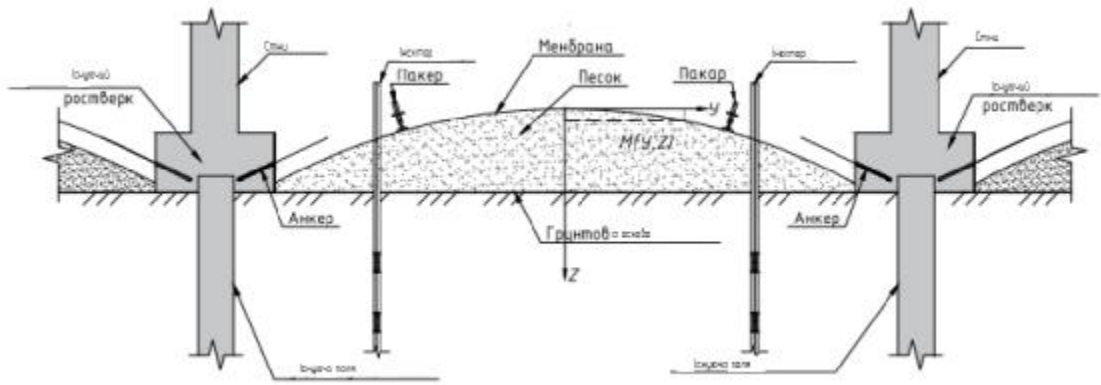


Рисунок 3.2. Планування основи

в) Укладання щебеневого шару на мембрану. Щебеневий шар перекривається гідроізоляційною плівкою з укладанням на плівку захисного шару тонкого бетону. Виконується армування оболонкової частини згідно з розрахунком проводиться бетонування конструкції підсилення (рисунок 3.3).

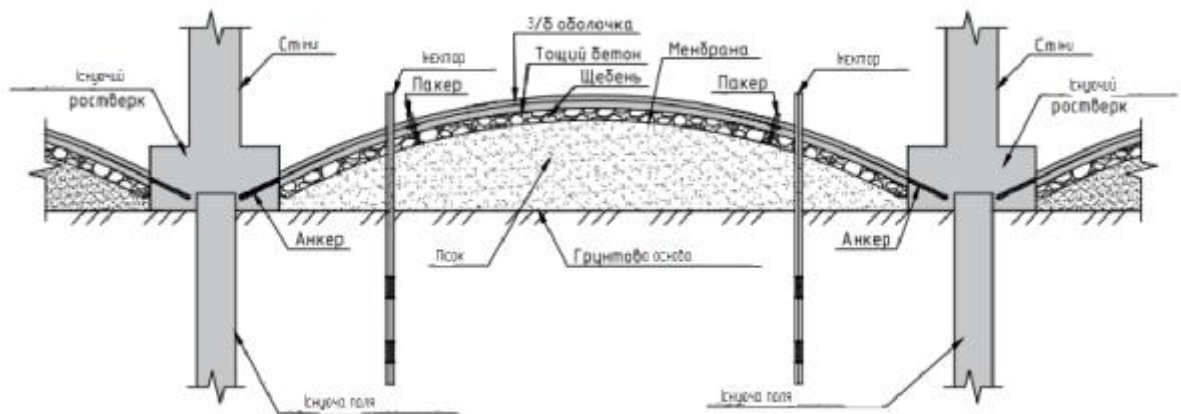


Рисунок 3.3 Влаштування конструкції підсилення в прогоновій частині

г) Виконання опресування основи (рисунок 3.4)

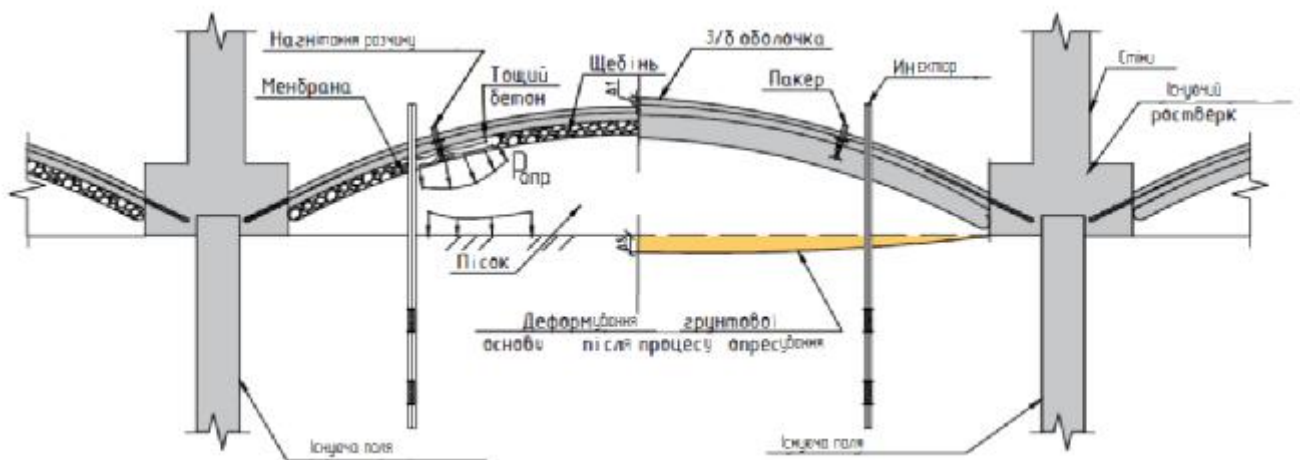


Рисунок 3.4 Виконання включення основи у спільну роботу із підсиленням

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

фундаментом

Цементация основы виконується висхідним способом за манжетною технологією з утворенням у ґрунтовому масиві різноспрямованих гідророзривів, заповнених цементним розчином (рисунок 3.5). Завданням виконання цементації є зменшення деформованості масиву та підвищення міцності ґрунту основи [9, 11, 15]

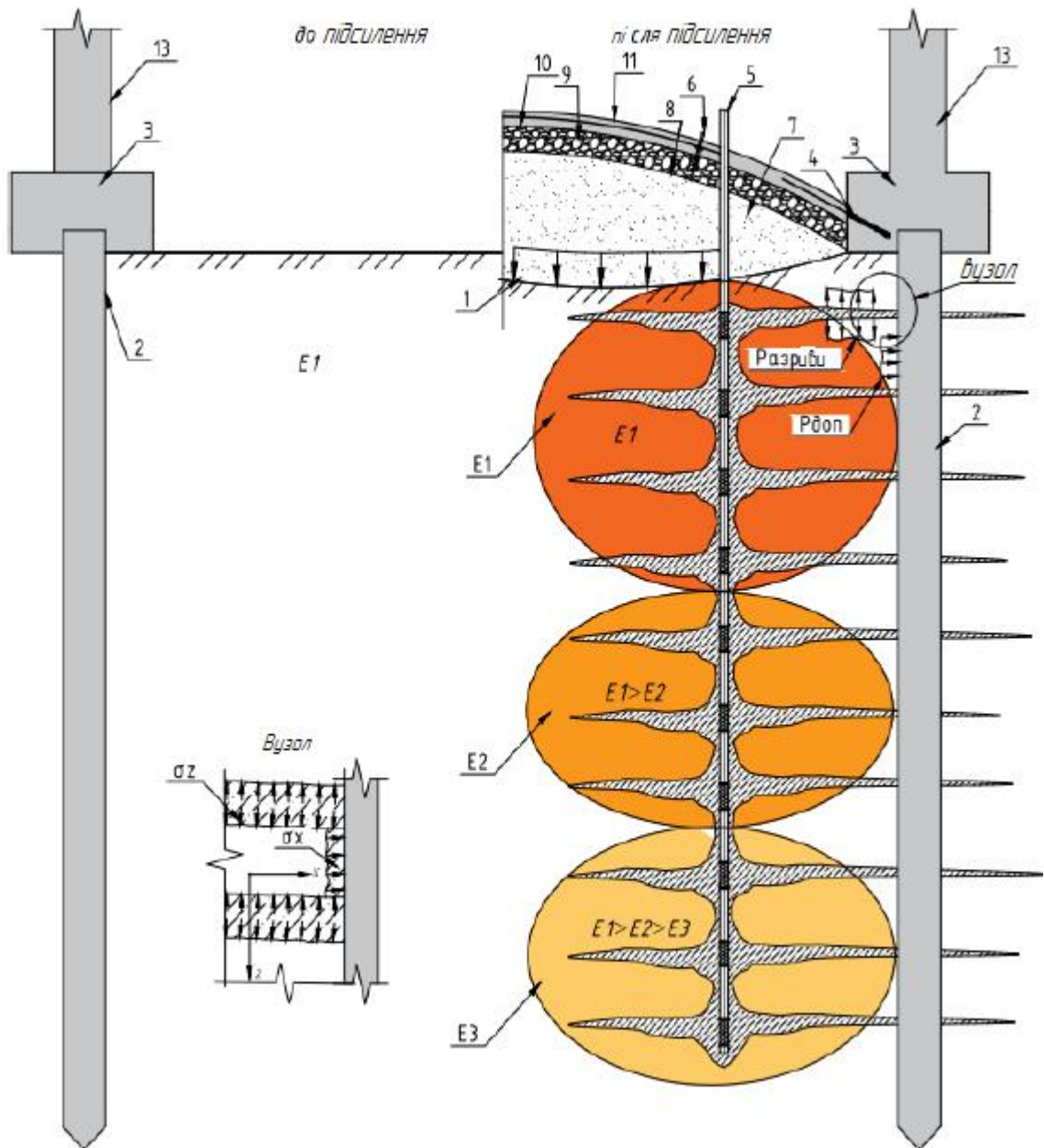


Рисунок 3.5 Фрагмент підсилення стрічкових палевих фундаментів перебудовою в комбінований з обпресуванням та цементацією основи: 1 - ґрунтова основа; 2 – існуючі палі; 3 - існуючий ростверк; 4 – анкери; 5 - ін'єктори для ґрунтового масиву; 6 – пакери; 7 – пісок; 8 – профільована мембрана; 9 – щебінь; 10 - тонкий

бетон; 11 - з/б оболонка; 12 - гідророзрив; 13 – стіни

Нагнітання розчину в ін'єктори для закріплення ґрунту та ущільнення основи здійснюється висхідним способом у кілька етапів.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 117 ПЗ

Аркуш

48

РОЗДІЛ 4

Вплив опресування та цементації ґрунтового масиву на зміну НДС основи та несучої здатності палі при посиленні фундаментів

4.1 Зміна НДС основи та несучої здатності палі

Наведені у роботі питання зміни НДС основи розглядаються у пружній лінійній постановці. Дане припущення базується на загальноприйнятих підходах, по-перше: внаслідок незначності прояву нелінійних властивостей через невеликі відносні деформації ґрунтів по-друге: встановлює «верхню» оцінку зміни напруженого стану основи, яка в умовах прояву таких взаємопов'язаних процесів як релаксація та повзучість певною мірою знижувати ефект початкового «наведеного» напруженого стану. З даних отриманих роботах зниження початкових напружень може становити від 50 до 80%, тобто залишкові напруження можуть становити від 50 до 20% від початкових, що необхідно враховувати при інженерних розрахунках.

При опресуванні та створенні гідророзривів у масиві ґрунту змінюється його НДС, палі фундаменту обтискаються з усіх боків.

4.2 Цементация за манжетною технологією

Для оцінки зміни несучої здатності палі при нагнітанні розчину ґрунтовий масив (цементації) розглянуто варіант посилення основи під конструкцією фундаменту. Ґрунтова основа та конструкції фундаменту аналогічні розрахунку приставленому в розділі 3.

Схема до визначення додаткових горизонтальних напружень щодо бічної поверхні палі представлена на рисунку 4.1.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

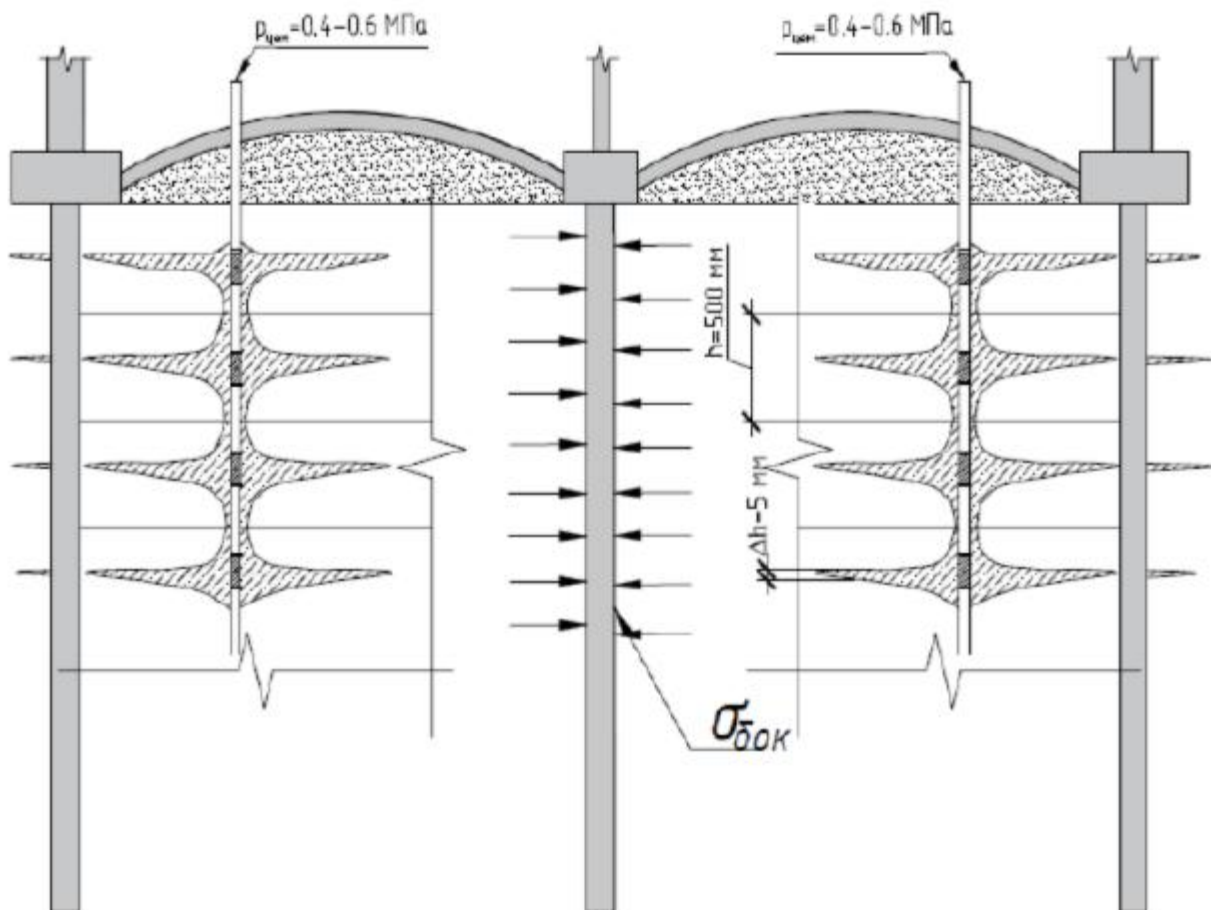


Рисунок 4.1 Схема до визначення додаткових горизонтальних напружень щодо бічної поверхні палі

Для оцінки впливу кроку перфорації ін'єкторів та товщини лінз гідророзривів на величину обтиснення паль було виконано алгоритм розрахунку. Розрахункова схема представлена малюнку 3.6. Основа по довжині ін'єктора розбита на шари висотою h , де h - відстань між ін'єкційними отворами.

В результаті гідророзривів ґрунтового масиву утворюється лінза завтовшки Δh на величину якої відбувається деформація елементарного прошарку.

Значення відносної деформації розраховується за такою формулою:

$$\varepsilon = \Delta h / h$$

Δh - товщина лінзи гідророзриву в масиві ґрунту, мм;

h - висота ділянки мм.

Розподіл додаткових горизонтальних напруг щодо бічної поверхні палі представлений на рисунку 4.2

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

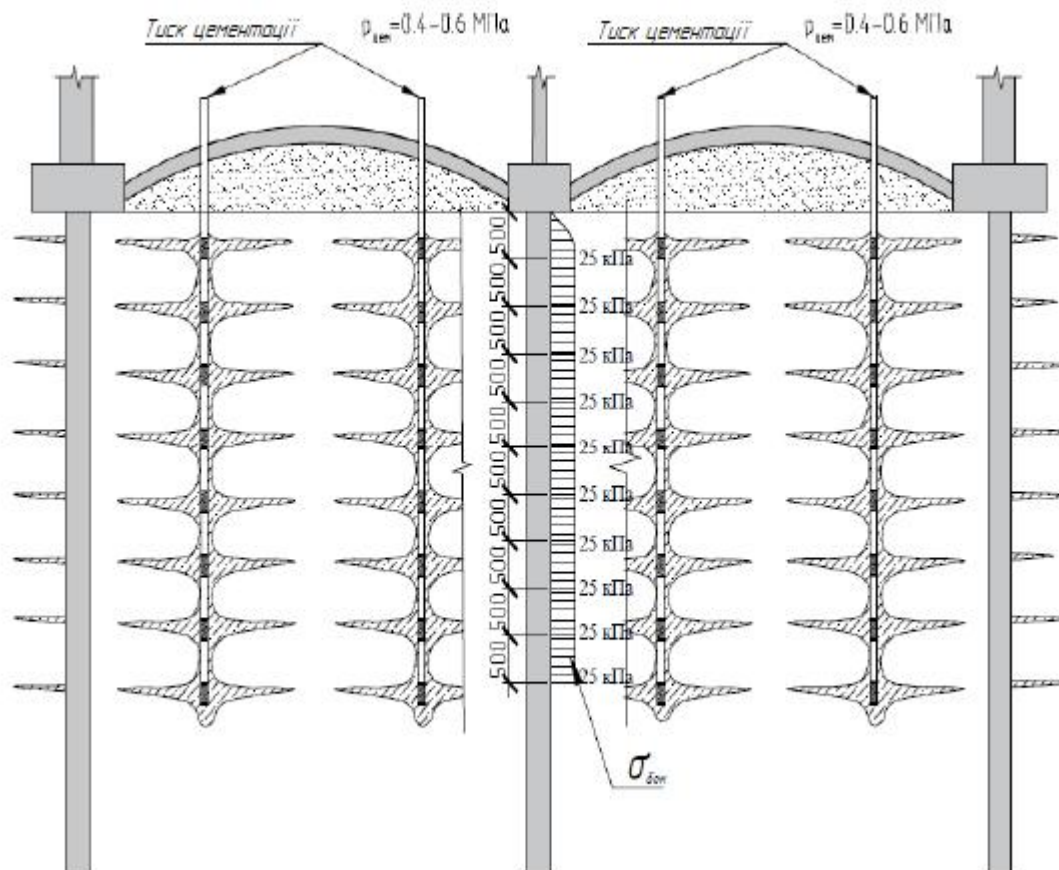


Рисунок 4.2 Епюра додаткових горизонтальних напружень σ

Збільшення несучої здатності становило середньому 35%. Враховуючи односторонній характер обтиснення крайнього ряду паль гідророзривами, пропонується враховувати зменшення ефекту обтиснення половину. Для розглянутого випадку збільшення несучої здатності паль крайнього ряду відбудеться в середньому на 17,5%.

Таким чином, підсумовуючи впливи від опресовування та ін'єктування, в пружній постановці завдання слід очікувати збільшення несучої здатності паль за рахунок додаткового бічного обтиснення на 45-55% в умовах слабких глиняних ґрунтів.

Запропоновані завдання вирішувалися в пружній постановці і реальних ґрунтах буде виявлятися релаксація напружень. Таким чином, на основі виконаного розрахункового моделювання з урахуванням збереження залишкових напружень, встановлено, що застосування запропонованого методу перебудови стрічкових фундаментів палевих в комбіновані може збільшити до 15-20% несучу здатність паль.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

4.3 Чисельне дослідження взаємодії системи посилення стрічкових пальових фундаментів з основою

Чисельне дослідження взаємодії геотехнічної системи посилення ЛСФ при їх перебудові в комбінований з урахуванням зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів та несучої здатності паль, що виконано в розрахунковому комплексі Plaxis. Використана ідеально-пластична пружна модель Кулона-Мора.

У рамках моделювання розглянуто чотири розрахункові випадки: 1. Моделювання взаємодії ґрунтової основи та стрічкового фундаменту пальового багатоповерхової будівлі, що має наднормативні осідання. 2. Моделювання НДС системи «основа – фундамент» при перебудові в комбіновані фундаменти з опресуванням прогонової зони. Моделювання НДС системи «основа – фундамент» при цементації ґрунтового масиву за глибиною за манжетною технологією з утворенням гідророзривів. 4. Моделювання взаємодії системи «основа - фундамент» при перебудові стрічкових фундаментів пальових в комбіновані з опресовуванням і цементацією масиву основи. Численні дослідження виконувались для визначення деформацій будівлі на стрічкових пальових фундаментах, а також кінцевих осідань в умовах їх посилення при окремому використанні технологій опресування та цементації та спільного застосування цих технологій для максимального використання резервів несучої здатності та жорсткості основи.

Розріз по будівлі представлений на рисунку 4.3. Вирішується завдання плоскої деформації. Навантаження від будівлі по осях 1 та 6 становить 375 кН/м, по осях 2-5 становить 600 кН/м.

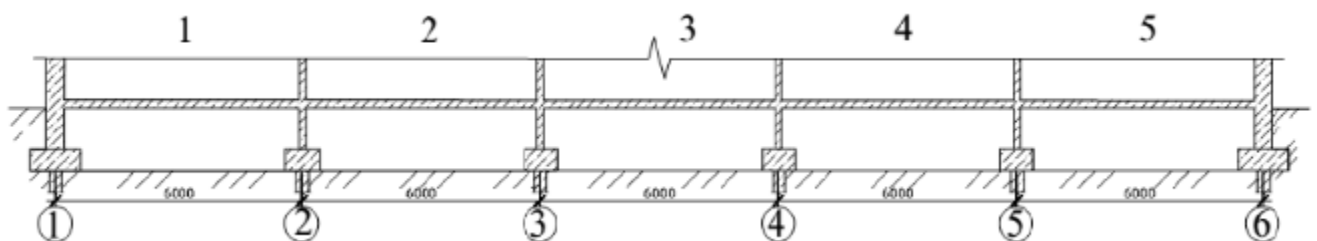


Рисунок 4.3 Конструктивна схема моделі (1...5 - номери прольотів)

Для моделювання ґрунтової основи прийнято м'якопластичний суглинок з

наступними фізико-механічними характеристиками:

$$\gamma_{sat}=19,5 \text{ кН/м}^3, \gamma_{unsat}=19,5 \text{ кН/м}^3, E=5\text{МПа}, c=10 \text{ кН/м}^2, \varphi=15^\circ, \nu=0,35.$$

Забивні палі, що знаходяться в глинистому ґрунті м'якопластичної консистенції, моделюються опцією "Ряд занурених паль". Палі перетином 300х300 мм, довжиною 7 м з кроком 1 м. Так як несуча здатність елементів «Ряд занурених паль» є вхідним параметром, а не результатом кінцево-елементного розрахунку, несуча здатність палі визначена [3] і становить 160,5 кН.

Надземні конструкції житлового будинку представлені елементом «Плита» (Plate) з такими жорсткими характеристиками: $EA=5,600E6 \text{ кН/м}$, $EI=20,00E3 \text{ кН*м}^2/\text{м}$, $\nu=0,2$.

Стрічкові ростверки представлені кластерним елементом, реалізованим у лінійно пружній моделі (Linear elastic) із призначенням фізичних та механічних властивостей бетону класу B15 (M200).

Основною фільтраційною характеристикою ґрунту, що використовується при чисельному моделюванні, є коефіцієнт фільтрації. Враховуючи те, що ґрунт є м'якопластичним суглинком з низькими фільтраційними характеристиками, при прикладанні навантаження в ньому виникають високі порові напруження, релаксація яких пов'язана з часом. Тому чисельне моделювання проводиться з урахуванням консолідації в умовах надмірного порового напруження. Для якісного прогнозу розвитку напружено-деформованого стану та за відсутності необхідних характеристик, коефіцієнт фільтрації прийнятий за ISO 9001.

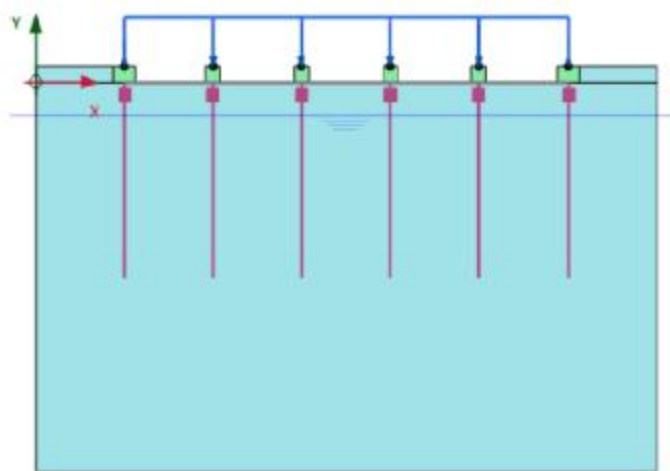


Рисунок 4.4. Загальний вигляд розрахункової моделі

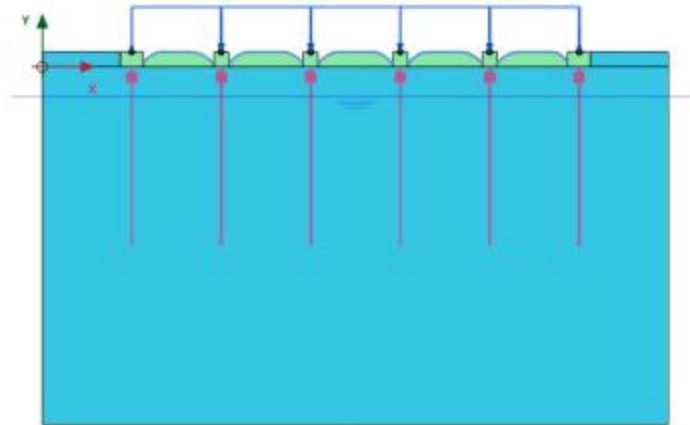


Рисунок 4.5. Ділянка розрахункової схеми

Розрахунковий варіант №1. За результатами розрахунку встановлено, що значення кінцевої максимальної осідання фундаменту за умови стабілізації основи становить 340,8 мм, що є величиною, що перевищує майже вдвічі граничні значення, що нормуються, 18см (рисунок 4.6) [1].

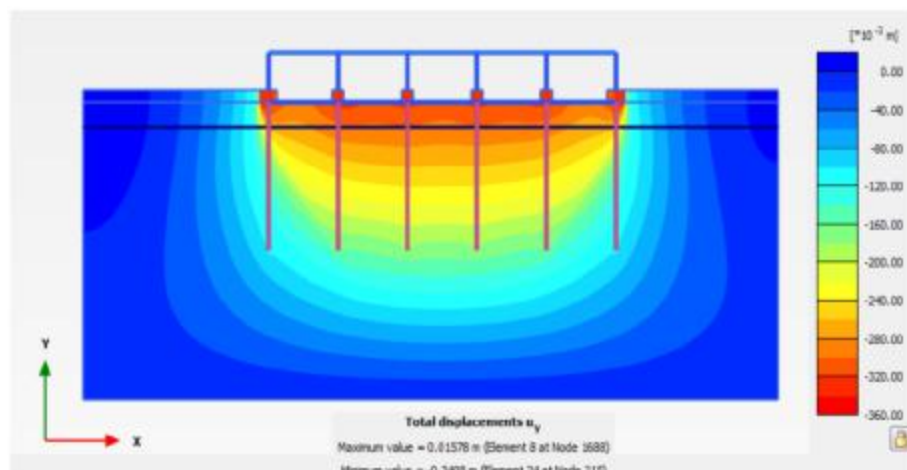


Рисунок 4.6. Ізолінії кінцевих переміщень на моделі стрічкового фундаменту

Таким чином встановлено, що при недостатній несучій здатності паль у складі стрічкових пальових фундаментів з урахуванням включення ростверків у роботу, характер осідання носить згасаючий характер, його значення може значно перевищувати нормативні значення і як наслідок може призвести до істотного зниження експлуатаційної надійності будівлі, до відмови несучих огорожувальних конструкцій.

Розрахунковий варіант №2. Виконується посилення стрічкового фундаменту пальового його перебудовою в комбінований з виконанням оболонкових

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

конструкцій між стрічками (рисунок 4.7). Загальний вид розрахункової моделі наведено на рисунку 4.7.

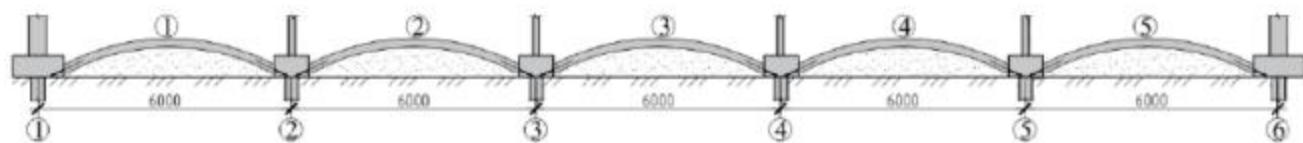


Рисунок 4.7. Схема посилення стрічкового фундаменту пальового його перебудовою в комбінований

Посилення фундаментних конструкцій у чисельній моделі проводилося на момент часу рівний 1000 днів експлуатації будівлі, на цьому етапі осідання будівлі становила 187 мм (розрахунковий варіант №1, рисунок 3.12).

Процес нагнітання розчину під оболонку (опресування) моделювався створенням тиску 100 кПа між оболонкою та піщаною криволінійною основою. У розрахункову модель вводилися змінені характеристики ґрунтової основи та несучої здатності паль, отримані на підставі досліджень, проведених у п. 3.2 та даної роботи. Кінцеве розрахункове осідання фундаменту при перебудові фундаменту в комбінований та опресовуванні основи склало 264,3 мм (рисунок 4.8) за умови початку робіт з посилення: 1000 днів з початку навантаження фундаменту.

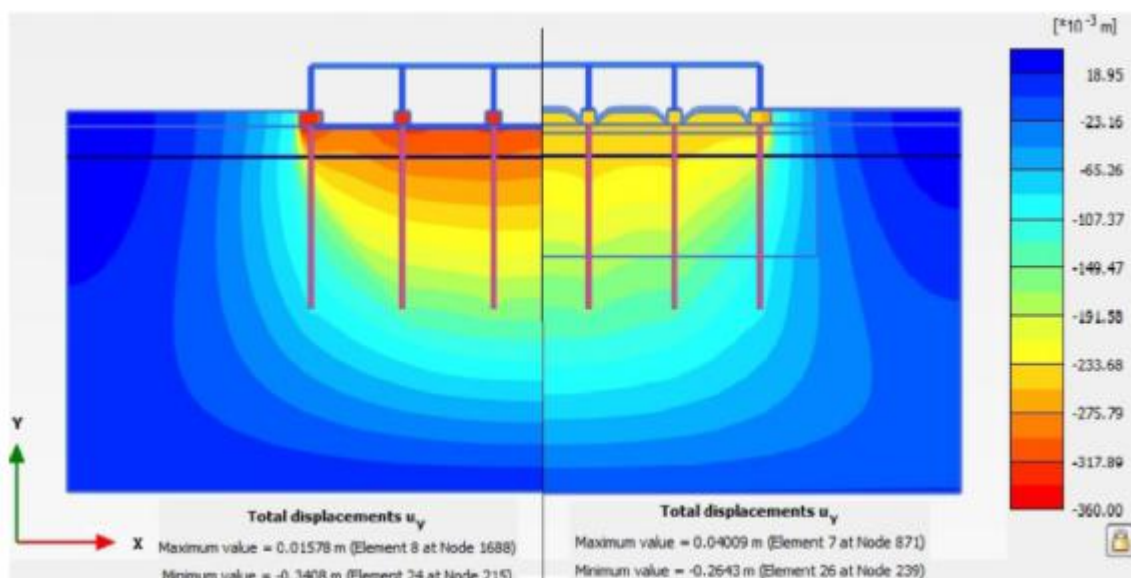


Рисунок 4.8. Ізолінії кінцевих переміщень з використанням опресування. Зліва розрахунковий випадок №1 та праворуч розрахунковий випадок №2

Таким чином встановлено, що після перебудови фундаменту в комбінованій та опресовуванні основи, залишкова деформація, як різниця кінцевого осадку та осідання на 1000 день експлуатації, знизилася з 155мм (для стрічкового фундаменту) до 77мм.

Розрахунковий варіант №3. Розглядається цементация основи за манжетною технологією з влаштуванням гідророзривів. Приймається крок гідророзривів по глибині ін'єкторів дорівнює 1м, на всю глибину паль (7 метрів) з утворенням цементних розривів завтовшки 1см.

Результати моделювання процесу осідання фундаменту в часі з урахуванням збільшення модуля деформації ґрунтів основи та збільшення несучої здатності паль (розділ 3.3) наведено на рисунку 4.9. "Стартовою" точкою прийнятий момент часу рівний 1000 днів з моменту застосування навантаження на фундамент ($S = 187\text{мм}$). Розмір кінцевого розрахункового осідання фундаменту у разі склав 230,4 мм.

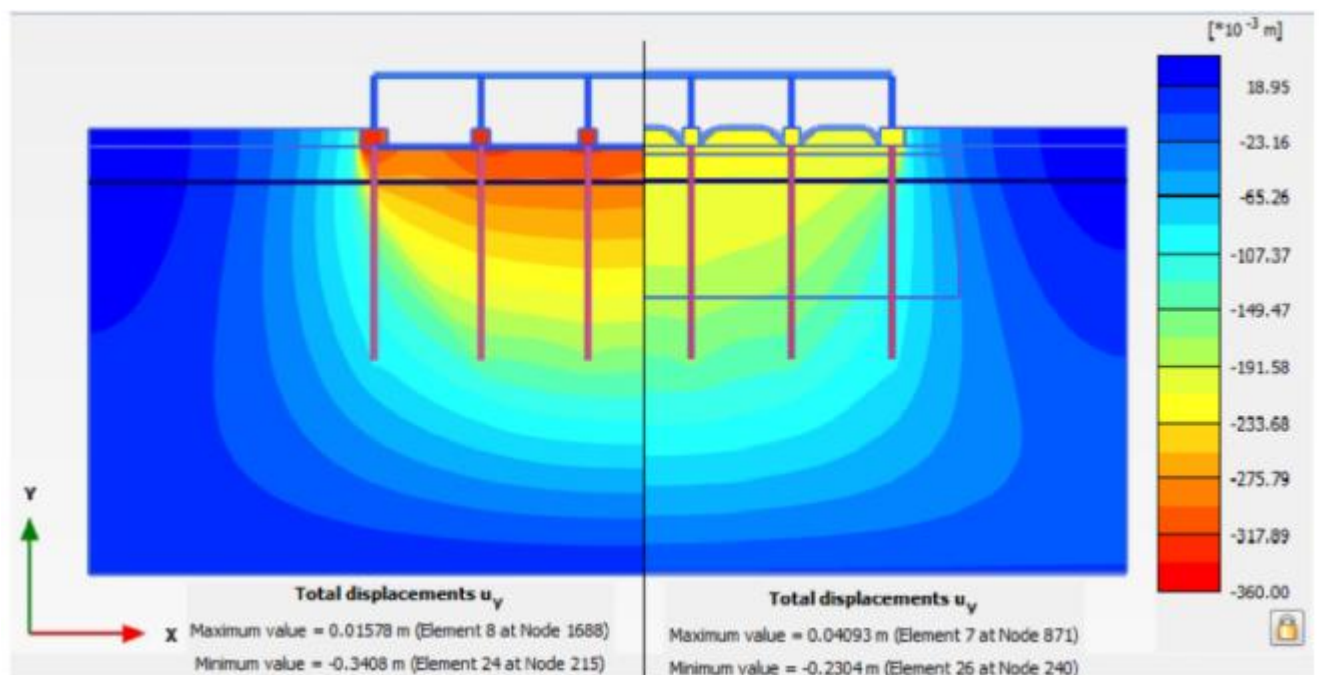


Рисунок 4.9 Ізолінії кінцевих переміщень під час цементації.

Ліворуч розрахунковий випадок №1, праворуч розрахунковий випадок №3

Встановлено, що при посиленні основи цементациєю за манжетною технологією з утворенням гідророзривів, залишкова деформація, як різниця кінцевого осідання та осідання на 1000 день експлуатації, знизилася з 155мм (для

стрічкового фундаменту) до 47мм.

Таким чином чисельне моделювання показує, що в процесі експлуатації кінцеве осідання фундаменту за відсутності заходів щодо посилення становить 340,8 мм, при перебудові фундаменту в комбіновану та опресовування ґрунтової основи – 264,3 мм, при цементації ґрунтового масиву за манжетною технологією з утворенням гідророзривів – 230,4 мм, при спільному застосуванні перебудови фундаменту, його опресовування та цементації основи – 212,1мм.

Наведений приклад розрахункового моделювання показує, що в умовах, наближених до реальних умов, наприклад, при реалізації частини повних осідань та їх наростання в часі, перебудова стрічкового фундаменту пальового в комбінований з реалізацією резервів основи за несучою здатністю і жорсткістю за рахунок опресування і цементації ґрунтів значно (До 7 і більше разів) дозволяє знизити величину нереалізованого осідання. Забезпечує повні осідання у межах допустимих значень та зберігає експлуатаційну надійність надземної конструкції.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Розділ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ З ПІДСИЛЕННЯ
СТРІЧКОВИХ ФУНДАМЕНТІВ

Процес облаштування фундаментів будівель на природній основі для будинків підвищеної поверховості передбачає використання робочих креслень, вимог діючих СНіП та ДБН, технологічних карт, а також вказівок з влаштування фундаментів у житлово-цивільному будівництві, що здійснюється підрядними будівельними організаціями. Перелік заходів з безпеки при виконанні досліджень по реконструкції будівель, модернізації, реновації існуючого житлового фонду капітального ремонту наведено в додатках.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При перебудові стрічкових пальових фундаментів у комбіновані з опресуванням ґрунтової основи та її цементациєю, можливе кероване регулювання напружено-деформованим станом системи «основа-фундамент-будівля».

2. При нагнітанні розчинної суміші під тиском, який можна порівняти з тиском від будівлі ($P_{\text{опр}} = 110$ кПа), відбувається включення в роботу прогонової частини фундаменту, ґрунт ущільнюється. Значення контактних тисків під ростверками знижуються, відбувається їх підйом на величину до 2,5 мм, що свідчить про суттєве розвантаження пальового фундаменту.

3. Після ін'єкції розчину та його затвердіння в підоболонковому просторі відбуваються процеси релаксації напружень із збереженням залишкових величин від 40 до 10% (в середньому до 25%) від початкового тиску, при цьому зміни геометричного положення залізобетонної оболонки прогонової частини не відбуваються, що підтверджує їх надійне включення у роботу.

4. Виявлено, що з виробництва робіт з цементациї основи (режим нагнітання – $P_{\text{цем}} = 0,4-0,6$ МПа) величини напружень досягають значень 30-140 кПа, які після «релаксації» знижуються на величину до 20%. Це свідчить про те, що до певної залишкової величини в ґрунтовій основі відбувається релаксація напружень.

5. Глибина розвитку вертикальних деформацій при обпресуванні прогонових зон, при тиску опресування 110 кПа склала 1,1 В, де В - ширина прольоту, збільшення вертикальних напружень зафіксовано до глибини 0,7 В.

6. Таким чином, розроблений метод посилення дозволяє забезпечити сумарний ефект від: поліпшення властивостей ґрунтів обпресуванням; підвищення несучої здатності паль за рахунок опресування та цементациї; зменшення стисливості ґрунту. Так, після виконання робіт з посилення фундаментів 9-поверхового житлового будинку у м. Вінниця розподіл навантажень, що передаються на основу під прогоновою частиною та основи паль становить 70% та 30% відповідно. Зафіксовано, що додаткові технологічні осідання незначні.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1)→Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. -М.: Стройиздат, 1982. —448 с.¶
- 2)→Безухов Н.И., Лужин О.В. [Приложение методов теории упругости и пластичности к решению инженерных задач. —М.: Высш. шк., 1974. —200с.¶
- 3)→Бич Г.М. Длительная прочность грунтов и методы ее определения. —Одесса, 1998. —С. 56.¶
- 4)→Бич Г.М. Экспериментальное определение предела длительной прочности грунтов методом ступенчато-релаксирующего нагружения // Инженерная геология. —1989. -№6. —с. 72—75.¶
- 5)→Борт О.В. Нелінійна модель деформування грунтових основ у інкрементальній постановці при плоскому напруженому стані // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. —Вип.58. —К.: НДІБК, 2003. —С. 102-108.¶
- 6)→Борт О. В. Математичне моделювання процесу одноплощинного зрушення при визначенні характеристик міцності ґрунту у лабораторних умовах // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во)/ Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. —Полтава: ПолтНТУ, 2002. —Вип. 10. —С. 26-31.¶
- 7)→Брайт П.И. Геодезические методы измерений деформаций оснований и сооружений. —М.: “Недра”, 1965. —298 с.¶
- 8)→Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. —М.: Физматгиз, 1962. —564 с.¶
- 9)→Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: Наук. монографія. —Полтава: 2004. —238 с.¶
- 10)→Власов А.Н., Мнушкин М.Г. Моделирование задач геомеханики на основе объектно-ориентированного подхода // Современные методы

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- инженерных изысканий в строительстве: Сб. тр. МГСУ. — М., 2001. — С. 152-166.¶
- 11)→Вялов·С.С.·Реологические основы механики грунтов. — М.: Высшая школа, 1978. — 311с.¶
- 12)→Вялов·С.С., Бугров·А.К., Цеева·А.Н.·Напряженно-деформированное состояние неоднородных оснований с наклонными слабыми слоями // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1989. — №2. — С. 18-21.¶
- 13)·Гетун· Г.В.· Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування. — К.: Кондор, 2012. — 380 с.¶
- 14)·Гмурман·В.Е.·Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977. — 640 с¶
- 15)·Голли·А.В., Белов·Д.В.·Мониторинг напряженно-деформированного состояния грунтов в основании сооружения // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1999. — №5 — С. 15-18.¶
- 16) → ДБН·В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2000.¶
- 17) → ДБН· В.1.2-14:2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.¶
- 18)·ДСТУ·Б·А.2.4-43:2009 (ГОСТ·21.502-2007, MOD). Система проектної документації для будівництва. Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.¶
- 19)→·ДСТУ·Б·В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К.: Мінбуд України, 2006.¶

- 20) → Зоценко· М.Л.· Математичне· моделювання· геотехнічних· процесів· на· основі· рішень· пружно-пластичної· задачі· нелінійної· механіки· ґрунтів· //· 36· наук· праць· (галузеве· машинобуд·,· буд-во)· Полт· нац· техн· ун-т· імені· Юрія· Кондратюка. — Полтава: ПолтНТУ, 2003. — Вип. 12. — С. 96-104.¶
- 21)· Інструкція· з· хорони· праці· при· монтажу· сталевих· та· залізобетонних· конструкцій· [Електронний· ресурс]· Режим· доступу:· <http://trudova-ohrana.ru/primery-dokumentov/prikladi-nstrukcij-z-ohoroni-prac-ukranskoju/4061-nstrukcja-z-ohoroni-prac-pd-chas-vikonannja-robot-z-montazhu-metalevih--zalzobetonnih-konstrukcij.html>¶
- 22)· Кваліфікаційна· магістерська· робота· Методичні· вказівки· для· студентів· спеціальності· 8.06010101· "Промислове· та· цивільне· будівництво"· усіх· форм· навчання· /· Пашинський· В.А.,· Настоящий· В.А. — Кіровоград: КНТУ, 2012. — 35 с.¶
- 23)· Клепиков· С.Н.· Расчет· сооружений· на· деформируемом· основании. — К.: НИИСК, 1996. — 204 с.¶
- 24)· Клованич· С.Ф.· Программа· "Concord"· для· решения· геотехнических· задач· методом· конечных· элементов //· Вісник· Одеського· національного· морського· університету. — Вип. 10. — Одеса: ОНМУ, 2003. — С. 39-46.¶
- 25)· Конструкції· цивільних· будівель· Під· загальною· ред· М.С.· Туполева· М.: «Архітектура-С», 2006.¶
- 26)· Пашинський· В.· А.· Атмосферні· навантаження· на· будівельні· конструкції· для· території· України. — К., 1999. — 185 с.¶
- 27)· Лихтарников· Я.М.,· Ладыженский· Д.В.,· Клыков· В.М.· Расчет· стальных· конструкций. — К.: Будівельник, 1984. — 366 с.¶
- 28) → Лихтарников· Я.М.· Вариантное· проектирование· и· оптимизация· стальных· конструкций. — М.: Стройиздат, 1979. — 319 с.¶
- 29) → Малышев· М.В.· Прочность· грунтов· и· устойчивость· оснований· сооружений. — М.: Стройиздат, 1994. — 228 с.¶

- 30) → ·Малышев· М.В.· Прогноз· осадок· фундаментов· неглубокого· заложения· с· использованием· обоих· критериев· предельных· состояний· //· Основания· фундаменты· и· механика· грунтов· —· 1996· —· №1· —· С.· 2-4· ¶
- 31) → ·Маслов· Н.Н.,· Казарновский· В.Д.· Определение· сопротивляемости· грунтов· сдвигу· методом· плотности· влажности· //· Автомобильные· дороги· —· 1962· —· Вып.12· —· С.· 19-21· ¶
- 32) → ·Монтажні· вказівки· по· електропроводці· [Електронний· ресурс]· Режим· доступу: <http://trudova-ohrana.ru/tehnika-bezopasnosti/elektrobezopasnost/850--montazhnye-ukazaniya-po-jelektroprovodke.html> ¶
- 33) → ·Муханов· К.К.· Металлические· конструкции· Учебник· для· вузов· Изд.· 3-е· —· М.:· Стройиздат,· 1978,· 572· с.¶
- 34) → ·Нагрузки· и· воздействия· на· здания· и· сооружения· /· В.Н.· Гордеев,· А.И.· Лантух· Ляшенко,· В.А.· Пашинський,· А.В.· Перельмутер,· С.Ф.· Пичугин;· Под· общей· ред.· А.В.· Перельмутера· —· М.:· ИАСВ,· 2006.· —· 482· с.¶
- 35) → ·Основы· теорії· надійності· будівель· і· споруд· Методичні· вказівки· до· практичних· занять· для· студентів· спеціальності· "Промислове· та· цивільне· будівництво"· усіх· форм· навчання· —· Кіровоград:· КНТУ,· 2012.· —· 37· с.¶
- 36) → ·Охрана· работ· .· [Електронний· ресурс]· Режим· доступу:· <http://um.co.ua/8/8-2/8-218071.html> ¶
- 37) → ·Савченко· І.І.· Архітектура· будівель· і· споруд· //· Конспект· лекцій· —· Київ:· КНУБА,· 2011.· ¶
- 38) → ·Прагер· В.· Введение· в· механику· сплошных· сред· —· М.:· Изд-во· иностранной· литературы,· 1963.· —· 311· с.¶
- 39) → ·Сахновский· М.М.· Справочник· конструктора· строительных· стальных· конструкций· Днепропетровск:· Промінь,· 1975.· —· 237· с.¶
- 40) → ·СНиП· 12-04-2002· Безпека· праці· в· будівництві· ¶

Додатки

					КМР 117 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток 1

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що виникають на будівельному майданчику при проведенні бурових робіт.

Обслуговуючий персонал бурових установок повинен дотримуватись таких основних правил техніки безпеки робіт. При пересуванні самохідних бурових установок робітникам дозволяється знаходитися тільки в кабіні водія. Забороняється: пересувати бурову установку з піднятою або з опущеною на опори і не укріпленою хомутами щоглою, з незакріпленою ведучою трубою; перевозити на платформі установки вантажі, що не входять у її комплект; проїжджати із швидкістю більшою за 5 км/год під високовольтними електролініями, якщо між проводами і найвищою точкою установки відстань менше 2...9 м (залежить від напруги ЛЕП).

Перед підйомом щогли бурової установки необхідно перевірити її стан і усунути виявлені недоліки. Щогли піднімають і опускають тільки за допомогою справних піднімальних механізмів плавно і на малих швидкостях. При цьому забороняється знаходитись біля ротора або шпинделя бурового станка; на майданчику або в кабіні автомобіля (крім водія); лишати підняту щоглу у висячому положенні або утримувати їх вручну за допомогою підпорок; утримувати нижні кінці щогл і розтяжки щогл безпосередньо руками або важелями; знаходитися на щоглі, що піднімається або під нею.

Талеву оснастку і ремонт кронблока щогли дозволяється робити тільки при горизонтальній щоглі або з кронблочного майданчика.

При роботі бурових установок щогла повинна бути закріплена в робочому положенні, опори щогл піддомкращені, міцно закріплені її колеса, гусениці, полози. Відстань від основи бурової до брівки стрімких схилів повинна бути не менше 3 м. Забороняється працювати на буровій установці під лінією електропередачі. У охоронній зоні ЛНП роботи виконуються тільки після інструктування працюючих і видачі наряду-допуску.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

До верхових робіт при монтажі і демонтажі щогл допускаються тільки досвідчені та спеціально навчені монтажники. Усі робітники повинні працювати в захисних касках, при необхідності з утепленими підшоломниками й у спецодязі.

Бурова установка повинна бути забезпечена засобами малої механізації, механізмами, засобами і приладами, що підвищують безпеку робіт, мати під'їзні шляхи, контрольно-вимірювальні прилади повинні мати пломбу або клеймо держперевірки. Манометри вибирають із такою шкалою, коли при робочому тиску стрілка знаходилася в середній третині шкали, та встановлюються так, щоб обслуговуючий персонал чітко бачив їхні показання.

Ширина робочих проходів для обслуговування самохідних і пересувних установок повинна бути не менше 0,7 м.

Всі гвинтові з'єднання щогл повинні мати контргайки або спеціальні шайби. Бурові щогли висотою 14 м і більш треба зміцнювати розтяжками зі сталевих канатів. Кріплення розтяжок повинні бути виконані за допомогою коуша і з трьома і більше затискачами. Розтяжки встановлюють у діагональних площинах так, щоб вони не перетинали доріг, електроліній, маршових східців і перехідних майданчиків. Нижні кінці розтяжок кріплять через стяжні муфти до якорів. Забороняється кріпити дві розтяжки до одного якоря. Вишки висотою більш 14 м повинні мати кронблочний майданчик, обгороджений бильцями висотою 1,25 м із середньою рейкою і бортовою обшивкою висотою не менше 0,15м, мати прохід навколо кронблока. Основа майданчиків повинна бути виготовлена з міцного матеріалу і прикріплена до ніг вишки за допомогою хомутів і болтових з'єднань. Настили всіх майданчиків і щаблі східців до них повинні бути виконані з листової сталі з рифленою поверхнею або з дощок товщиною не менше 40 мм (суцільні).

Біля бурової установки з боку робочого (основного) виходу влаштовують приймальний міст завширшки не менше 2м з ухилом не більш 1:20 із дощок товщиною не менше 40 мм. При роботі "на винос" довжина приймального мосту повинна перевищувати довжину виносних бурильних труб (свічок) не менше ніж на 2 м. Біля приймального мосту обладнують стелажі з пристроями, що попереджають труби від розкочування при їх укладці. При розташуванні

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

приймального мосту на висоті більш 0,7 м, він виготовляється з дощок товщиною не менше 50 мм і обладнується з боку, протилежного стелажу, бильцями.

Робочі місця бурового майстра і його помічника на самохідних і пересувних бурових установках повинні мати міцний настил із дощок і укриття від несприятливих атмосферних умов.

Талеві канати повинні мати запас міцності не менше 3 відносно максимального проектного навантаження, а канати для підйому і спуску щогли та вантажів - не менше 2,5 відносно максимально можливого навантаження. Всі канати повинні мати посвідчення (сертифікати) заводу- виготовлювача. Канат кріпиться на барабані лебідки за допомогою спеціальних пристроїв. Для правильної укладки каната на барабан лебідки встановлюється відтяжний ролик або канатовкладальник. Мертвий кінець талевого канату повинен закріплюватися трьома гвинтовими затискачами і так, щоб виключалося його торкання елементів щогли. Радіус вигину канату повинен бути не менше дев'яти його діаметрів. Мертвий кінець до динамометру кріпиться через коуш. При спуско -підйомних операціях на барабані лебідки повинно залишатися не менше трьох витків канату. Всі працюючі канати перед початком зміни повинні бути оглянуті буровим майстром із занесенням результатів у буровий журнал. Талеві канати і канати для підйому вишок щодавно і після роботи на граничних навантаженнях повинні оглядатися старшим буровим майстром із занесенням результатів огляду в "Журнал перевірки стану техніки безпеки". Щогли бурових установок у районах, де можливі польоти літаків на їх висоті, повинні мати сигнальні вогні.

Буровий агрегат перевіряє на початку зміни буровий майстер, старший буровий майстер - один раз в декаду, технічний керівник і механік партії - один раз у 2 місяці. Результати перевірки буровий майстер заносить в буровий журнал, інші керівники - в "Журнал перевірки стану техніки безпеки".

Виявлені несправності усувають до початку робіт. Відстань від бурової установки до житлових і виробничих будівель, залізниць і шосейних доріг повинна задовольняти нормам протипожежної безпеки і бути не менше полуторної висоти щогли. При бурінні свердловин біля населених пунктів і на

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

території промислових підприємств допускається монтувати бурову установку на відстані від сусідніх будівель менше полуторної висоти щогли, але повинні вжитися додаткові заходи, що забезпечують безпеку робіт, заходів протипожежної безпеки і безпеки населення (установлення додаткових розтяжок, огорож, сигнального освітлення й ін.).

Під час роботи бурових станків забороняється переключати швидкості лебідки і обертача, переключати обертання з лебідки на обертач і в зворотному напрямку до їх повної зупинки. Не можна заклинювати ручки управління машин і механізмів, користуватися патронами шпинделя з виступаючими голівками затискних гвинтів, замірили ведучу трубу, що обертається. Забороняється працювати на лебідці з несправними гальмами, стояти в безпосередній близькості від труб і елеватора, що спускаються або піднімаються, спускати труби з недовернутими різьбовими з'єднаннями або робити швидкий спуск на всіх уступах і переходах у свердловині. Не можна тримати у висячому положенні талеву систему під навантаженням або за допомогою вантажу, накладеного на ручку гальма або шляхом заклинювання ручки, застосовувати елеватори, гаки, вертлюги з несправними запірними пристроями або без них, а також перевіряти або чистити різьбові з'єднання голими руками. Категорично забороняється охолоджувати тертьові поверхні гальмівних шківів водою, глинистим розчином і ін.

Всі операції по згвинчуванню і розгвинчуванню сальника, бурильних труб і інші роботи на висоті більше 1,5 м повинні проводитися зі спеціальних настилів і майданчиків або переносних сходиць, обгороджених бильцями.

При короткочасних зупинках буріння бурильні труби треба піднімати на висоту, що виключає можливість їхнього прихвату. При діаметрі бурильних труб більше 63,5 мм для їхнього переміщення від устя свердловини до свічника й назад, а також для підтягування труб за палець вишки при відстані від настилів до осі бурової вишки більш 0,7 м повинні використовуватися спеціальні гачки. Гачки, що знаходяться на настилах, повинні бути прив'язані.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Ручки трубних ключів можна подовжити шляхом щільного надівання на них безшовних патрубків. Довжина спряжень повинна бути не менше 0,2 м, а загальна довжина плеча не більш 2 м.

При бурінні свердловин роторним та колонковим способом забороняється: працювати на бурових установках із неогороженим шпинделем і барабаном лебідки; лишати свічі, незаведеними за палець настилів; переміщувати в шпинделі бурильні труби під час обертання шпинделя; піднімати бурильні, колонкові й обсадні труби з горизонтального положення у вертикальне й опускати їх при швидкості робочої гілки каната, що перевищує 1,5 м/с.

Різниця в довжині свіч бурильних труб допускається не більше 0,5м. Над рівнем настилу робочого майданчика свіча мінімальної довжини повинна виступати не менше ніж на 1,2 м, а свіча максимальної довжини - на 1,7 м. Довжина бурильних свіч визначається розрахунком виходячи з висоти щогли.

Для обмеження граничної висоти підйому елеватора і попередження затягування його в кронблок або підвісний блок на щоглі встановлюється протизатягувач або сигналізатор перепідйому.

При роботі лебідкою за допомогою ручки ручного підйому при зупинці роботи варто негайно зняти з станка ручку підйому. Перекріплювати патрони шпинделя можна тільки при виключеному обертачі і після зупинки шпинделя.

Згвинчувати і розгвинчувати буровий інструмент, витягати керн із підвішеної колонкової труби дозволяється в тому випадку, якщо труба утримується у висячому положенні гальмами, керованими буровим майстром. При цьому підвіска труби допускається тільки на вертлюг-пробці, кільцевому елеваторі або напівавтоматичному елеваторі при закритому і зафіксованому засувкою затворі і відстані від нижнього кінця труби до настилу не більш 0,2 м.

При витягуванні керна з підвішеної колонкової труби не можна підтримувати руками її знизу, перевіряти рукою положення керна в підвішеній колонковій трубі і витягати керн шляхом струшування колонкової труби лебідкою станка або нагріванням колонкових труб на відкритому вогні.

Застосування вантажопідйомних пристроїв місцевих конструкцій (елеватори, вертлюги-пробки й ін.) допускається тільки після прийняття їх приймальними комісіями міністерств (відомств) і узгодження з відповідними органами нагляду. Забороняється застосовувати елеватори з затворами, що не мають фіксуєчих затискувачів і відкриваються автоматично при розгойдуванні снаряду під час спуску його в свердловину. При використанні напівавтоматичних елеваторів необхідно тримати елеватори і наголовники в справному і чистому стані. Операції, що пов'язані з розгойдуванням і переміщенням бурового снаряда та заміною бурильних труб, виконують тільки при закритому і зафіксованому затискувачем затвору елеватора.

Свічу нагвинчують при ослабленому канаті. Елеватор піднімають нагору по свічі плавно, без ривків, на другій швидкості лебідки, але не більш 1,5 м/с на прямому канаті. У буровому снаряді варто застосовувати з'єднувальні замки і муфти, що відповідають відповідним нормам і типу застосовуваного елеватора, свічники, що мають по периметру металеві борти висотою не менше 350 мм. При підйомі елеватора нагору по свічі помічник бурового майстра повинен знаходитися від свічників на відстані не менше 1,5 м. Забороняється при випадкових зупинках бурового снаряду в свердловині поправляти, знімати і надівати елеватор і наголовник до установки снаряду на підкладну вилку або шарнірний хомут.

При бурінні свердловин станками з важелевою і диференціальною подачами не дозволяється: працювати при відсутності в станках захисних дуг від удару важелем або без застосування кремальєрних виделок, без стопорних пристроїв для відключення важеля; перебувати поблизу станка в площині руху важеля

подачі при розширенні свердловини, чищенню її від шламу і при проштовхуванні керна, що випав і розклинився у свердловині, а також під час буріння. Нарощувати важіль подачі патрубком, який закріплений на важелі стержневим гвинтом, при спуску і підйомі бурильних труб вручну, при бурінні з розгойдуванням труб, лишати важіль подачі включеним у тих випадках, коли це не потрібно за умовами роботи.

Балансирна рама ударних станків під час їхнього огляду, ремонту, перестановки пальця кривошипу повинні знаходитися в крайньому нижньому положенні, а при перебуванні вгорі їх варто вкладати на опори. Робочий майданчик біля установки повинен утримуватися в чистоті і мати зручні підходи, систематично очищатися від породи що витягається, а в зимовий час від льоду і снігу і посипатися піском. Над робочим місцем бурового майстра обладнується захисний козирок.

При заправці різців розширювача при спуску його в обсадні труби слід вжити заходів, що виключають можливість ушкодження рук різцями.

Спрямовувати буровий снаряд і желонку при спуску в свердловину, утримувати від розгойдування і відтягати їх убік слід тільки спеціальними гаками або канатом. Не можна лишати відкритим устя свердловини, коли це не вимагається за умовами роботи. Крім того, устя свердловини, що має діаметр більш 600 мм, необхідно захищати. Не дозволяється: стояти в момент згвинчування і розгвинчування бурового снаряду в радіусі обертання ключа; стояти в напрямку натягнутого каната; підтягувати обсадні труби й інші вантажі через щоглу установки на відстань більш 10 м при відсутності спеціальних направляючих роликів; згвинчувати і розгвинчувати обсадні труби без закріплення нижньої частини колони труб хомутами; використовувати для утримання колони труб шарнірні і ланцюгові ключі.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Забороняється: лишати буровий снаряд і желонку в підвішеному стані; закріплювати забивну голівку при включеному ударному механізмі; установлювати промивні відстійники і виконувати інші роботи в створі площини підйому щогли бурової установки ближче полуторної її висоти і збоку від установки ближче 5 м; вести буріння при несправному амортизаторі ролика робочого канату.

Особливу обережність необхідно виявляти при вібробурінні свердловин. Міцність з'єднання частин вібратора повинна перевірятися перед його спуском і через кожні півгодини роботи. Повний контроль усіх вузлів і з'єднань вібратора проводиться через кожні 20 годин роботи. Забороняється користуватися вібраторами, що мають у корпусах і деталях навіть незначні тріщини.

Різьбові з'єднання деталей вібратора повинні бути затягнуті контргайками і зашплінтовані. Електродвигун треба включати (виключати) через окремий рубильник. Вібратор із гаком і елеватором піднімальної системи повинен з'єднуватися пристроєм, що надійно замикається.

При виконанні спуско-підйомних операцій, а також для зміни довжини снаряду в процесі буріння забороняється з'єднувати (роз'єднувати) бурильні труби з вібратором, що знаходяться в піднятому положенні. Під час огляду і змащування, а також при переміщенні віброустановки вібратор повинен знаходитися в крайньому нижньому положенні. Не можна стояти в площині обертання ексцентриків вібратора при його роботі, спрямовувати й утримувати трубу руками при забурюванні.

Віброустановка повинна бути обладнана направляючим пристроєм. Кабель живлення електродвигуна, щоб уникнути ушкодження, не повинен стикатися з частинами, що вібрують.

Перед сумісною роботою вібратора і лебідки установки, при спуску і витягуванні обсадних труб і ліквідації аварії слід: перевірити талеву систему і

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

надійність кріплення лебідки до рами установки і рами до фундаменту; виявлені несправності усунути; оглянути вишку або щоглу, несправні елементи замінити новими, слабкі різьбові з'єднання підтягти; відвести з бурової людей, за винятком особи, що управляє лебідкою установки. Забороняється при сумісній роботі вібратора і лебідки установки одночасно робити натяжку труб домкратом.

Перед спуском або підйомом колони обсадних труб старший буровий майстер зобов'язаний особисто перевірити справність щогли, устаткування, талевої системи, інструменту, контрольно-вимірювальних приладів і стану фундаментів. Виявлені несправності повинні бути усунуті до початку спуску або підйому труб.

Буровий майстер перед обертанням прихваченої колони труб вручну ключами й іншими інструментами повинен спочатку вибрати слабіну підйомного канату, а при обертанні труб бути наготові в будь-який момент загальмувати самовільне їхнє опускання.

У процесі спуску і підйому обсадних труб не допускається вільне розгойдування секції колони обсадних труб, утримування труби безпосередньо руками або шляхом охоплення їх канатом. Не можна затягувати і виносити обсадні труби без використання трубного візка, витягати труби при сумісній роботі ударною бабою і домкратом, лебідкою.

Майданчик для укладки цементу повинен бути міцним, достатніх розмірів, із східцями для безпечного підйому і спуску робітників. До початку робіт із цементування свердловини повинна бути перевірена справність захисних клапанів і манометрів, а вся установка (насоси, трубопроводи, шланги, заливні голівки й ін.) опресована на полуторний розрахунковий максимальний тиск, який необхідний для цементування, проте не більше максимального робочого тиску, який передбачений технічним паспортом насосу. Заливна голівка повинна бути обладнана запірним вентилем і манометром.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Не можна застосовувати насос, що не забезпечує розрахунковий максимальний тиск.

Робітники, які зайняті на роботах по просіюванню цементу і готуванню цементного розчину, повинні працювати в респіраторах і захисних окулярах. Забороняється бути присутнім біля заливних агрегатів особам, що не працюють на них. Після закінчення цементування для спостереження за тиском, що виникає в трубах, повинен бути залишений черговий. Тиск у трубах, що перевищує на 10% робочий тиск, прийнятий при опресуванні, повинен бути знижений до допустимого.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата