

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
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 взаємодії буроінскційних паль
з пилюватою ґрунтовою основою

Виконав здобувач вищої освіти

6 курсу, групи БІ 20М

спеціальності 192 Будівництво та
цивільна інженерія

_____С.Ю. Лавріненко

" ____ " _____ 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 НАСТОЯЩИЙ

1 вересня 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну магістерську роботу
здобувачу вищої освіти Лавріненку Євгену Івановичу

1. Тема роботи: "Дослідження взаємодії буроінскційних паль з пилюватою ґрунтовою основою"

керівник роботи – к.т.н., Андрій ТИХИЙ,

затверджені наказом по університету від 2 серпня 2021 р. № 16-13.

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;
- фактори, що впливають на формування та геометричні параметри контрольованого розширення;
- 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

Є.Ю. Лавріненко

Керівник КМР

А.А. Тихий

АНОТАЦІЯ

Насьогодні в Україні існує велика кількість будівель і споруд, що потребують реконструкції, реставрації та модернізації відповідно до сучасних вимог, які регулюють забудову підземного простору таких будівель з метою розміщення в них об'єктів соціальної та інженерної інфраструктури. Об'єкти будівництва, зазвичай розташовані в тісних умовах центральної частини міста та в складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах, в основі яких залягають мулисто-глинисті ґрунти. Тому розробка ефективного та надійного способу зміцнення стрічкових фундаментів для реконструйованої будівлі з ущільненням ґрунту для подальшого безпечного освоєння їх підземного простору в обмежених умовах і вкрай обмежені додаткові деформації, є актуальною темою дослідження. У цій роботі ми пропонуємо новий метод для пристрою буронабивні палі за комірною технологією з закачуванням розчину в режим «ГРП» і контрольоване розширення в кінці, спрямоване для якісного та ефективного ущільнення ґрунтової основи під стрічкою основи, включаючи її в роботу перед застосуванням додаткових корисних навантажень, значне збільшення несучої здатності, а також надійна локалізація більшої частини розчину в припальовій ґрунтовій масі через розширення в кінці палі і повторне закачування гідророзриву пласта.

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, практична значимість роботи полягає у розробці нового ефективного способу посилення стрічкових фундаментів у пилувато-глинистих ґрунтах, що дозволяє об'єднати пристрій буроін'єкційних паль з контрольованим розширенням, збільшення діаметра стовбура палі, манжетну технологію ін'єкції в режимі «гідророзривів», а також відновлення конструкції фундаменту в одну технологічну операцію.

ABSTRACT

Today in Ukraine there are a large number of buildings and structures in need of reconstruction, restoration and modernization in accordance with modern requirements governing the construction of underground space of such buildings in order to accommodate social and engineering infrastructure. Construction sites are usually located in the close conditions of the central part of the city and in complex engineering-geological and hydrogeological conditions, which are based on silty-clay soils. Therefore, the development of an effective and reliable way to strengthen the strip foundations for the reconstructed building with soil compaction for further safe development of their underground space in limited conditions and extremely limited additional deformations is an important topic of research. In this paper, we propose a new method for the device bored piles by collar technology with pumping the solution into the "fracturing" mode and controlled expansion at the end, aimed at high-quality and efficient compaction of the soil base under the base tape, including it before use significant increase in bearing capacity, as well as reliable localization of most of the solution in the ancillary soil mass due to the expansion at the end of the pile and re-injection of fracturing.

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 practical significance of the work is to develop a new effective way to strengthen strip foundations in dusty clay soils, which allows to combine the device of injection piles with controlled expansion, increase the diameter of the pile barrel, cuff injection technology in the "fracturing" mode. , as well as the restoration of the foundation structure in one technological operation.

З М І С Т

ВСТУП.....	4
Розділ 1. Стан питання підсилення стрічкових фундаментів будівель і споруд.....	13
1.1 Основні причини посилення фундаментів та штучного покращення будівельних властивостей ґрунтової основи.....	13
1.2 Класифікація способів посилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи	15
1.2.1 Ін'єкційні засоби підсилення.....	16
1.2.2 Палеві способи підсилення полягають в армуванні, міжпальному ущільненні ґрунтової основи та у включенні в роботу нижніх міцніших її шарів.....	26
1.3 Основні вимоги до способів підсилення фундаментів.....	32
1.4 Обґрунтування обраного напрямку роботи.....	33
1.5 Висновки і завдання досліджень.....	32
Розділ 2. Лабораторні дослідження модельних паль з контролюємо приширення в ґрунтовій пасті.....	36
2.1. Завдання лабораторних досліджень	36
2.2. Визначення складу розчину.....	37
2.3 Моделювання процесу формування контрольованого розширення.....	43
2.3.1 Обладнання та методика проведення експериментів.....	43
2.3.2 Фактори, що впливають на формування та геометричні параметри контрольованого розширення.....	45
2.4.2 Визначення розмірів ущільненої зони.....	50
Розділ 3. Польові дослідження буроін'єкційних паль з контролюємо заширенням довжиною 6 м.....	52
3.1. Завдання польових досліджень	52

					<i>КМР 209 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лаврінченко Є.Ю.</i>			Дослідження взаємодії буроін'єкційних паль з пилуватою ґрунтовою основою	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тихий А.А.</i>					2	146
<i>Реценз.</i>						ЦНТУ гр. БІ-20 М		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дарієнко В.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Настоящий В.А.</i>						

3.2 Майданчик, прилади та обладнання.....	52
3.3 Конструкція труби-ін'єктора з гумовою мембраною-склянкою.....	58
Розділ 4. Польові дослідження буроін'єкційних паль з контролюємим розширенням довжиною 2 м.....	62
4.1 Завдання польових досліджень.....	62
4.2 Майданчик, прилади та обладнання.....	62
4.3 Вимірювання напруженого стану ґрунтового масиву ущільненої зони контролюваного розширення.....	69
4.4 Статичні випробування буроін'єкційних паль	73
Загальні висновки.....	77
Список використаних джерел.....	80
Додатки.....	85

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

В С Т У П

Актуальність теми. Насьогодні в Україні існує велика кількість будівель і споруд, що потребують реконструкції, реставрації та модернізації відповідно до сучасних вимог, які регулюють забудову підземного простору таких будівель з метою розміщення в них об'єктів соціальної та інженерної інфраструктури. Об'єкти будівництва, зазвичай розташовані в тісних умовах центральної частини міста та в складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах, в основі яких залягають мулистоглинисті ґрунти. Тому розробка ефективного та надійного способу зміцнення стрічкових фундаментів для реконструйованої будівлі з ущільненням ґрунту для подальшого безпечного освоєння їх підземного простору в обмежених умовах і вкрай обмежені додаткові деформації, є актуальною темою дослідження. У цій роботі ми пропонуємо новий метод для пристрою буронабивної палі за комірною технологією з закачуванням розчину в режим «ГРП» і контрольоване розширення в кінці, спрямоване для якісного та ефективного ущільнення ґрунтової основи під стрічкою основи, включаючи її в роботу перед застосуванням додаткових корисних навантажень, значне збільшення несучої здатності, а також надійна локалізація більшої частини розчину в припальовій ґрунтовій масі через розширення в кінці палі і повторне закачування гідророзриву пласта. Ступінь розробленості теми дослідження: у різний час розвитку способи зміцнення фундаментів і штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи присвячені науково-дослідні роботи: М.Ю. Абелева, Н.Н. Баранова, А.А. Варфоломій, Б.В.Бахолдін, В.А. Богомоллова, М.Д.Бойко, Х.Брандл, І.І. Бройда, В.Н. Бронін, А.К. Бугров, Ю.Л. Віннікова, І.А. Ганічева, Є.М.Гендель, Дж.Д.Гілман, Л.К. Гінзбург, Л.В. Гончарова, А.Л.Готман, Н.З. Готман і Б.І. Далматова, Г.О.Дегель, Х.А.

У роботах даних авторів наведено велику кількість класифікацій способів посилення залежно від конструктивних особливостей будівлі, типів фундаментів, що діють навантажень, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, а також причин, які викликають необхідність посилення. Для сучасного вирішення цієї проблеми все частіше знаходять застосування так звані "щадні технології", що

					КМР 209 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

дозволяють виконувати роботи з підвалів будівель у стиснених умовах з відсутністю механічних та ударних впливів у практично будь-яких ґрунтових умовах без порушення зовнішнього виду та конструктивних особливостей будівлі. Такими способами посилення є:

- цементация ґрунтової основи, дослідженнями якої займалися О.М. Адамович, Е.Е. Аллас, В.В. Аскалонов, Б.Є. Веденєєв, В. Вітке, Г.Б. Вайсфельд, В.І. Баранов, Н.Н. Біндеман, В.М. Безрук, Г.Б. Вайсфельд, Д.В. Волоцький, С.Г. Леман, І.А. Єгоров, Л.В. Гончарова, А. Камбефор, М.Т. Кулеєв, О.М. Мещеряков, Ф. Мальдер, О.М. Мещеряков, Н.Г. Трупак, Г. Янді, Н. Brandl, D. Bruce, C. Caron, R.H. Karol, G. Rehbinder, G. Tallard, K. Weaver, W. Wittke, та ін. також мікроцементация, дослідження якої відбито у роботах З. У. Алексєєва, О.С. Байдакова, В.І. Глебова, Н.М. Данченко, Н.В.Дмитрієва, А.І. струминна технологія закріплення (jet-grouting), розробкою та промисловим використанням якої займалися: В.М. Вулицький, D. Bottero, M. Bringiotti, G.K. Burke, C. Kutzner, A. Garassino, M.A. Koeling, C. Kutzner, M. Bustamante, C. Melegari, G. Rehbinder, T. Yahiro, H. Yoshida та ін;

- високонапірна (манжетна) технологія ін'єкції в режимі «Гідророзриви», найбільший внесок у розвиток якої внесли: М. Аббуд, В.А. Єрмолаєв, М.М. Ібрагімов, А. Камбефор, А.Л. Ланіс, Р.А. Мангушев, А.І. Нестеров, Л.В. Нуждін, М.Л. Нуждін, В.І. Осипов, В.П. Петрухін, З.Г. Тер- Мартіросян, І.І. Сахаров, О.А. Шулятьєв, Н. Brandl, G.W. Jaworski, та ін; - ін'єкційні або буроін'єкційні палі, найбільший внесок у розвиток яких внесли: Н. Н. Баранов, В.М. Безрук, С.Г. Богів, В.А. Богомоллов, П.С. Ваганов, Е.М. Гендель, І.А. Заспєвалов, А.А. Зайцев, В.Ф. Карякін, І.М. Клейнер, М.Я. Крицький, М.Т. Кулеєв, В.В. Лушніков, Р.А. Мангушев, А.Г. Мацєгора, Н.С. Мирочник, Я.Я. Мотузов, М.І. Нікітенко, А.А. Никифоров, А.І. Осокін, В.П. Петрухін, А.І. Поліщук, В.М. Збоєв, С.В. Сергєєв, В.В. Сьомкін, В.Ф. Скоркін, Т.А. Трепутнєва, В.М. Улицький, О.П. Хамов, М.Ф. Хасін, К.Ш. Шадунц, О.А. Шулятьєв, Т. J. Comer, M. Hubbert, D. Willis та ін. Кожен із цих способів має свою сферу застосування. В деяких випадках одним із недоліків є непередбачуване та не контрольоване розширення розчину в

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

пилувато-глинистому ґрунтовому масиві, і як наслідок, ймовірність виникнення нерівномірної стисливості підстави плані та інші несприятливі наслідки.

Об'єкт дослідження: ґрунтова основа, складена переважно пилувато-глинистими ґрунтами, ущільненими буроін'єкційними палями, що виготовляються за манжетною технологією з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці.

Предмет дослідження: напружено-деформований стан (НДС) та фізико-механічні характеристики навколопалевого ґрунтового масиву при формуванні та статичному навантаженні буроін'єкційних паль, що виготовляються за манжетною технологією з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці.

Мета дослідження: вивчення взаємодії буроін'єкційних паль, що виготовляються за манжетною технологією з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці з пилувато-глинистим ґрунтовою основою в умовах статичного навантаження для ефективного та технологічного посилення стрічкових фундаментів Завдання дослідження:

1. Аналіз способів посилення стрічкових фундаментів будівель та споруд, в основі яких залягають пилувато-глинисті ґрунти та розробка нового ефективного способу посилення;

2. Визначення складу розчину, що дозволяє одержувати контрольоване розширення на кінці палі та гідророзриви в навколопаловому ґрунтовому масиві прогнозованих геометричних параметрів із заданими механічними характеристиками;

3. Виявлення закономірностей утворення ущільненої зони пилувато-глинистому ґрунтовому масиві при формуванні контрольованих розширень об'ємом 10-40 л і стовбура палі з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» з визначенням їх геометричних параметрів, зміною НДС (з частковим збереженням залишкових напружень) та фізико-механічних характеристик ґрунтів; 4. Виявлення закономірностей зміни НДС за умов

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

статичного навантаження буроін'єкційних паль без розширення та з контрольованим розширенням об'ємом 10-40 л, з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину режимі «гідророзривів», з визначенням найбільш ефективного способу посилення стрічкових фундаментів;

5. Розробка алгоритму розрахунку основних параметрів для прогнозування взаємодії буроін'єкційних паль, що виготовляються по манжетній технології з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці в пилювато-глинистих ґрунтах в умовах статичного навантаження.

Наукова новизна дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено спосіб посилення стрічкових фундаментів будівель та споруд, в основі яких залягають пилювато-глинисті ґрунти, що складається з пристрою контрольованого розширення на кінці буроін'єкційної палі та формування її стовбура за манжетною технологією ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів;

2. Визначено та експериментально обґрунтовано склад розчину, що дозволяє отримувати контрольоване розширення на кінці палі та гідророзриви у навколопаловому ґрунтовому масиві прогнозованих геометричних параметрів із заданими механічними характеристиками;

3. Виявлено закономірності утворення ущільненої зони пилювато- глинистого ґрунтового масиву при формуванні контрольованих розширень об'ємом 10-40 л і стовбура палі з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину режимі «гідророзривів» з визначенням їх геометричних параметрів, зміною НДС (з частковим збереженням залишкових напружень) та фізико- механічні характеристики;

4. Виявлено закономірності зміни НДС навколопалового ґрунтового масиву в умовах статичного навантаження буроін'єкційних паль без розширення та з контрольованим розширенням об'ємом 10-40 л, з одноразовою та повторною ін'єкцією гідророзривів, з обґрунтуванням ефективності застосування контрольованого розширення з повторною ін'єкцією розчину;

5. Розроблено алгоритм розрахунку основних параметрів для

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

прогнозу взаємодії пропонованих паль з пилювато-глинистою ґрунтовою основою в умовах статичного навантаження з зіставленням із класичними аналітичними рішеннями в галузі механіки ґрунтів, теорії пружності та пластичності.

Практична значимість роботи полягає:

1. У розробці нового ефективного способу посилення стрічкових фундаментів у пилювато-глинистих ґрунтах, що дозволяє об'єднати пристрій буроін'єкційних паль з контрольованим розширенням, збільшення діаметра стовбура палі, манжетну технологію ін'єкції в режимі «гідророзривів», а також відновлення конструкції фундаменту в одну технологічну операцію;

2. У визначенні складу розчину, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви в навколопаловому ґрунтовому масиві. прогнозованих геометричних параметрів із заданими характеристиками;

3. У виготовленні буроін'єкційних паль за манжетною технологією одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці об'ємом 10-40 л у пилювато-глинистих ґрунтах, з визначенням їх геометричних параметрів та виявленням закономірностей утворення ущільненої зони зі зміною НДС (з частковою збереженням залишкових напружень) та фізико-механічних характеристик навколопалового ґрунтового масиву;

4. В отриманні результатів статичного навантаження буроін'єкційних паль без розширень та з контрольованим розширенням обсягом 10-40 л, з одноразовою та повторною ін'єкцією гідророзривів для виявлення закономірностей зміни НДС пилювато-глинистого ґрунтового масиву;

5. В обґрунтуванні ефективності використання для посилення стрічкових фундаментів пропонованих паль (з контрольованим розширенням та повторною ін'єкцією гідророзривів); Теоретична значущість роботи полягає у розробці алгоритму розрахунку основних параметрів для прогнозу взаємодії пропонованих паль пилювато-глинистих ґрунтах в умовах статичного навантаження. Результати

дослідження реалізовані:

1. У проекті посилення фундаментів об'єкта культурної спадщини регіонального значення «Третя міська лікарня», розташована за адресою: м. Житомир, вул. Даудельна 1.

2. При виконанні посилення основи фундаменту ЗОШ №22 розташованого за адресою: м. Житомир, вул. Київська, 21;

3. При виконанні комплексу робіт зі стабілізації зсувних процесів берегового схилу у м. Коростишів Житомирської області;

4. При виконанні посилення основи фундаментів з наступним освоєнням підземного простору об'єкта культурної спадщини "Будинок культури" за адресою: м. Житомир, вул. Святослава Ріхтера, 12;

Методика дослідження:

1. Порівняльний аналіз способів посилення стрічкових фундаментів пилувато-глинистих ґрунтах, на основі вітчизняного та зарубіжного досвіду вчених та інженерів-геотехніків;

2. Виконання лабораторних та польових досліджень щодо встановлення закономірностей впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей пропонованих паль на зміну НДС та фізико-механічних характеристик навіколопалового ґрунтового масиву в межах ущільненої зони;

3. Використання відомих аналітичних рішень для визначення розрахункових параметрів пропонованих паль та виконання достовірного прогнозу їх взаємодії з пилувато-глинистими ґрунтами в умовах навантаження;

4. Зіставлення результатів польових досліджень із результатами розрахунків основних параметрів пропонованих паль.

Основні положення магістерської роботи:

1. Розробка нового ефективного способу посилення стрічкових фундаментів у пилувато-глинистих ґрунтах, що складається з контрольованого розширення на кінці буроін'єкційної палі та формування її стовбура по манжетної технології з

ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів;

2. Результати лабораторних досліджень щодо визначення складу розчину, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви в навколопаловий ґрунтовий масив прогнозованих геометричних параметрів з заданими механічними характеристиками;

3. Результати польових досліджень щодо виявлення закономірностей утворення ущільненої зони навколопалового ґрунтового масиву при формуванні контрольованих розширень об'ємом 10-40 л і стовбура палі з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» з визначенням їх геометричних параметрів, зміною НДС (з частковим збереженням залишкових напружень) та фізико-механічних характеристик;

4. Результати польових досліджень щодо виявлення закономірностей зміни НДС навколопалового ґрунтового масиву в умовах статичного навантаження бурін'єкційних паль без розширення та з контрольованим розширенням об'ємом 10-40 л, з одноразовою та повторною ін'єкцією гідророзривів, з обґрунтуванням ефективності застосування контрольованого розширення з повторною ін'єкцією розчину;

5. Алгоритм розрахунку основних параметрів та прогнозу взаємодії пропонованих паль з пілувато-глинистою ґрунтовою основою в умовах статичного навантаження при порівняльному аналізі існуючих аналітичних рішень у галузі механіки ґрунтів, теорії пружності та пластичності;

Достовірність даних досліджень викладених в роботі забезпечується:

1. Використанням у роботі методів дослідження, заснованих на сучасні уявлення про механіку деформування ґрунтів;

2. Використання сучасних апробованих контрольно-вимірювальних цифрових комплексів, тарованих первинних перетворювачів та повірених приладів;

3. Виконанням серії лабораторних та польових досліджень в обсязі,

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

достатньому для достовірного аналізу одержаних результатів;

4. Зіставлення результатів польових досліджень з результатами розрахунків основних параметрів пропонується паль та класичними аналітичними рішеннями в галузі механіки ґрунтів, теорії пружності та пластичності.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи доповідалися на III науковій конференції студентів і магістрантів ЦНТУ (Кропивницький, жовтень 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:

Лавріненко Є.Ю. Дослідження взаємодії буроін'єкційних паль з пилюватою ґрунтовою основою / Є.Ю. Лавріненко, В.І. Ракович // Наука–виробництву – 2021. Збірник тез доповідей III наукової конференції студентів і магістрантів.– Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – С. 139-141. (електронне видання).

Структура роботи. Робота складається з 22 слайдів мультимедійної презентації, альбому документів на 85 сторінках, у тому числі 26 таблиць, 52 рисунків, списку з 40 використаних джерел, додатків на 38 сторінках. Текст пояснювальної записки містить вступ, 5 розділів, висновки і рекомендації за результатами роботи.

Особистий внесок магістранта полягає в:

1) розробці нового способу посилення стрічкових фундаментів у пилювато-глинистих ґрунтах, що складається з контрольованого розширення на кінці буроін'єкційної палі та формування її стовбура за манжетною технологією ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів;

2) у проведенні лабораторних досліджень та визначенні складу розчину, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви в навіколопаловий ґрунтовий масив прогнозованих геометричних параметрів з заданими

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

механічними характеристиками;

3) у проведенні польових досліджень та отриманні результатів формування буроін'єкційних паль з контрольованим розширенням обсягом 10-40 л з виявленням закономірностей утворення ущільненої зони пілуватого-глинистого ґрунтового масиву, визначенням геометричних параметрів розширень, зміною НДС (з частковим збереженням залишкового напруження) та фізико-механічних характеристик;

4) у проведенні польових досліджень та отриманні результатів формування стовбура буроін'єкційних паль за манжетною технологією одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» пілуватого-глинистих ґрунтах з виявленням закономірностей утворення ущільненої зони навколопалового ґрунтового масиву, геометричних параметрів та радіусу поширення гідророзривів, а також зміни фізико-механічні характеристики;

5) у проведенні статичних випробувань буроін'єкційних паль виявленням закономірностей зміни НДС пілуватого-глинистого ґрунтового масиву та обґрунтуванням ефективності застосування контрольованого розширення з повторною ін'єкцією гідророзривів;

6) у розробці алгоритму розрахунку основних параметрів для прогнозу взаємодії пропонованих паль з пілуватого-глинистою ґрунтовою основою в умовах статичного навантаження.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 1

Стан питання підсилення стрічкових фундаментів будівель і споруд

1.1 Основні причини посилення фундаментів та штучного покращення будівельних властивостей ґрунтової основи

У відповідність до відомих класифікацій та досліджень М.Ю.

Абелева [3], Б.І. Далматова [10,11], П.А. Коновалова [26], В.М. Вулицького, А.Г. Шашкіна [15], основними причинами посилення фундаментів будівель та споруд, а також штучного покращення будівельних властивостей ґрунтової основи є:

1. Розвиток зовнішньої інфраструктури міст, пов'язаний із новим, найчастіше висотним будівництвом у обмежених умовах центральної частини міської (історичної) забудови, підземним будівництвом переходів, станцій метро, паркінгів, прокладання інженерних комунікацій тощо. - призводить до зовнішніх силових динамічних впливів (забивання паль, вібрація механізмів та технологічного обладнання, рух великоваговий будівельної техніки) та суттєвої зміни (підвищення або зниження) рівня підземних вод. Як наслідок спричиняє деформації ґрунтової основи, нерівномірне осадження фундаментів, що стоять поруч будівель та можливе руйнування їх конструкцій [19, 29];

2. Реконструкція будівель та споруд, пов'язана зі збільшенням навантаження на фундаменти, освоєнням підземного простору будівель, надбудови додаткових поверхів, технологічним переобладнанням, капітальним ремонтом будівель із заміною міжповерхових перекриттів та покриттів, елементів даху та інших будівельних конструкцій будівлі. Виконання цих видів робіт може збільшувати діючу навантаження на фундаменти до 30- 50%, що також призводить до збільшення тиску подошви фундаментів, нерівномірним опадом та проблемам забезпечення несучої здатності ґрунтової основи [29-31];

Руйнування матеріалу фундаментів, пов'язане з помилками при проектуванні та будівництві об'єктів, у тому числі з неякісно виконаною або повністю відсутньою гідроізоляцією при дії атмосферних і ґрунтових вод, руйнуванням вимощення будівлі, сезонними явищами, під час яких відбувається циклічне

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

замерзання та відтавання води у конструкціях фундаменту (морозна деструкція) [3,14].

4. Неякісно виконані інженерно-геологічні дослідження, пов'язані з недостатньою кількістю виконаних свердловин та об'ємом відібраних монолітів ґрунту, порушенням вимог добору, транспортування, зберігання та випробування зразків, а також використанням геологічних даних сусідніх майданчиків. Все це призводить до спотвореної інформації про літологічній будові майданчика, властивостях ґрунтів, гідрогеологічної ситуації, наявності карстоутворень, підземних виробок, включень (лінз) слабого ґрунту. В результаті будівлі зазнають значних деформацій (у переважно нерівномірні), що призводить до появи дефектів у надземних будівельних конструкціях та аварійних наслідків [11,14];

5. Порушення технології виконання земляних робіт, пов'язане з проморожуванням та замочуванням котлованів, що призводить до розструктурування ґрунтів щодо їх природного складання, відсутністю належного контролю якості, грубих порушень будівельних норм та відхиленням від проектних рішень [3,21];

6. Порушення експлуатації будинків, пов'язані з навантаженнями будівельних конструкцій, порушеннями температурно-вологісного режиму будівель, аварійними витокami води з інженерних комунікацій, які призводять до додаткового зволоження ґрунтів, суттєвого погіршення фізико-механічних характеристик ґрунтової основи, втрати стійкості фундаментів та їх нерівномірних опадів [3,14];

7. Природні впливи, пов'язані з механічною та хімічною суффозією, карстовими утвореннями, відтаванням вічномерзлих ґрунтів, зволоженням просадних і набухають ґрунтів і т.д. При цьому виникає небезпека втрати несучої здатності та ослаблення основи [3,8,12]. Таким чином, в умовах реконструкції вибір способу посилення повинен визначатися відповідно до:

- результатами обстеження технічного стану будівлі та оцінкою запасів і резервів несучої здатності ґрунтової основи з аналізом його фізико-механічні характеристики;

- визначення фактичних розмірів конструкцій фундаментів, їх станом та діючих на них навантажень;
- вивченням геологічної та гідрогеологічної обстановки навколишньої території.

1.2 Класифікація способів посилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи

У різний час розвитку способів посилення фундаментів та штучному поліпшенню будівельних властивостей ґрунтової основи присвячено науково-дослідні роботи: М.Ю. Абелева, Н.М. Баранова, А.А. Бартоломія, Б.В. Бахолдіна, В.А. Богомолова, М.Д. Бойко, Х. Брандль, І.І. Бройда, В.М. Броніна, А.К. Бугрова, Ю.Л. Винникова, У роботах даних авторів, а також рекомендаціях [31] - наведено велику кількість класифікацій способів посилення залежно від конструктивних особливостей будівлі, типів фундаментів, що діють навантажень, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, причин, викликають необхідність посилення, а також можливостей та технічної оснащеності організацій, які здійснюватимуть цей вид робіт. Таким чином, існуючі в даний час способи посилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтового підстави можна умовно поділити на такі групи:

1. Традиційні способи посилення фундаментів, пов'язані з зміцненням конструкції фундаменту та створення навколо нього обойми. Наприклад: розширення підошви фундаменту, пристрій обойм (металевих, залізобетонних), створення двосторонніх або односторонніх (при позацентровій навантаженні) банкет, влаштування сорочок та нарощування, встановлення попередньо напружених розпірок та шпренгельних систем, підведення та посилення фундаментів шляхом влаштування зв'язків (тяжів, стійок і т.д.), метод Страбахіна та ін [3,15]. Ці способи, як показує практика, в складних інженерно-геологічних умовах, дорогі (особливо при високому рівні підземних вод), трудомісткі (виконуються переважно вручну), без попереднього опресування (або ущільнення) – малоефективні, і, як правило, застосовуються в комплексі з іншими

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

нижче описаними способами [28,33];

2. Способи, пов'язані зі збільшенням міцності та зменшенням деформованості ґрунтів основи: ущільнення, кольматація (глинізація), бітумізація, вапнування, ін'єкційні способи закріплення: силікатизація, смолізація, електрохімічне закріплення, залужування, цементация, мікроцементация, ін'єкція ущільнювача в режимі просочення, високонапірна та манжетна технології ін'єкції розчину в режимі «гідророзривів», струминна технологія закріплення ґрунтів (jet-grouting) тощо [1,6];

3. Способи, пов'язані із зміною умов передачі тиску на ґрунт: перебудова фундаментів (стрічкові в плитні, стовпчасті в стрічкові, підведення плитного фундаменту з попереднім опресуванням ґрунтової основи), а також пальові способи посилення (пересадка на палі): набивні та вдавлювані палі (технології pretest, mega, bburststorm), буронабивні палі (ЕРГТ, РІТ), ін'єкційні палі, буроін'єкційні палі (мікросваї "gewi", "titan inchebeck", "TK-ASF", "MAI"), а також палі з різними видами розширення на кінці [15,16,].

1.2.1 Ін'єкційні засоби підсилення

В даний час у світовій та вітчизняній практиці існує безліч ін'єкційних способів підсилення для дорожнього, гірничодобувного, цивільного, гідротехнічного та інших галузей будівництва [17].

Ін'єкційна технологія запатентована у 1794р. французьким інженером S. Berigny. Є різновидом глибинного закріплення ґрунтів ін'єкцією. закріплювальних розчинів через попередньо пробурені свердловини або ін'єктори під тиском у порожнечі, тріщини або розриви. У 1802р. технологія була вперше успішно випробувана як спосіб заповнення тріщин у ґрунтовому масиві з метою зниження їх водопроникності розчином із пластичної глини за допомогою "поштовхового насоса" [9,11]. Потім для запобігання ерозії тіла фундаментів з використанням розчинів з добавками пуццолана та гідравлічного вапна. У 1838р. – для заповнення тріщин у кам'яній кладці Дамби Grosbois у Франції розчином з добавкою в'язучого розчину. У Великобританії 1856г. проводилися експерименти

з ін'єкції гравію, результатами яких вперше було проведено підводне бетонування при будівництві кількох дамб і судноплавних шлюзів на Нілі. У 1864р. при будівництві захисних екранів тунелів у Лондоні та Парижі, розташованих нижче рівня ґрунтових вод, здійснювалася ін'єкція цементного розчину при допомога стиснутого повітря з конічних камер тиску. У 1910р. був винайден гідравлічний мембранний насос, використання якого наприкінці ХІХ ст. призвело до подальшого розвитку даної технології для кріплення стін шахт, захисту від фільтрації ґрунтових вод, закріплення скельних порід [33]. У початку ХХ століття ін'єкція ґрунтів знаходить широке застосування гідротехнічному та дорожньому будівництві: ін'єкція скельної основи Дамби Хувер на річці Колорадо США з 1932 по 1936 [22,25].

У Україні лише у 60-х роках ХІХ століття у пресі з'являються перші відомості про виконання робіт, спрямованих на покращення властивостей ґрунтів [29]. Розвиток теоретичних основ ін'єкційного закріплення почалося 1925г. М.М. Філатова, В.В. Охотіним, пізніше В.М. Безруком, С.С. Морозовим, Б.А. Ржаніцин, В.Є. Соколовичем та ін. [37].

За функціональним призначенням ін'єкційні методи поділяються на:

- протифільтраційні – для загородження напірної фільтрації підземних вод через закріплений ґрунт [19];
- компенсаційні – для стабілізації осадів будівель та споруд, що знаходяться в зоні впливу геотехнічних робіт, що проводяться поруч (прохідка тунелів, улаштування котлованів, будівництво нових підземних споруд і.т.д.) шляхом створення "геотехнічних бар'єрів" [19,22];
- укріплювальні – для підсилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи (закріплення та ущільнення) в умовах реконструкції [18].

У свою чергу, зміцнювальна ін'єкція класифікується:

- за хімічним складом закріплювальних розчинів: цементация, мікроцементация, смолізация, силікатизация (одно-, дворозчинна, газова), залужування електрохімічне закріплення (електросилікатизация, електролітична

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

обробка) та ін [27];

- по тиску ін'єкції розчину: ін'єкція в режимі просочення, напірна (високонапірна) ін'єкція, манжетна (горизонтальна) технологія ін'єкції, ін'єкція з улаштуванням геотехногенних систем «геокомпозит», «Геомасив», струминна технологія (jet-grouting) та ін [2,21];

Смолізація: полягає в ін'єкції в ґрунтовий масив розчинів синтетичних смол, що мають велику проникаючу здатність: акрилової, вінілової, карбамідної, епоксидної, поліефірної фенольної, і т.п. [27], полі сульфідних полімерів [17,19] або емульсії Montan Wax [32], в результаті чого даний спосіб застосовується для різних ґрунтів: піщані та лесові ґрунти з коефіцієнтом фільтрації 0,5-50 м/добу. з будь-яким ступенем вологості. Слід зазначити швидкий набір високої міцності протягом 10-12 діб після ін'єкції [7,15]. Одним із головних недоліків є канцерогенність та висока токсичність більшості смол [19].

Великий внесок у розвиток способу смолізації зробили: Б.А. Ржаніцин, В.Є. Соколов, В.В. Аскалонов, О.М. Адамович, Л.М. Баранова.

Однорозчинний спосіб силікатизації полягає у використанні розчину, що складається з силікату натрію та однієї з кислот (фосфорної, сірчаної, кремнефтористої) або коагулятора ($Al_2(SO_4)_3$). Спосіб був запропонований і розроблено В.В. Аскалоновим [7,13]. Область застосування способу обмежується піщаними ґрунтами з коефіцієнтом фільтрації 0,1-5 м/добу. Міцність закріпленого ґрунту не перевищує 0,5 МПа [33].

Дворозчинний спосіб силікатизації (рисунки 1.1) заснований на застосуванні рідкого скла та хлористого кальцію ($CaCl_2$). Вперше був запропонований Англії 1925г. для закріплення пухких пісків. В Росії був розроблений самостійно 1930-1932гг. колективом фахівців під керівництвом проф. Б. А. Ржаніцина. [15,18]. Галузь застосування обмежується піщаними ґрунтами незалежно від водонасичення, з коефіцієнтом фільтрації від 2 до 80 м/добу. Міцність закріпленого ґрунту може досягати 3,5 МПа [21].

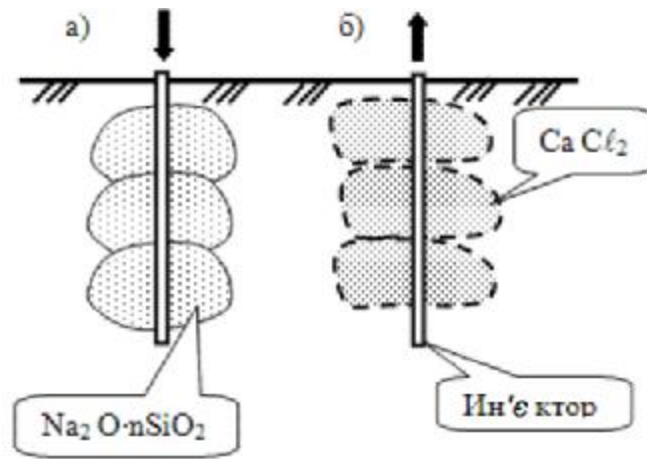


Рисунок 1.1 – Схема дворозчинної силікатизації основ

а – нагнітання рідкого скла при зануренні ін'єктора;

б – нагнітання хлористого кальцію під час вилучення ін'єктора

Газова силікатизація полягає в ін'єкції в ґрунт розчину силікату натрію з подальшою його обробкою затверджувачем - вуглекислим газом (CO_2), внаслідок чого вільна частина розчину силікату натрію, що не вступила в реакцію з ґрунтом, віджимається в периферійні ділянки, хімічно зв'язується і додатково ущільнює ґрунтовий масив. У Росії перші дослід з закріплення пісків газовою силікатизацією було проведено 1967г. Л.А. Євдокимової, потім 1969г. В.Є. Соколовим, М.М. Ібрагімовим, В.А. Губкіним [12]. Область застосування обмежується піщаними ґрунтами незалежно від водонасичення з коефіцієнтом фільтрації від 0,1 до 20 м/добу.

Головним недоліком застосування силікатизації є висока вартість силікату натрію (порівняно з цементом) та швидкий перехід пластичного розчину в гель, який не дає можливості закріпити ґрунт на значній глибині [21].

Електрохімічне закріплення: спосіб заснований на використанні явища електроосмосу відкритого професором Ф.Ф. Рейсом 1807 р. Полягає у пропусканні в ґрунтовому масиві постійного електричного струму, під впливом якого частина зв'язаної води переходить у вільну, що переміщається по порах від ін'єктора-анода до ін'єктора-катода (рисунок 1.2). В результаті коефіцієнт (електроосмотичної) фільтрації ґрунту збільшується і призводить до осушення та ущільнення (електрозміцнення) або сприяє легшому проникненню

закріплювальних розчинів (Елетросилікатизація, електролітична обробка) [6,8].

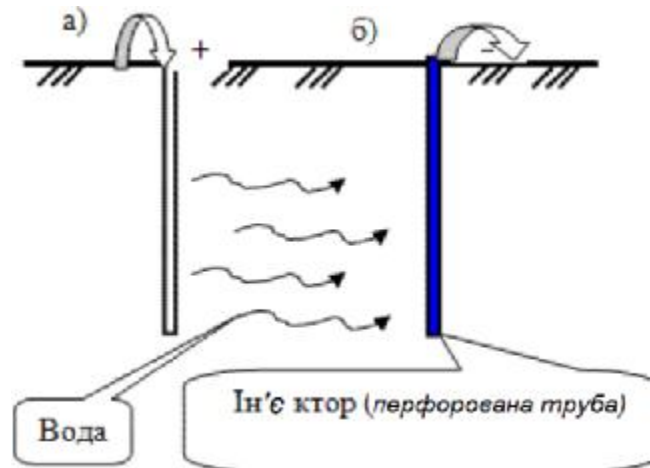


Рисунок 1.2 – Схема електрохімічного закріплення зв'язкової ґрунтової основи:

а – ін'єктор-анод для закачування хлористого натрію,

б – ін'єктор-катод для відкачування вільної води.

Спосіб застосовується для закріплення малопроникних ґрунтів зі ступенем вологості близької до 1,0 та коефіцієнтом фільтрації від 0,1 до 0,005 м/добу. [29]. Перевагою способу є збільшення коефіцієнта фільтрації: суглинків до 20 разів, глин до 100 разів [29]. Головними недоліками способу є: оборотність даного процесу закріплення [10,18], великі енергетичні витрати (для закріплення хорошої якості на кожен кубометр ґрунту необхідно витратити від 30 до 6 кВт год електроенергії при цілодобовій електрообробки не менше 10 – 15 діб. [21]), дороге додаткове обладнання (джерела струму, насоси для відкачки катодної води, електроди), і навіть дотримання спеціальних правил техніки безпеки [39]. Дослідженню цього способу підсилення присвячені роботи: А.А. Акімов, Г.І. Баннік, В.С. Бірков, П.В. Вершинін, Д. Грей, М.М. Гольдштейн, Б.П. Горбунов, Н.В. Дмитрієв, Г.М. Жінкін, Л. Казагранде, В.Ф. Калганов, М.Т. Кулєєв, Л.І. Курденков, Б.А. Ржаніцин, Б.Ф. Товстоп'ятов, В.Є. Соколович, Д.І. Сонцов, Р.А. Цибертович, К. Ендель, Н. Brandl, F. Dvořak, F. Lizzi, E. Valeri та ін. [31,38].

Цементация: полягає в ін'єкції в ґрунт різних цементних розчинів під тиском до 0,6 МПа Спосіб застосовується для заповнення тріщин і порожнин (карстових та інших.), тріщинуватих скельних і полускальних порід розміром тріщин не

менше 0,1 мм, а також великоуламкових, гравистих і крупнозернистих піщаних ґрунтів із коефіцієнтів фільтрації 80-200 м/сут. [26,29]. Перевагою цементації є широке поширення та доступність застосовуваного екологічного в'язучого цементу. Одним із яскравих прикладів використання є роботи зі стабілізації скосу залізничного насипу висотою 12 м у м. Казані, складеного з пилюватих супісків та суглинків. Недоліком при малому тиску ін'єкції (0,2-0,6 МПа) - є її застосовність тільки до високопроникних ґрунтів, дуже рідко що залягає в основі будівель, що реконструюються [34].

Мікроцементація: область застосування цементації може бути розширена до закріплення глинистих ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації від 10 до 1 м/добу. [40] шляхом додаткового диспергування (подрібнення) цементу та отримання особливо тонкодисперсних в'язучих (ОТДВ) з розміром гранул 0,1-25 мікрон: "мікродур", "мікролег", "реоцем", "інжектоцем", "мапориг" та ін [5,9].

Ін'єкція в режимі просочення: полягає в ін'єкції розчинів різного складу при тиску до 0,2 МПа. При такому тиску природна структура ґрунту не порушується, а розчином заповнюються тріщини, порожнечі, просочується поровий простір [12,19]. В області закріплення знижується водопроникність та стисливість ґрунту, що пов'язано зі зміною складу та характер структурних зв'язків [10,17]. Як обладнання в основному застосовуються ін'єктори, що є металевими. перфоровані труби з отворами діаметром 2-3 мм занурювані в попередньо пробурені свердловини або вдавнення [11,12]. Область застосування цього режиму ін'єкції обмежується закріпленням сипучих ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації до 80 м/добу. Розвитком методу та її використанням займалися: Г.І. Баннік, В.А. Богомолів, М.М. Ібрагімов, А. Камбефор.

Струменева технологія закріплення (jet-grouting): заснована на використанні енергії високонапірного струменя розчину під тиском 40- 100 МПа для руйнування ґрунту та одночасного його перемішування з розчином [26] Тиск створюється за допомогою монітора, обладнаного одним або двома соплами, через які в ґрунт у напрямку перпендикулярній осі свердловини подається розчин. Одночасно з подачею розчину відбувається обертання монітора та його

переміщення по свердловині. У результаті дрібні частини ґрунту розмиваються і виносяться з розчином на поверхню (утворюється пульпа) а більші залишаються і виступають у якості заповнювача.

Існує три різновиди струминного закріплення, що визначаються:

- двокомпонентний (Jet_2) – струмінь цементного розчину подається в ґрунт в обіймі з повітря, радіус зони закріплення до 2,5 м, міцність нижче, ніж у порівнянні з однокомпонентною (Jet_1); одночасне використання різних компонентів [17];

- однокомпонентний (Jet_1) – застосовується струмінь цементного розчину під тиском 40-60 МПа, радіус зони закріплення в глинистих ґрунтах не перевищує 0,3-0,4 м, міцність піщаного ґрунту, що закріплюється, до 10 МПа, глинистого 1-2 МПа;

- трикомпонентний (Jet_3) – струмінь води в повітряній обіймі використовується для розмиву ґрунту, а цементний розчин, що закріплює, подається під суттєво меншим тиском у розмиту порожнину, радіус зони закріплення перевищує 3 м, міцність нижче, ніж у порівнянні з двокомпонентною (Jet_2) и однокомпонентною (Jet_1).

Спосіб був розроблений та запатентований в Японії. Потім отримав широке поширення для пристрою сильно навантажених глибоких фундаментів стін і колон, створення суцільних масивів та ущільнюючих екранів завдяки широкому діапазону ґрунтів, що закріплюються – від гравійних відкладень до дрібнодисперсних глин [19]. Недоліки застосування способу в умовах реконструкції полягають у:

- небезпеки виникнення великих локальних деформацій фундаментів у процесі тимчасового розмиву ґрунтової основи під ним до набору міцності розчину, які можуть призвести до критичних деформацій вище розташованих несучих конструкцій (табл.14.1 МГСН 2.07-01);

- складності виконання армування, що потребує використання профільної арматури у вигляді прямокутних або круглих труб занурюваних втисканням;

- високої вартості та матеріаломісткості через необхідні великі обсягів

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

закріплення ґрунту та технологічних втрат розчину, що виноситься з частиною ґрунту, що розмивається;

- забезпечення особливих умов техніки безпеки під час роботи з високим тиском.

Напірна (високонапірна) ін'єкція: є свого роду «золотою серединою» між двома описаними вище способами: ін'єкцією в режимі просочення та струменевого закріплення. Також полягає в ін'єкції розчинів, але вже при тиску від 0,6 до 10,0 МПа, при якому у слабопроникних пилувато-глинистих ґрунтах утворюються гідравлічні розриви (тріщини) ґрунту - гідророзриви [14]. Ін'єкція розчину здійснюється за допомогою розчинонасоса по високонапірних шлангах через ін'єктор, що вдавлюється в ґрунт або встановлюється в пробурену свердловину. Гідророзрив представляє собою тріщину в ґрунтовому масиві, через яку відбувається поширення розчину в різному напрямку: вертикально, горизонтально або похило [17, 22]. За дослідженнями М. Hubbert, D. Willis, проведеним у нафтових свердловинах наприкінці 60-х років [16], а також по численним лабораторним дослідженням професора А. Камбефора [14] на дослідах із желатинових блоків з ін'єкцією гіпсового молока було встановлено, що гідророзриви не піддаються регулюванню і утворюються перпендикулярно найменшому ґрунтовому масиві головного напруження (рисунок 1.3) [2,4]. В процесі утворення гідророзривів відбувається армування ґрунтового масиву жорсткими елементами із затверділого розчину [2,14] та його обтиснення (ущільнення) між ними в процесі консолідації [2,6].

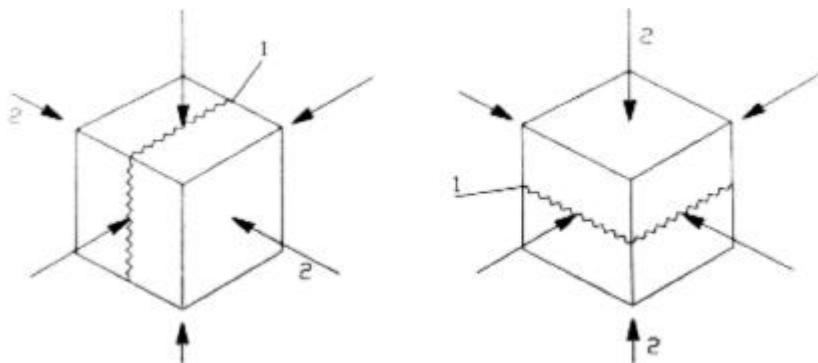


Рисунок. 1.3 Напрямок гідророзривів у ґрунті:

1 – площина розриву; 2 – найменше головне напруження

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Спосіб застосовується для закріплення різних видів ґрунтів, дозволяє використовувати для ін'єкції широкий спектр розчинів, а також виконувати роботи по посиленню в несприятливих ґрунтових та обмежених умовах. В той же час слід відзначити і суттєві недоліки [21,35]:

- неконтрольований та майже непередбачуваний характер утворення гідророзривів може призвести до прориву розчину на поверхню, в підземні комунікації, тунелі тощо;

- значна відмінність геометричних параметрів, що утворюються гідророзривів в однакових інженерно-геологічних умовах та як наслідок ймовірність виникнення нерівномірної стисливості основи у плані;

- відсутність прямих методів контролю якості виконаних робіт та висока вартість непрямих: на момент ін'єкції – встановлення гідродатчиків [2,13], глибинних мессдоз [11,36], буріння свердловин з установкою інклінометрів [15,19]; після ін'єкції – статичне зондування ґрунтового основи [23,38], проходка шурфів у характерних місцях, а також використання геофізичних та сейсмічних методів [40].

Манжетна (горизонтальна) технологія ін'єкції: полягає в ін'єкції розчину через встановлену перфоровану свердловину металеву трубу («ін'єктор-тампон», «манжетна колона», «труба-ін'єктор»), отвори якої із зовнішнього боку закриваються гумовими манжетами, що виступають у ролі зворотного клапана, що виключають зворотне попадання розчину в трубу під час ін'єкції [22,24]. Простір між трубою та стінками свердловини заповнюється цементною або глиноцементною суспензією, що утворює обойму, що надійно зв'язує трубу з ґрунтовим масивом. Ін'єкція розчину проводиться з використанням подвійного тампону (пакера) встановленого всередині ін'єктора, шляхом розриву обойми (після набору) міцності, що не перевищує тиск розриву) на заданому рівні свердловини [12,24,39]. Тампон (пакер) дозволяє проводити локальну ін'єкцію отворів перфорації і виконувати багаторазове закріплення глинистих ґрунтів з можливістю регулювання тиску закачування розчину за будь-яким горизонтом [21, 26, 34]. Головною перевагою даної технології є організація

в ґрунтовому масиві серії горизонтальних гідророзривів по висоті, і як наслідок, більш рівномірному та якісно закріпленню ґрунтової основи (Рисунок 1.4) [2,33]

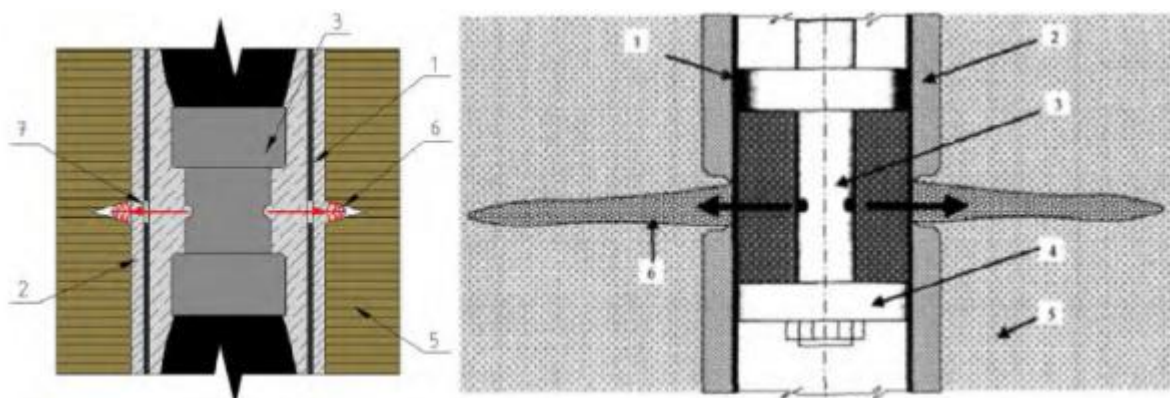


Рисунок 1.4 – Утворення у ґрунтовому масиві гідророзривів

1 – манжетна труба (труба ін'єктор); 2 – обійма; 3 – пакер; 4 – кільце тампонів;
5 – ґрунт; 6 – формування гідророзриву; 7 – отвори перфорації.

Ця технологія вперше була застосована в середині 50-х років ХХ ст. французькою фірмою «Soletanche» у виконанні робіт з ін'єкції на глибину 100 м в слою алювіальних ґрунтів в основі дамби Сене-Понсон на річці Дюрансе [17,24]. Одним із найбільших вітчизняних об'єктів була завеса Асуанської греблі, де з 1965 по 1970 р. було виконано близько 3900 свердловин до глибини 170м [30].

Технологія ін'єкції «геокомпозит», «геомасив»: полягає в пристрої геотехногенних систем у вигляді утворених у ґрунтовому масиві лінз (прошарок) з «контрольованих» гідророзривів відповідно до розрахункової композиційною схемою. Для отримання «контрольованого» гідророзриву ін'єкція здійснюється одноразово через суміжні ін'єктори, в результаті якій найбільш ймовірним напрямком гідророзриву буде лінія, сполучна центри ін'єкторів [12-14]. Головний недолік даного способу полягає у великій витраті розчину для закріплення.

Теоретичні та практичні дослідження даного способу підсилення представлені у роботах: А.І. Нестерова, Б.А. Сніжкіна, В.І. Осипова, В.П. Петрухіна, В.П. Писаненко, З.Г. Тер-Мартіросяна, О.А. Шулятьєва, С.Д.Філімонова та ін [36].

1.2.2 Палеві способи підсилення полягають в армуванні, міжпальному ущільненні ґрунтової основи та у включенні в роботу нижніх міцніших її шарів. Також слід зазначити, що забиття паль при посиленні фундаментів не застосовується, оскільки динамічні впливи, що виникають при цьому, можуть призвести до додатковим опадом будівлі, що реконструюється [28,31].

Набивні палі: влаштовуються в безпосередній близькості від підсилюваного фундаменту та зв'язуються з ним за допомогою балок та залізобетонних обойм. У стиснених умовах або в підвалах будівель застосовуються короткі набивні палі довжиною до 4 м та діаметром до 200 мм [21].

Головним недоліком в умовах реконструкції є складна технологія зв'язку оголовків набивних паль з тілом фундаменту, що підсилюється, особливо при високому рівні ґрунтових вод [13,18].

Розробкою конструкції та технології влаштування набивних паль належать роботи наступних авторів: В.Б. Швець, Г.І. Швецов, Brandl H., Hollstegge W.,[13].

Палі, що вдавлюються: влаштовуються шляхом вдавлювання в ґрунтовий масив гідравлічними домкратами паль різного перерізу: круглого, квадратного, шестигранного і т.д. У європейських країнах у 30-70-ті роки ХХ століття були поширені технології «mega», «pretest» бельгійської компанії «Franki» та металеві палі Х-подібного поперечного перерізу, розроблені шведською фірмою «Bjurstorm» [17,26].

Головною перевагою порівняно з набивними палями є повне відсутність динамічних та вібраційних впливів, і як наслідок, виключення появи в конструкціях будівлі, що реконструюється нерівномірних осад, тріщин, руйнувань тощо. Із серйозних недоліків слід відзначити низьку продуктивність існуючих вдавлюючих установок, великий обсяг земляних робіт, а також можливе розструктурування слабого глинистого ґрунту [5].

Буронабивні палі, що виготовляються по електророзрядній геотехнічній та розрядно імпульсній технологіям (ЕРГТ та РІТ) ґрунтуються на використанні енергії електричних розрядів. У свердловинах, заповнених дрібнозернистим бетоном, під динамічним впливом електричних-розрядів відбувається розширення

свердловини з наступною цементацією навколишнього ґрунтового масиву та його ущільнення. Застосовується в основному для підсилення існуючих фундаментів, основою яких служать глинисті ґрунти. Головні недоліки пов'язані з високою вартістю обладнання, великими енерговитратами (споживана потужність - 7,5 кВт год), а також великогазовим обладнанням - 1,3-1,7т. Буроін'єкційні та ін'єкційні палі (мікросваї): відповідно до СП [14] і DIN [18] до даного типу паль відносяться палі (бурові, мікропалі) з діаметром 80-200 мм, що влаштовуються в попередньо пробурених свердловинах з вилученням ґрунту (буроін'єкційні) або за допомогою вдавлюваних ін'єкторів з витісненням ґрунту (ін'єкційні), що мають різну форму (Рисунок 1.5).

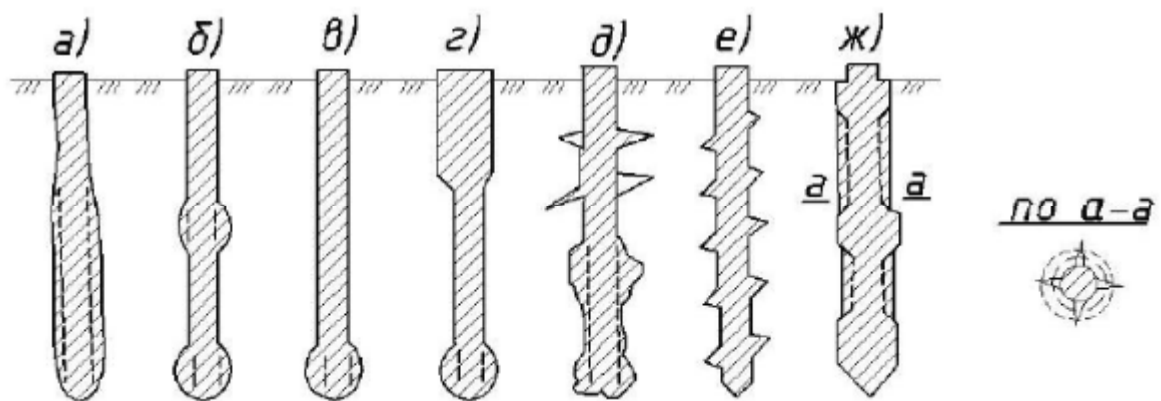


Рисунок 1.5 – Форми стовбурів буроін'єкційних паль:

а – циліндрична, б – з локальними розширеннями, в, г – циліндрична та телескопічна з ін'єкційною п'ятою, д - з різними розширеннями; е – гвинтоподібна; ж - з поздовжніми лопатями та розширеннями.

Технологія пристрою даних паль полягає в попередньому ослабленні стінок свердловини, з подальшим їх бічним ущільненням (розширенням циліндричної порожнини) шляхом ін'єкції під тиском від 0,2 до 0,6 МПа рухомий бетонної суміші і витримкою (збереженням) цього тиску протягом певного інтервалу часу. Ці палі вперше були застосовані у 1952р. італійською фірмою «Fondedile» для підсилення фундаментів в П'яццо Тагано, потім у 1962р. при посиленні фонду в м.Едінбурзі.

Найбільш популярні закордонні аналоги: буроін'єкційні палі самонарізаними штангами з постійним різьбленням або з трубчастими

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

гвинтовими штангами: "gewi", "titan inchebeck", "TK-ASF", "MAI" та ін.

Безумовне лідерство серед пальових способів підсилення основ фундаментів завдяки цілій низці переваг:

- для пристрою використовується компактне мобільне обладнання, що дозволяє виконувати роботи з підсилення фундаментів у будь-якій точці підвалу будівлі, а також бурити свердловини через цегляну кладку, бетон та залізобетон діаметром до 300 мм під будь-яким кутом та глибиною до 50 м [27];

- пристрій паль проходить без суттєвих динамічних та вібраційних впливів [10].

- в більшості випадків як арматурний каркас застосовується труба-ін'єктор, через який проводиться ін'єкція розчину в ґрунтовий масив [12,18];

- для ін'єкції можна використовувати розчини різного типу та складу залежно від умов будівництва та характеру роботи паль у конструкції [12,17].

Серед основних недоліків:

- низька несуча здатність через малий діаметр палі, що забезпечується в основному за рахунок тертя з бокової поверхні [16];
- у нестійких обводнених ґрунтах буріння ведуть із промиванням свердловини глинистим розчином чи під захистом обсадних труб [8,14];
- складність надійного закріплення голови палі у разі старого фундаменту, який у подальшому працює як ростверк та ін [17,19];
- відсутність армування та ущільнення ґрунтового масиву
- гідророзривами [9,13].

Великий внесок у розробку та промислове використання даного способу підсилення внесли: Н.М. Баранов, В.А. Богомолів, Г.О. Дегіль, Х.А. Джантимириєв.

Необхідно також відзначити, що конструкції багатьох буроін'єкційних паль мають розширення у своїй нижній частині, яке ущільнює ґрунт і значно збільшує його несучу здатність за рахунок збільшення обсягу ґрунтового масиву включеного в роботу [2,18].

Палі з розширеннями: поєднує велику кількість різних конструкцій паль та

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

способів їх виготовлення, які за сукупністю ознак можна поділити на дві основні групи (рисунок 1.6):

- палі з механічними уширювачами заводського виготовлення;
- палі з бетонним розширенням, що влаштовуються в ґрунтовому масиві.

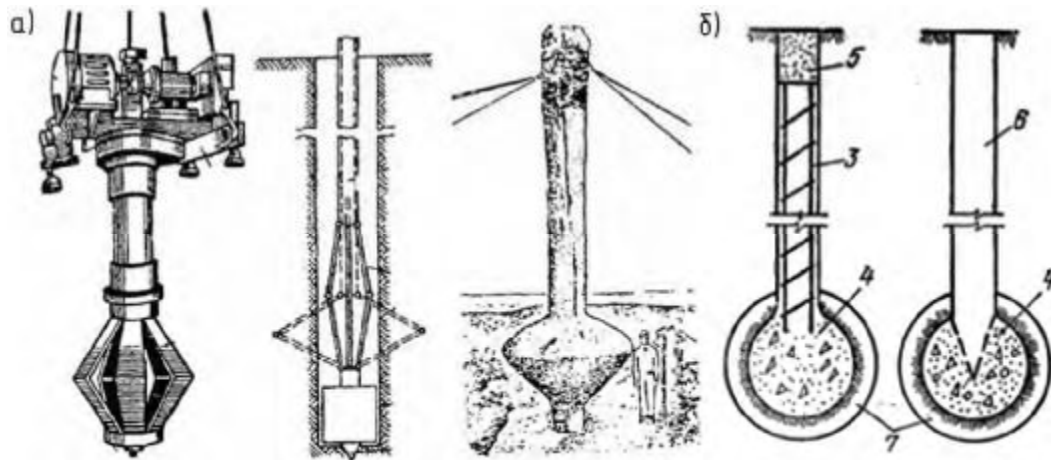


Рисунок 1.6 – Палі з розширеннями: а – утворені механічними уширювачами заводського виготовлення, б - утворені шляхом трамбування бетонної суміші

Палі з механічними уширювачами: технологія пристрою полягає в забиванні палі на задану глибину з розкриттям у ґрунтовому масиві під п'ятою палі або кілька ярусів по стовбуру фіксують механічних уширювачів, що висувуються - лопатей при добиванні палі. В процесі добивання за рахунок відсічі ґрунту, що впливає на лопаті, відбувається їх розкриття, і під лопатями утворюється локальна зона ущільненого ґрунту [15,17]. Головний недолік використання уширювачів полягає у складній конструкції та трудомісткості їх виготовлення переважно у заводських умовах[14,27].

Палі з бетонними розширеннями: даному типу паль відносяться:

- палі з променеподібною розширеною п'ятою. Було запропоновано А.М. Ягудиним. Стали застосовуватися з 1966р. Особливістю пристрою є горизонтальне ущільнення ґрунтового масиву на нижньому кінці палі з збільшенням щільності по бічній поверхні розширення за допомогою спеціального гідравлічного розширювача [16];
- палі з камуфлетною уширеною п'ятою. Було запропоновано А.А. Луги. Розроблялися А.А. Вовко, О.В. Міхалюком, К.А. Гундарєвим.

Стали застосовуватися з 1963р. Поширення утворюється за рахунок вибухів вибухової речовини (ВВ), встановленого у вибої пробуреної свердловини, заповненої бетоном на розрахункову висоту [24].

- палі з трамбованими свердловинами. Існує велика кількість різних модифікацій цього способу [16,32]. Полягає в зануренні в ґрунт обсадний, тимчасово заглушеної знизу труби, та утворення розширення шляхом втрамбування порціями сухої бетонної суміші через обсадну трубу, вилучення останньої та подальше впровадження у розширення збірною загостреного знизу ствола на певну розрахункову величину. Внаслідок чого на кінці палі утворюється еліпсоподібне розширення з ущільненою зоною ґрунтового масиву
- вібронабивні палі з розширеною п'ятою. Вперше були застосовані в 1958 р. Виконуються за допомогою віброзанурювача з жорстко прикріпленою трамбуванням, обсадної труби і черевика. Після включення віброзанурювача відбувається втрамбування бетонної суміші з гуденням черевиком у ґрунт, внаслідок чого утворюється розширення. Після цього проводиться армування стовбура палі та заповнення його бетоном [18]. Нестача даних палей для умов реконструкції полягають у значних динамічних навантажень, а також використання складного, габаритного та великогабаритного обладнання [17]
- буронабивна палі з алюмінієвим розширенням на кінці швейцарської фірми "Soilex" (рисунок 1.7):

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

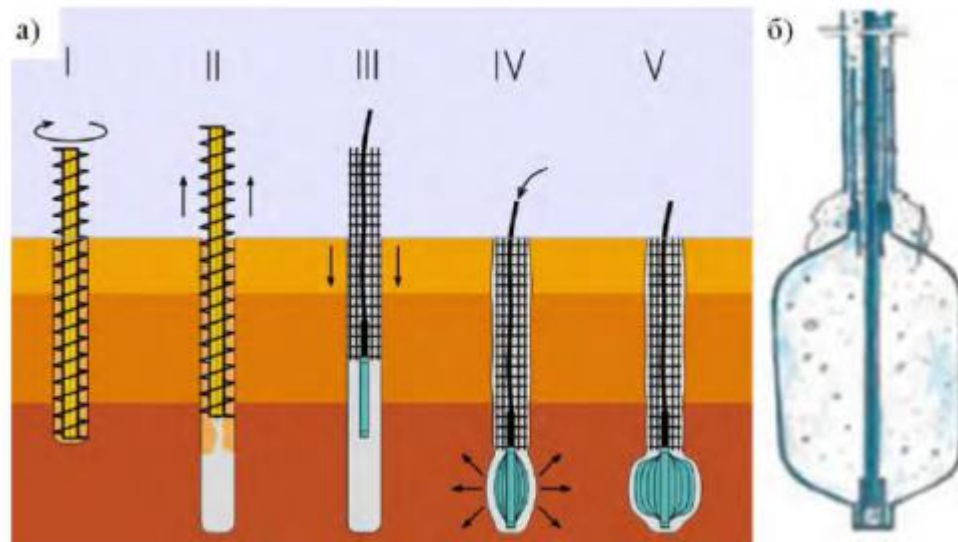


Рисунок.1.7 Бурунабивна паля фірми «Soilex» з алюмінієвим розширенням
а - технологічна схема пристрою, б - поперечний переріз розширення; I - буріння свердловини, II - вилучення бурової колони з одночасним заповненням свердловини розчином, III - занурення армокаркасу з алюмінієвою оболонкою, що розширюється, IV - ін'єкція розчину в оболонку, що розширюється, V - опресовування свердловини;

Поширення виконано у вигляді оболонки, що розширюється, яка представляє собою пачку складених певним чином алюмінієвих листів, збільшуються у розмірах під тиском ін'єкції розчину. Головними недоліками даної технології є можлива з часом її корозія водонасиченому глинистому ґрунті, а також складна конструкція оболонки та висока витрата металу на її виготовлення [19];

Цікавим є спосіб підсилення, розроблений А.Б. Пономарьовим та К.В. Голубєвим за допомогою «несучих елементів, що нагнітаються», у яких до створення розширення застосовується гумова оболонка (рисунок 1.8).

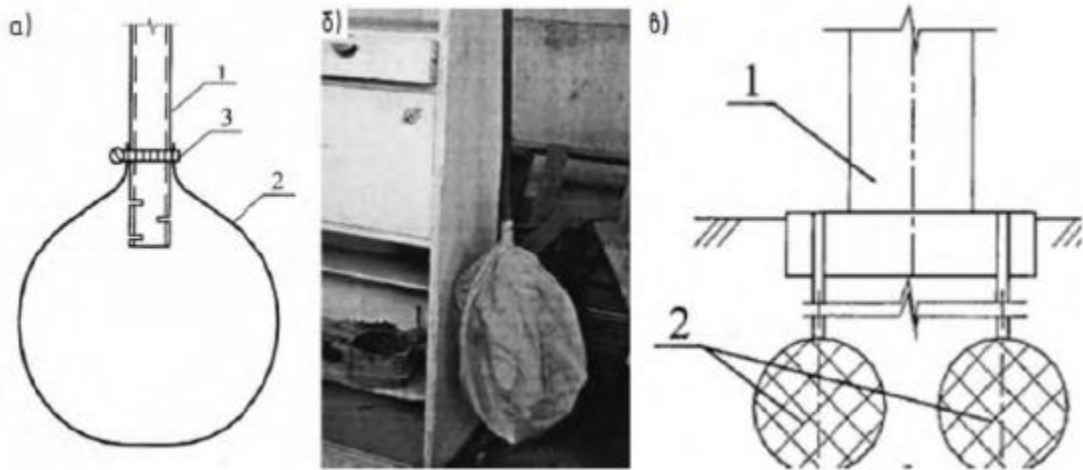


Рисунок 1.8 Схема підсилення фундаменту(1) за допомогою «несучих елементів, що нагнітаються»(2), а -конструктивна схема, б -промисловий зразок, в - спосіб підсилення.

Головний недолік даної конструкції полягає у можливій втраті стійкості стовбура палі зі збільшенням її довжини. Слід також зазначити, що заявлена сфера застосування даного способу обмежується підсиленням центрально навантажених стрічкових фундаментів, в основі яких залягають слабкі глинисті ґрунти з показником плинності понад 0,7 [39]. Таким чином, кожен із розглянутих методів має свої переваги та недоліки і не може розглядатися як універсальне рішення для підсилення фундаменту та штучного покращення будівельних властивостей ґрунтової основи в умовах реконструкції, в тому числі подальшим безпечним освоєнням підземного простору.

1.3 Основні вимоги до способів підсилення фундаментів

Для надійного підсилення фундаменту та штучного покращення будівельних властивостей ґрунтової основи в умовах реконструкції, особливо коли в основі будівлі залягають водонасичені пилувато-глинисті ґрунти необхідно враховувати такі основні вимоги:

1. Вибір способу підсилення повинен виходити з конструктивних особливостей будівлі, діючих навантажень, технічної оснащеності організацій, які здійснюють роботи, проходити в «щадному» режимі без значних ударних, динамічних, вібраційних та механічних впливів, що

призводять до розструктурування ґрунтів та додаткових деформаціям, які мають бути мінімальними СП[14,19,29];

2. Технологія виконання робіт повинна передбачати виконання у вузький проміжок часу відразу кількох технологічних операцій: буріння свердловин, вдавлювання ін'єкторів, ін'єкцію розчину і т.д. При цьому ухвалені рішення мають бути економічними, що у свою чергу досягається (якщо говорити про ін'єкційні способи підсилення) правильним вибором розчину для закріплення, тиску ін'єкції та витрати. Усі ці параметри повинні визначатися з аналізу фізико-механічних характеристик ґрунтів з визначенням їх гранулометричного та мінерального складу [2,14];

3. Використовуваний спосіб має надійно передавати додаткові навантаження на нижчі шари ґрунтової основи, підвищувати його розрахункове опір, знижувати стисливість та забезпечувати стійкість при освоєнні підземного простору будівлі протягом усього терміну експлуатації [31];

4. Устаткування для виконання робіт з підсилення має бути універсальним, малогабаритним, безперешкодно пересуватися підвалом будівлі включаючи важкодоступні місця та обмежені умови [31].

1.4 Обґрунтування обраного напрямку роботи

За результатами аналізу різних способів підсилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи умовах реконструкції стає цілком очевидно, що лідируючі позиції займають способи, пов'язані з формуванням у ґрунтовому масиві армуючих елементів різної форми з розчину з одночасним його ущільненням та закріпленням. Також слід зазначити, що все більше перспективною стає манжетна розробка ін'єкції [6,7].

У результаті, для подальшого вдосконалення технологічності методів посилення, а також підвищення їх ефективності та експлуатаційної надійності пропонується комбінований універсальний спосіб посилення стрічкових фундаментів з улаштуванням буроін'єкційних паль за манжетною технологією ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

розширенням на кінці (рисунок 1.9) [15,17].

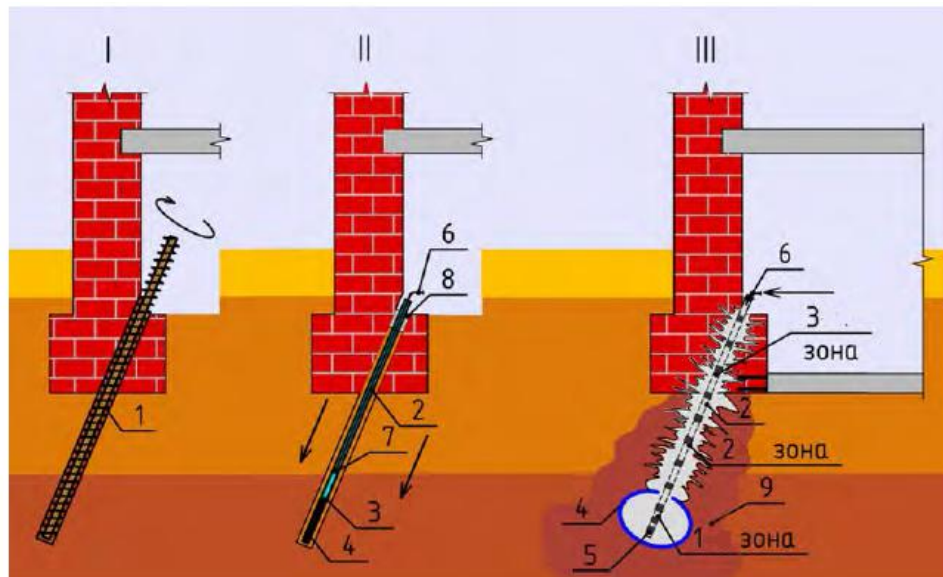


Рисунок 1.9 Схема пристрою буроін'єкційної палі з контрольованим розширенням: 1- свердловина, 2-труба-ін'єктор, 3-хомут, 4- мембрана-склянка, 5-гумові манжети, 6 - шланг, 7-пакер, 8-бетонна пробка, 9-ущільнена зона ґрунтового масиву

Для пристрою палі застосовується труба-ін'єктор з трьома зонами отворів перфорації. Перша зона розташована на кінцевій ділянці мембрани-склянки, друга – поза кінцевою зоною, а третя – у зоні посилення матеріалу фундаменту. У процесі ін'єкції першої зони мембрана-склянка розтягується і формує в ґрунтовому масиві розширення, розміри якого можна контролювати з допомогою витрати об'єму та тиску ін'єкції розчину за манометром розчинонасосу. Далі пакер переміщається до другої та третьої зони отворів для формування стовбура буроін'єкційної палі, ін'єкції гідророзривів та «заліковування» тріщин у конструкціях фундаменту, що посилюється. Мембрана-склянка виконана з гумової оболонки, що еластично обтягує нижній кінець ін'єктор у вигляді «склянки», повторюючи його форму.

1.5 Висновки по розділу 1

Проведений порівняльний аналіз способів посилення фундаментів та штучного поліпшення будівельних властивостей ґрунтової основи умовах

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

реконструкції дозволив зробити такі висновки:

1. В даний час розроблено велику кількість способів посилення, що відрізняються за своїми конструктивними особливостями і технологічних можливостей. У той же час у кожного способу існують свої недоліки, що обмежують сферу його застосування, особливо в водонасичених пилувато-глинистих ґрунтах. Один із головних недоліків полягає у включенні в роботу посиленого фундаменту лише при збільшенні навантаження, коли з'являються додаткові граничні (поверхові) осідання;

2. Особливу популярність в останні роки набули палі з розширеннями на кінці, буроін'єкційні палі зі збільшенням діаметра стовбура палі за рахунок розширення стінок свердловини, і манжетна технологія ін'єкції розчину режимі «гідророзривів», використання яких дозволяє підсилювати фундаментам працювати на мінімальних додаткових опадів у пилувато-глинистих ґрунтах, що значно підвищує експлуатаційну надійність реконструйованих будівель, у тому числі в умовах освоєння підземного простору;

3. Для подальшого вдосконалення технологічності способів посилення, а також підвищення їхньої експлуатаційної надійності, пропонується спосіб, що складається з пристрою буроін'єкційної палі по манжетній технології з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці; Запропонований спосіб дозволяє об'єднати пристрій буроін'єкційних паль з контрольованим розширенням, манжетну технологію ін'єкції розчину в режимі «гідророзривів» (у тому числі повторну) та відновлення конструкції фундаменту в одну технологічну операцію, що значно підвищує його ефективність;

1.6 Задачі досліджень

Для проектування посилення стрічкових фундаментів в умовах реконструкції з використанням запропонованого способу необхідно виконати достовірний прогноз зміни ПДВ у різних точках ґрунтового масиву, як для формування палі, і у умовах статичного навантаження. Виходячи з цього,

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

основними завданнями дослідження магістерської роботи було:

1. Визначення складу розчину, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви в навколопаловому ґрунтовому масиві прогнозованих геометричних параметрів із заданими механічними характеристиками;
2. Виявлення закономірностей утворення ущільненої зони пілувато-глинистому ґрунтовому масиві при формуванні контрольованих розширень об'ємом 10-40 л і стовбура палі з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» з визначенням їх геометричних параметрів, зміною ПДВ (з частковим збереженням залишкових напружень) та фізико-механічних характеристик ґрунтів;
3. Виявлення закономірностей зміни ПДВ за умов статичного навантаження буроін'єкційних паль без розширення та з контрольованим розширенням об'ємом 10-40 л, з одноразовою та повторною ін'єкцією розчину режимі «гідророзривів», з визначенням найбільш ефективного способу посилення стрічкових фундаментів;
4. Розробка алгоритму розрахунку основних параметрів прогнозу роботи буроін'єкційних паль, що виготовляються за манжетною технологією ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці в пілувато-глинистих ґрунтах в умовах статичного навантаження.

РОЗДІЛ 2. ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЬНИХ ПАЛЬ З КОНТРОЛЮЄМО ПРИШИРЕННЯ В ҐРУНТОВІЙ ПАСТІ

2.1 Завдання лабораторних досліджень

Для проектування посилення будівель з використанням пропонованого способу необхідно прогнозувати зміну ПДВ у різних точках ґрунтового масиву, як при формуванні контрольованого розширення на кінці палі, так і при його статичному навантаженні, для чого була виконана серія лабораторних експериментів у циліндричних лотках об'ємом 0,2 м³ та прямокутному лотку об'ємом 1,2 м³.

Завданнями лабораторних досліджень було:

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

1. Визначення складу розчину та його основних технологічних та характеристик міцності;
2. Визначення основних чинників, які впливають формування контрольованого розширення в глинистому ґрунтовому масиві;
3. Дослідження горизонтальних та вертикальних переміщень ущільненої зони контрольованого розширення під час ін'єкції розчину;
4. Визначення зміни фізичних характеристик ґрунтового масиву після формування контрольованого розширення;
5. Дослідження роботи модельної палі з контрольованим розширенням під дією вертикального статичного навантаження.

2.2 Визначення складу розчину

Слід зазначити, що для всіх типів цементацийних та ін'єкційних методів закріплення ґрунтів основи, як показує практика [27], дуже важливим є правильний вибір складу розчину залежно від фізико-механічних характеристик ґрунтової основи. Зокрема пілувато-глинистих ґрунтів (супеси, суглинки та глини), які по своєму генези належать до осадових ґрунтів, що складаються з окремих мінеральних частинок колоїдного розміру (розмір зерен частинок менше 0,10 мм), числом пластичності $I_p > 1$ та водно-колоїдним зв'язками [16]. Уявляють найскладніші мінерально-дисперсні утворення, властивості міцності яких залежать не так від міцності окремих мінеральних зерен, як від структурних зв'язків між мінеральними частинками [31], у зв'язку з чим, вибір правильного складу розчину полягає у зміні як структурно-механічних, і фільтраційних показників ґрунтів [13].

На будівельному ринку існує досить великий вибір розчинів: цементні, цементозольні, глиноцементні, спінені та спучені цементні розчини, розчини на основі високодисперсних цементів та з іншими найрізноманітнішими добавками [12, 17]. Їхні властивості були визначені, вивчені та представлені у працях НДІОСП ім. Н.М. Герсєванова, ВНДІГ ім. Б.Є. Ведєнєєва, інституту «Гідроспецпроект» та науково-практичних дослідженнях О.М. Адамовича, С.В.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Алексеева, С.Г. Богова, А.І. Булатова, С.Д. Воронкевича, М.М. Ібрагімова, А. Камбефора, Б.А. Ржаніцина, О.М. Самаріна, В.Є. Соколовича, О.А. Шулятьєва, В. Černák, G. Rehbinder та ін. [4]. На підставі даних досліджень перед проведенням лабораторних експериментів було обрано основні реагенти для приготування розчинів: цемент марки М400 за ГОСТ 31108-2003, бентоніт марки ПБМБ за ТУ 2164-00641219638-2005, рідке скло (Силікат натрію) за ГОСТ 23078-81.

цемент марки М400 – цемент загальнобудівельного призначення, який відрізняється грубою дисперсністю, показник розміру фракції $d_{95}=70-80$ мікрон (діаметр частинок менше якого в цементі міститься 95 відсотків частинок), питома поверхня $2500 \text{ см}^2/\text{г}$;

бентоніт марки ПБМБ – внаслідок тонкості та колоїдних властивостей мінеральних частинок збільшує стабільність та пластичність розчину. Під стабільністю розчину розуміється приведення його до сталого стану агрегування (укрупнення) твердої фази за рахунок гідрофільності глинистих частинок, запобігання розшарування та зменшення водовідділення у спокійному стані зменшення водовіддачі при ін'єкції в ґрунт [31]. також в до складу бентоніту входить кальцинована сода (вуглекислий натрій) Na_2CO_3 – дозволяє зв'язувати іони кальцію в розчинах, що містять гіпс, ангідрит, цемент[12,13];

рідке скло (силікат натрію) – загальна хімічна формула має вид $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, де n – число молекул кремнезему. Водний розчин силікату натрію являє собою в'язку рідину світло-жовтого кольору, щільність якого складає $1300-1800 \text{ кг/м}^3$. Добавка рідкого скла сприяє прискорення часу схоплювання розчину та збільшення його міцності [20,32,];

водоцементне відношення (В/Ц) – становить $0,6-1,2$ виходячи з вимог до рухливості розчинів, що призводить до великого надлишку води (порівняно зі звичайно застосовуваними у будівельній практиці), і як наслідок зниження міцності одержуваного цементного каменю. Крім того неминучі явища водовідділення та розшарування розчину, а також значного віджимання води під тиском ін'єкції [31,32].

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Для визначення складу розчину було виконано три серії експериментів з різними відсотковими добавками бентоніту та рідкого скла, В/Ц: 0,6-1,0 (рисунок 2.1).

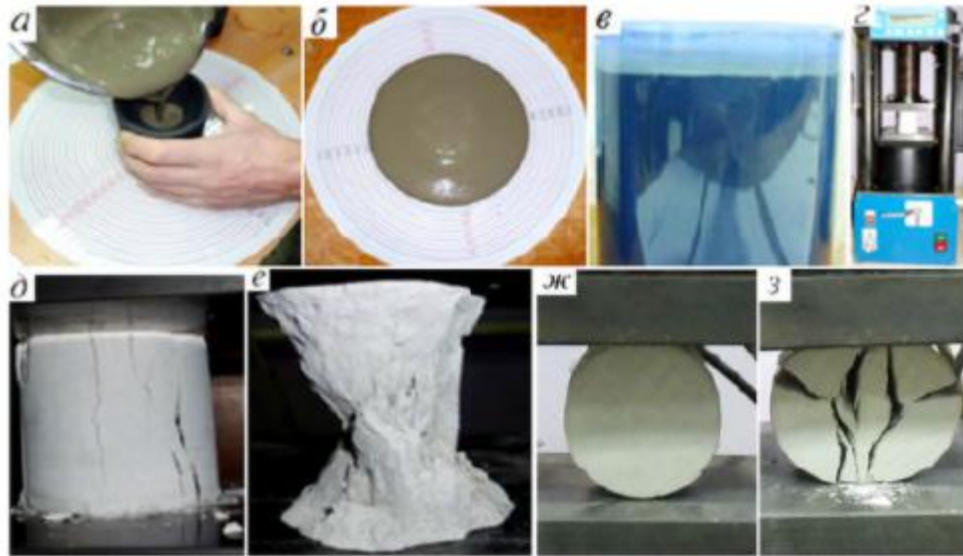


Рисунок 2.1 – Визначення складутворення

а - конус АЗНДІ, б - визначення розтікання, в - визначення розшарування, г –прес ПГМ-500, д, е – визначення міцності на стиск, ж, з – визначення розтягування при розколюванні (д,ж - початкова, е,з - кінцева стадія руйнування зразків)

У першій серії визначалася розтікання розчинів різного складу (Таблиця 2.1, рисунок 2.2).

Таблиця 2.1 - Розтікання розчинів (18-22 см)

№ Состав	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В/Ц	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0
Бентонит, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Силикат натрия, %	-	-	-	1	1	1	3	3	3	5	5	5
Растекаемость, см	20	27	30	18	25	28	11	19	24	7	14	17
№ Состав	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
В/Ц	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0
Бентонит, %	5	5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5
Силикат натрия, %	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	3
Растекаемость, см	14	18	26	11	17	23	10	16	22	9	14	20

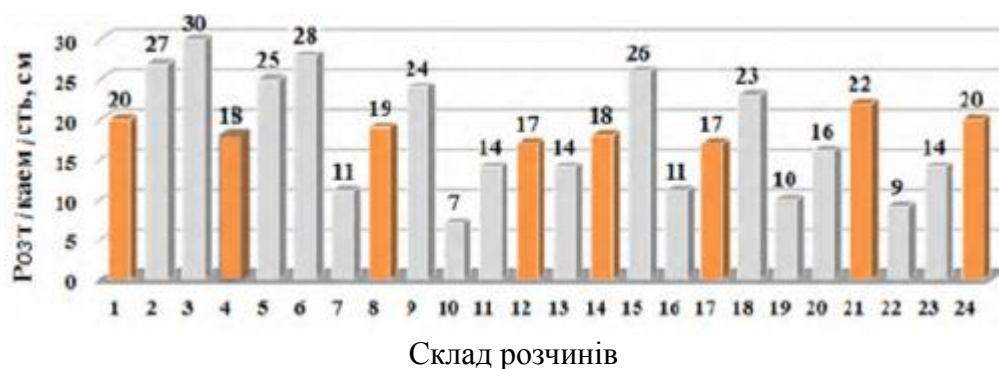


Рисунок 2.2 – Гістограма розтікання розчинів

Відповідно до вимог нормативних документів ГОСТ [34] розтікання визначалася за допомогою конуса АЗНДІ. За підсумками першої серії експериментів було виділено 8 зразків, що відповідають вимогам щодо показником розтікання - від 18 до 22 см [12,17]. Далі проводилися дослідження відповідно до ГОСТ [24,25] щодо визначення водовідділення, міцності на стиск і розтяг при розколюванні кожного з 8 зразків, результати яких представлені в таблицях 2.2, 2.3 та 2.4 та на рисунку 2.3. Водовиділення є важливим фактором, який також необхідно враховувати щодо складу розчину, оскільки від нього залежить вихід (Сформований твердий залишок) цементного каменю при твердінні [25,32].

Таблиця 2.2 - Водовідділення зразків розчинів (0-3%)

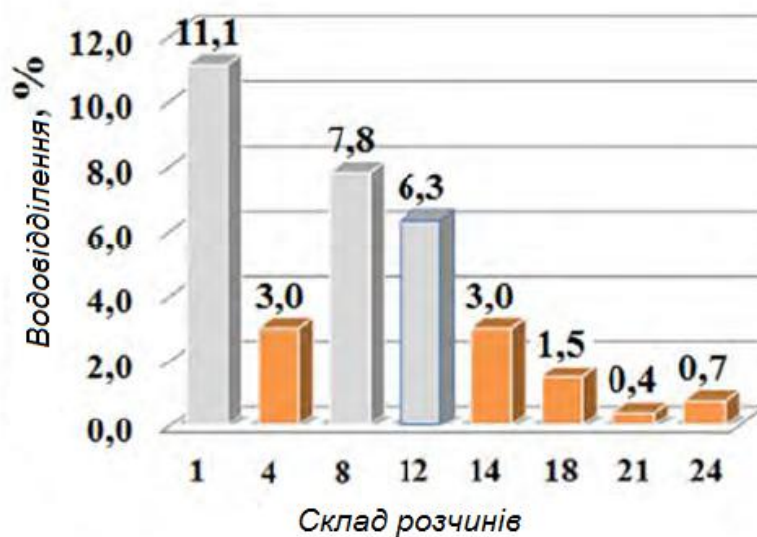
№ Состава	1	4	8	12	14	18	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
Бентонит	-	-	-	5	10	5	5	-
Силикат натрия, %	-	1	3	-	-	1	3	5
Водоотделение, %	11,1	3,0	7,8	6,3	3,0	1,5	0,4	0,7

Таблиця 2.3 - Міцність на стиск зразків розчинів (6,0-8,0 МПа)

№ Состав	1	4	8	12	14	18	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
Бентонит, %	-	-	-	5	10	5	5	-
Силикат натрия, %	-	1	3	-	-	1	3	5
Прочность, МПа	6,5	7,4	6,8	2,6	1,2	1,6	6,6	5,4

Таблиця 2.4 - Міцність на розтяг зразків розчинів (0,6-0,8 МПа)

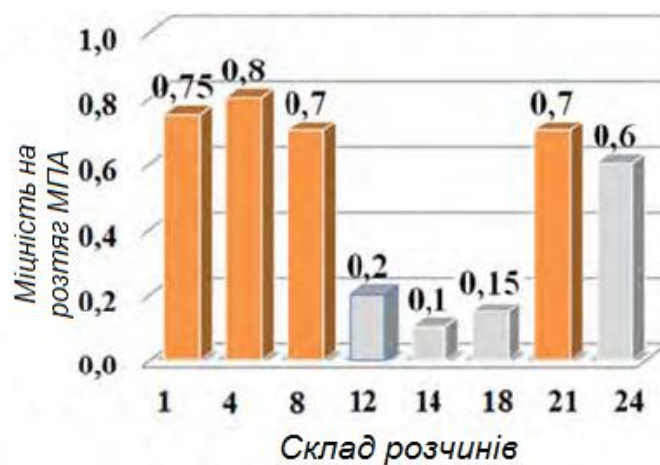
№ Состав	1	4	8	12	14	18	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
Бентонит, %	-	-	-	5	10	5	5	-
Силикат натрия, %	-	1	3	-	-	1	3	5
Прочность, МПа	0,75	0,8	0,7	0,2	0,1	0,15	0,7	0,6



а)



б)



в)

Рисунок 2.3 – Гістограми водовідділення та міцності розчинів

Для визначення міцності на стиск та розтяг при розколюванні було виготовлено 8 зразків циліндричної форми $d=70$ мм $h=70$ мм.

Випробування проводилися на гідравлічному пресі ПГМ-500МГ4 відповідно із вимогами ГОСТ [35]. Міцність на стиск розчину повинна становити – від 6 до 8 МПа, на розтяг при розколюванні 0,6-0,8 МПа [20,32]. Поєднуючи дві гістограми, представлені на рисунку 2.3, подальших лабораторних досліджень було вибрано два склади розчину №4 та №21 залежно від необхідних технологічних та механічних характеристик:

- №4 водоцементний з В/Ц = 0,6 (за масою) та додаванням 1 % рідкого скла (силікат натрію) згідно з ГОСТ 23078-81;

- №21 глиноцементний з В/Ц = 1 та додаванням 5 % бентоніту марки ПБМБ за ТУ 2164-00641219638-2005 та 3 % рідкого скла (силікат натрію) ГОСТ 23078-81.

2.3 Моделювання процесу формування контрольованого розширення. Моделювання здійснювалося в циліндричних лотках $d=0,6$ м, $V=0,2$ м³ (рисунок 2.6), з метою визначення факторів, що впливають формування контрольованого розширення та його геометричних параметрів ґрунтовому масиві.

2.3.1 Обладнання та методика проведення експериментів

Як ґрунтовий масив використовувалася спеціально приготовлена ґрунтова паста із заданими фізико-механічними характеристиками (тугопластичний суглинок) визначеними за ГОСТ [12, 26], дані Показники трохи змінювалися в серії експериментів

Ґрунтова паста укладалася шарами завтовшки $h=100$ мм і ущільнювалася ручним трамбуванням. З ґрунту виключалися всі включення більше 2 мм. Поверхня ґрунту герметично покривалася поліетиленовою плівкою для запобігання висиханню. Після кожного експерименту ґрунт витягувався з лотка. При заповненні циліндричних лотків на величину 40 см від їхнього дна проводилася установка та фіксація пластикової труби діаметром 80 мм з заглушкою на кінці, що моделює пробурену свердловину в ґрунтовому масиві, яка згодом замінювалась трубою-ін'єктором. Ін'єкції розчину здійснювалася за допомогою шнекового розчинонасосу продуктивністю до 8 л/хв та робочим тиском до 0,1 МПа через пакер, герметично перекриває міжтрубний простір ін'єктор з двох сторін під час ін'єкції. Конструкція пакера дозволяє здійснювати ін'єкцію (у тому числі повторну) у кожен зону перфорації з можливістю регулювання тиску за будь-яким горизонтом [37] (рисунок 2.4).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

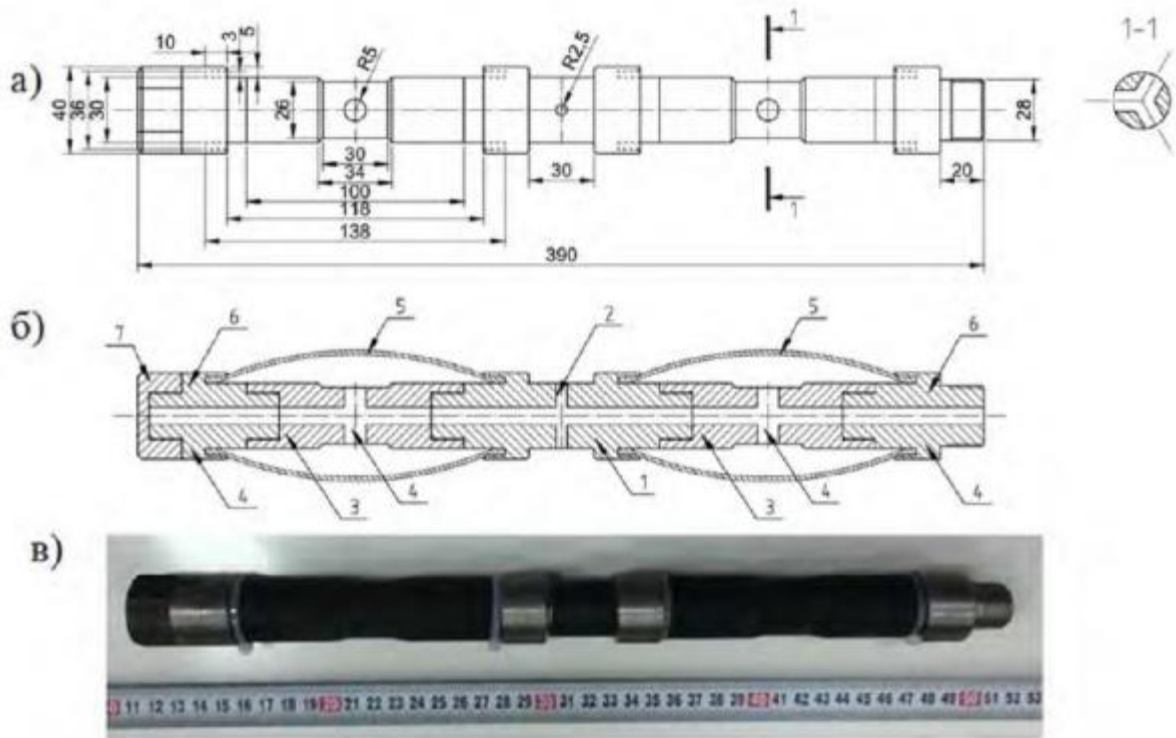


Рисунок 2.4 – Пакер: а – конструкція пакера у розрізі, б – загальна схема пакера; в – фотографія пакера; 1 – центральна секція; 2 – отвір для виходу розчину з пакера; 3 – бічні секції; 4 – отвори для заповнення мембран пакера; 5 – гумові мембрани; 6 – торцеві секції; 7 – заглушка.

Об'єм ін'єкції розчину становив 10 л при тиску до 0,1 МПа. Після ін'єкції розчину в мембрану-склянку та формування контрольованого розширення, влаштовувалась технологічна перерва відповідно до ДСТУ [25] рівний 20 діб, необхідний для релаксації та перерозподілу напружень у ґрунтовій пасті, а також набору заданої міцності розчину, після чого здійснювалося пошарове вилучення ґрунту та модельної палі з розширенням.

Конструкція труби-ін'єктора з мембраною-склянкою являла собою металеву трубу довжиною 1,2 м діаметром 57 мм, виконану в відповідно до заявленого патенту [17] (рисунок 2.5). На нижньому кінці ін'єктора в місці розташування мембрани-склянки приварювалася заглушка і 4 ряду отворів перфорації діаметром 8 мм, розташованих у шаховому порядку, поверх яких встановлювалися гумові манжети шириною 25 мм, товщиною 1 мм, що виступають у ролі зворотного клапана. Мембрана-склянка закріплювалася на відстані 20 см від нижнього кінця ін'єктора за допомогою хому́та. Безпосередньо під хому́том було встановлено

жорстке кільце ущільнювача зовнішнім діаметром 80 мм, що виключає переміщення мембрани-склянки по затрубному простору під тиском ін'єкції розчину.

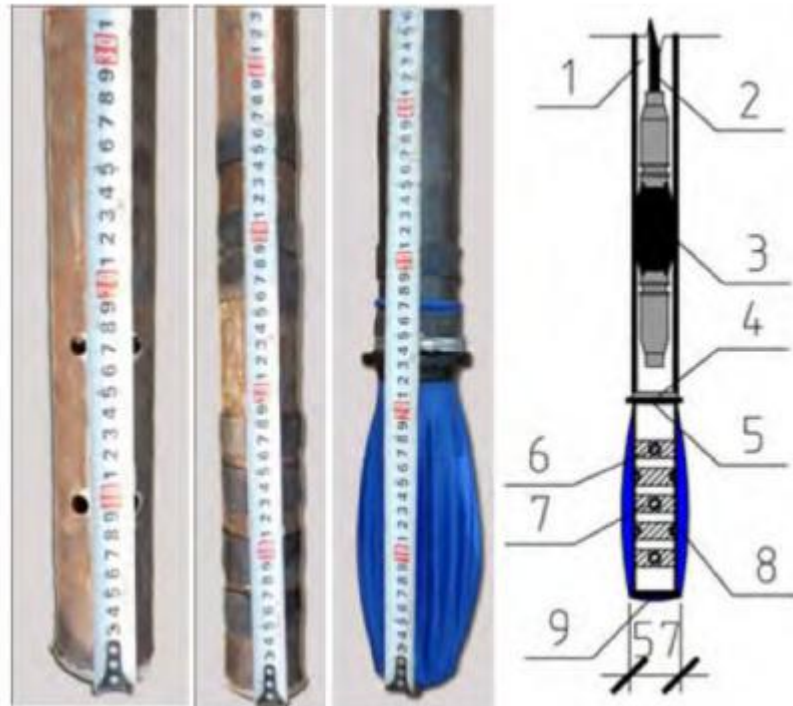


Рисунок 2.5 - Конструкція труби-ін'єктора з мембраною-склянкою: 1 – труба-ін'єктор, 2 – гумовий шланг, 3 – пакер, 4 – хомут, 5 – кільце ущільнювача, 6 – отвори перфорація ($d=8$ мм), 7 – гумова манжета; 8-мембрана-склянка, 9 – заглушка

2.3.2 Фактори, що впливають на формування та геометричні параметри контрольованого розширення

1. Різні умови деформування ґрунтового масиву при формування контрольованого розширення: серія експериментів проходила без привантаження циліндричних лотків – з можливістю вільного вертикального переміщення ґрунтового масиву, та з привантаженням – реальні умови. Маса привантаження складало 200 кг, навантаження здійснювалося за допомогою попередньо зважених мішків із піском по 50 кг (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Різні умови деформування ґрунту а – без привантаження,
б – з привантаженням

Під час здійснення ін'єкції розчину в лотку без привантаження спостерігалось помітне підняття ґрунтового масиву та вихід води, що міститься в порах ґрунту, на поверхню. Після вилучення ґрунту було встановлено, що основна частина розчину локалізувалася у верхній частині розширення (рисунок 2.6а), не сформувавши у своїй правильну форму розширення. Достатня маса привантаження у другому випадку перешкоджала розчину під тиском видавити ґрунт вгору, завдяки чому сформувалося еліпсоподібне розширення діаметром 220 мм витягнуте в горизонтальному напрямку (рисунок 2.6 б).

2. Різні склади розчину: на формування контрольованого розширення також впливають склади розчину. На основі серії лабораторних експериментів п. 2.2 для ін'єкції було вибрано два склади розчину №4 та №21 (рисунок 2.7).

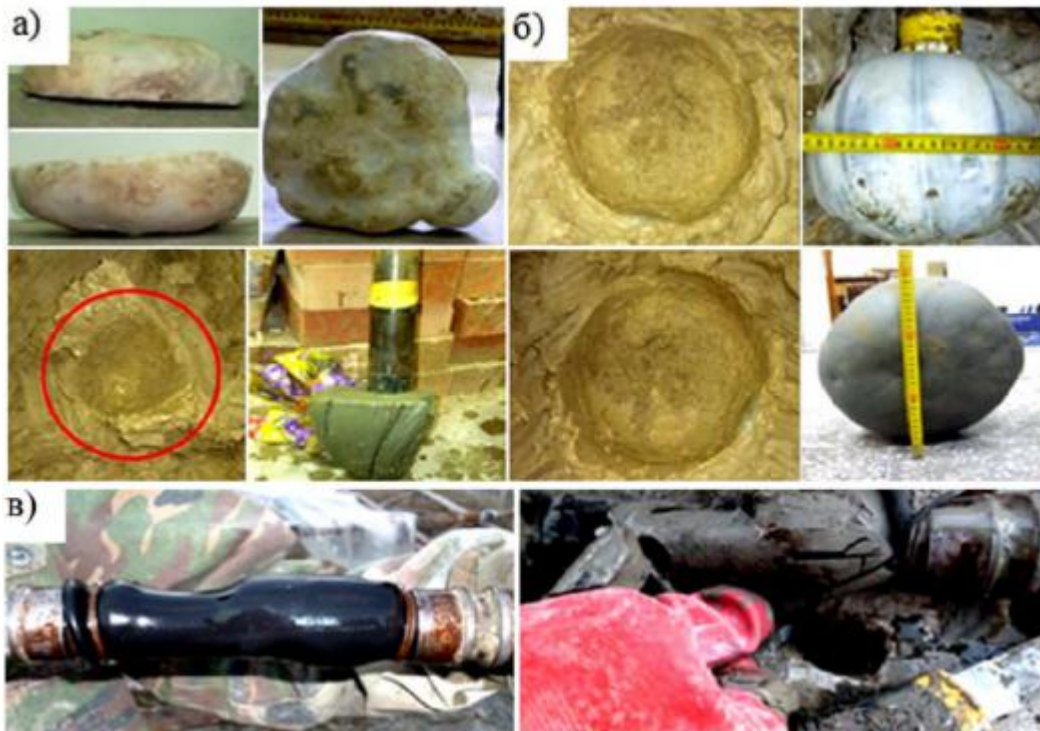


Рисунок 2.7 – Результати ін'єкції розчинів у мембрану склянку: а – склад №4, б – склад №21, в – закупорка пакера при ін'єкції розчину складу №4

Результати експериментів показують, що при використанні складу №4 під тиском ін'єкції відбулося розшарування розчину та локалізація вільної води у верхній частині розширення (рис. 2.7а). Крім того, відбулася закупорка пакера, внаслідок осадження цементних частинок через малу в'язкість і пластичності розчину, а також впливу рідкого скла, що прискорює його час схоплювання (Рисунок 2.7в).

Використання складу №21 дозволило отримати еліпсообразне розширення прогнозованих геометричних параметрів рахунок використання бентоніту, що виключає розшарування розчину і збільшує його стабільність та пластичність, а також рідкого скла, що сприяє прискорення часу схоплювання та збільшення його міцності (рисунок 2.7 б).

Також слід зазначити, що під нижнім кінцем ін'єктора утворюється необхідна товщина розчину 5-7 см (з умов роботи на продавлювання). У ході лабораторних експериментів у циліндричних лотках об'ємом 0,2 м³ було сформовано у ґрунтовому масиві 9 розширень (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Поширення сформовані у ґрунтовому масиві в циліндричних лотках

Для проведення подальших досліджень остаточно було обрано «глиноцементний» розчин №21 та визначено його основні характеристики відповідно до ГОСТу [44]:

- Розтікання 22 см;
- водовідділення 1,0 мл (0,4%);
- Щільність 1500-1600 кг/м³;
- Міцність на стиск 6,6 МПа;
- Міцність на розтяг при розколюванні 0,7 МПа.

Дослідження ущільненої зони для формування контрольованого розширення Далі дослідження проходили у прямокутному лотку об'ємом 1,2 м³. (рисунок 2.9) з метою визначення горизонтальних та вертикальних деформацій ущільненої зони контрольованого розширення під час ін'єкції розчину.

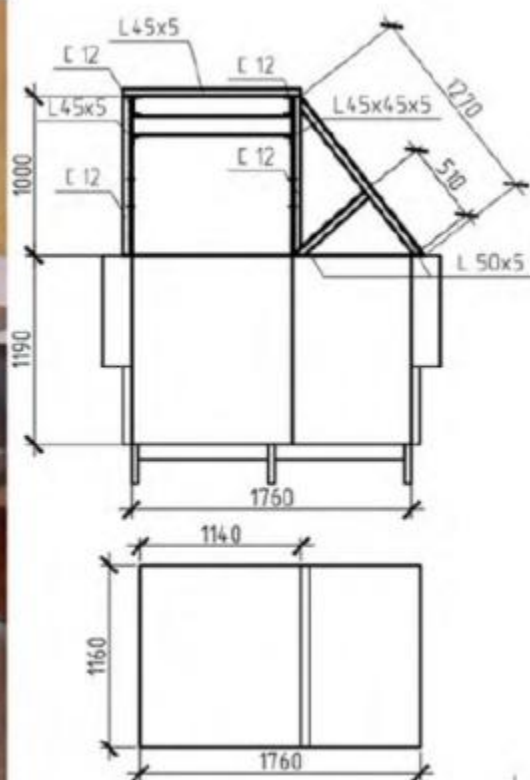


Рисунок 2.9 – Прямокутний лоток об'ємом 1,2 м³

Методика проведення серії експериментів

Як ґрунтовий масив також використовувалася спеціально приготовлена ґрунтова паста (таблиця 2.5), заповнення лотка здійснювалося у порядку п. 2.3.1. Необхідно відзначити, що паралельно із заповненням лотка вироблялося впровадження в ґрунтовий масив вертикальних та горизонтальних глибинних марок (Рисунок 2.10). Марка виготовлялися з мідних пустотілих стрижнів зовнішнім діаметром 6 мм, внутрішнім 4 мм, крізь які проходила сталева струна завтовшки 0,1 мм. На нижній кінець струни, що знаходиться в ґрунті, кріпився жерстяний диск діаметром 20 мм завтовшки 0,5 мм, інший кінець струни поєднувався з вимірювачами деформацій. Довжина стрижнів варіювалася в залежності від позначки їх заглиблення в прямокутному лотку. Фіксація переміщень ін'єктора під час ін'єкції розчину в мембрану-стакан здійснювалася за допомогою двох прогібомірів 6ПАТ з точністю 0,01 мм (рисунок 2.11).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

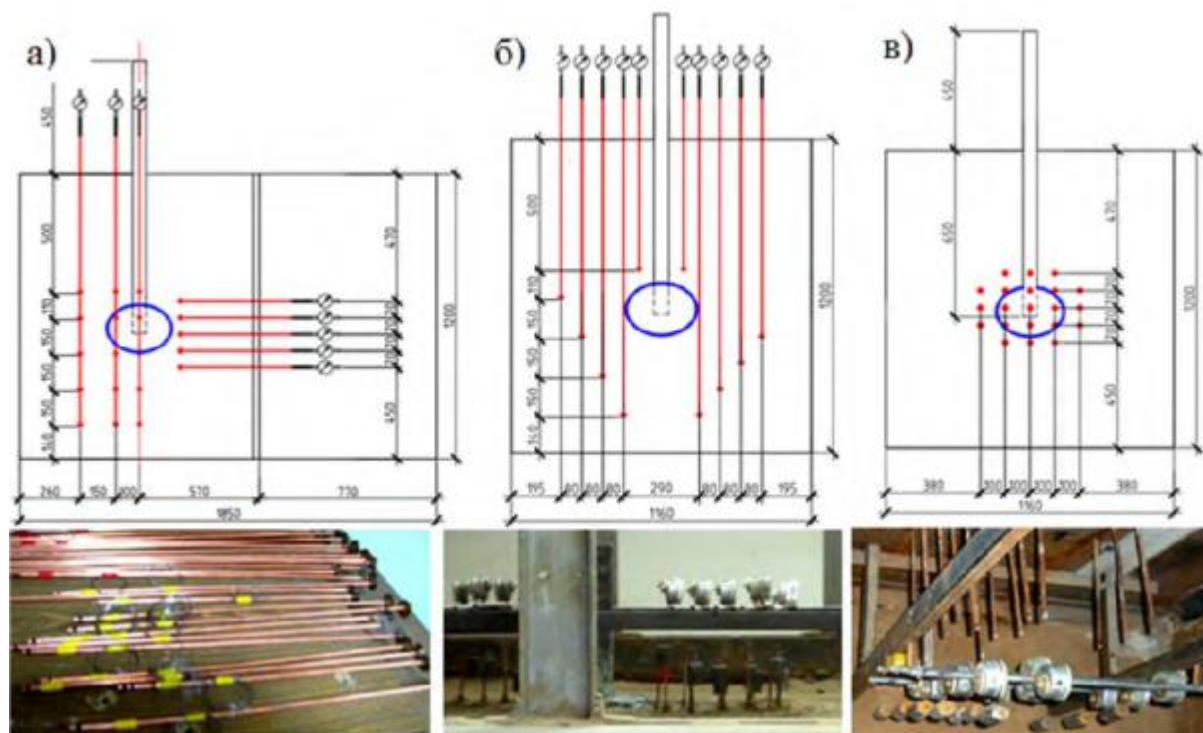


Рисунок 2.10 – Схема розташування глибинних марок:

а – загальна схема, б – вертикальні марки, в – горизонтальні марки

Усі вимірники деформацій розташовувалися на реперній системі виконаній із сталеві прямокутної труби за ГОСТ 8645-68 40x20x2 мм, яка надійно кріпилася до лотка за допомогою зварних з'єднань. Після проведення кожного експерименту здійснювалася повне вилучення ґрунту з лотка та проводилося нове його заповнення.

2.4.2 Визначення розмірів ущільненої зони

Для запобігання вертикальному переміщенню труби-ін'єктора в час ін'єкції розчину, у верхній частині лотка поверх поліетиленової плівки влаштовувався привантаження у вигляді металевих пластин та 2-3 рядів цегли (Рисунок 2.11). Показання з датчиків переміщення знімалися до початку експерименту («нульові» значення), а потім кожні 10 с в процесі ін'єкції розчину в мембрану склянку. За свідченнями глибинних марок у геоінформаційній системі Surfer 8 були побудовані ізолінії переміщень ґрунтового масиву ущільненої зони (Рисунок 2.11).

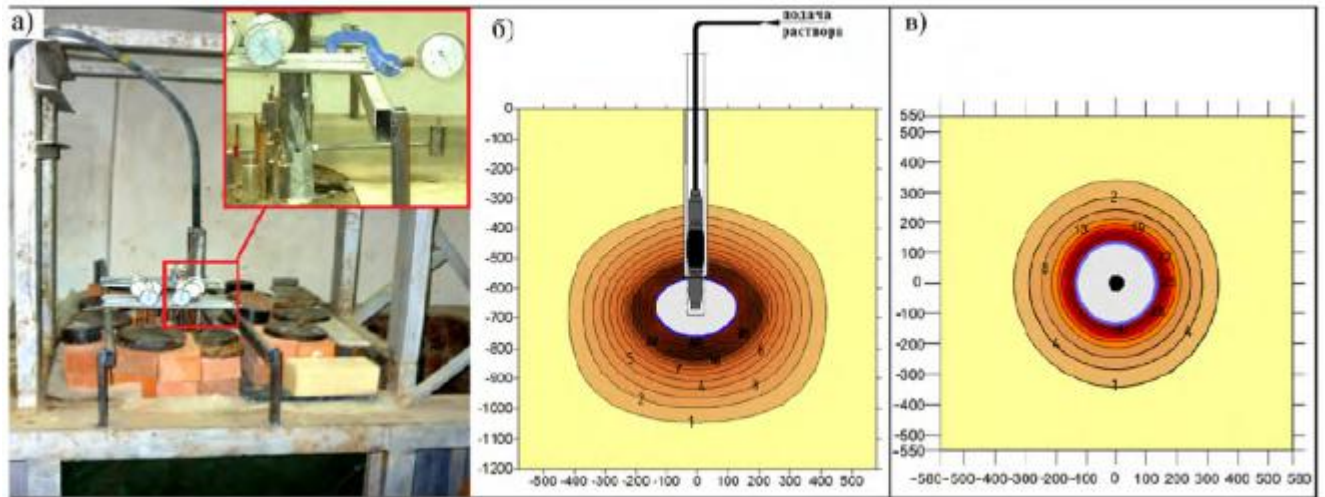


Рисунок 2.11 – Визначення розмірів ущільненої зони для формування контролюваного розширення:

- а – привантаження для моделювання реальних умов та вимірювачі деформацій для фіксації переміщень;
- б – ізолінії переміщень ґрунтового масиву у вертикальній площині, що проходить через центр труби-ін'єктора;
- в – ізолінії переміщень ґрунтового масиву горизонтальній площині, що проходить через нижній кінці труби-ін'єктора.

За графіками слід зробити висновки:

1. Горизонтальні переміщення ґрунтового масиву ущільненої зони поширюються на $1,5d$ від ін'єктора в кожну сторону (де діаметр d розширення);
2. Вертикальні переміщення ґрунтового масиву ущільненої зони поширюються вгору $0,7-0,9d$, вниз на $1,1-1,3d$ від нижнього кінця ін'єктора;
3. Форма ізоліній переміщень ґрунтового масиву повторює геометричні параметри сформованого контролюваного розширення на кінці модельної палі.

РОЗДІЛ 3. ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БУРОІН'ЄКЦІЙНИХ ПАЛЬ З КОНТРОЛЮЄМО ЗАШИРЕННЯМ ДОВЖИНОЮ 6 М

3.1. Завдання польових досліджень

Несуча здатність і осідання буроін'єкційної палі, як показують науково-практичні дослідження [11,29] та ін., Залежить не тільки від розмірів палі та механічних характеристик ґрунтової основи, але також і від розмірів ущільненої зони навколопалового ґрунтового масиву та зміни ПДВ, утворених при влаштуванні палі. Таким чином, для визначення ущільнення ної зони контрольованого розширення, його геометричних параметрів, а так- ж кількість і характер утворення гідророзривів у навколопаловому ґрунтовому масиві та збільшення діаметра стовбура палі під час ін'єкції були виконані польові дослідження, основними завданнями яких було:

1. Визначення розмірів та вертикальних пошарових переміщень ґрунтового масиву ущільненої зони по глибині при формуванні контролю розширення об'ємом 10 і 20 л;

2. Визначення осідання, несучої здатності, розмірів та вертикальних пошарових переміщень ґрунтового масиву активної зони контрольованого розширення об'ємом 10 та 20 л під дією вертикального статичного навантаження;

3. Порівняння роботи буроін'єкційних палей без розширення та палей з контрольованим розширенням об'ємом 10 і 20 л з одноразовою і повторною ін'єкціями гідророзривів за умов статичного навантаження;

4. Визначення зміни фізико-механічних характеристик ґрунто- ного масиву в межах ущільненої зони, геометричних параметрів контро- льованих розширень, стовбура палі та гідророзривів з одноразовою та повторною ін'єкціями шляхом екскавації буроін'єкційних палей;

5. Порівняння результатів польових та лабораторних досліджень.

3.2 Майданчик, прилади та обладнання

Для вивчення взаємодії буроін'єкційних палей, що виготовляються манжетної технології з ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

розширенням на кінці об'ємом 10 і 20 л з пилувато-глинистим ґрунтовим масивом влітку 2013 року було проведено польові дослідження.

Експериментальний майданчик розташовувався в Центральному адміністративно-територіальному окрузі м. Житомир, у кварталі вулиць Щербакова-Дружби, де здійснювалося будівництво багатоквартирних житлових будинків рисунок.3.1.



Рисунок.3.1 Майданчик для проведення польових досліджень

Перед проведенням польових досліджень на майданчику було виконано заходи з техніки безпеки, організовані під'їзні шляхи, а також підведення тимчасового водопроводу та енергопостачання, проведено інженерно-геологічні дослідження з визначенням фізико-механічних характеристик ґрунтової основи (таблиці 3.1).

Рельєф майданчика рівний. Абсолютні позначки поверхні землі складають 61.40-63.00 м. У геоморфологічному відношенні ґрунти майданчика відносяться до Другої лівобережної надзапавної тераси р. Тури. У геологічному будові майданчика пошуків беруть участь верхньочетвертинні алювіальні відкладення, представлені пилувато-глинистими ґрунтами. На поверхні залягає насипний ґрунт, представлений жовтуватим-сірим дрібним піском невисокої вологості, з прошарками суглинка та супіску, потужністю 1,8-2,0 м. Нижче залягає супісок жовтуватим-сірим пластичним з прошарками суглинка, потужність шару 1,7-2,0 м. З

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

глибини 4,0 м розкритий суглинок м'якопластичний, потужність шару 4,5 -6,5 м.

Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 5 м.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні характеристики ґрунтової основи

Вид ґрунту	Насипний ґрунт	Супісок (пластичний)	Суглинок (м'якопластичний)
Глибина, м	0,0-2,0	2,0-5,0	5,0-9,0
γ , кН/м ³	19,1	19,6-19,8	18,4-18,8
γ_d , кН/м ³	-	17,8-18,2	14,4-15,2
γ_s , кН/м ³	-	27,0	27,1
W, %	-	22,0-24,0	28,0-30,0
e, д.ед.	-	0,6-0,7	0,8-0,9
S _r , д.ед	-	0,65-0,72	0,85-0,95
I _p , %	-	5,0	16,0
I _L , д.ед	-	0,71	0,69
ϕ , град	-	19,0-20,0	15,0-16,0
c, кПа	-	7,0-8,0	11,0-12,0
E _{комп} , МПа	-	3,2-3,3	1,4 -1,5
E, МПа	-	11,2-11,6	4,2-4,5

Примітка: E_{комп} – компресійний модуль деформації, визначався відповідно до вимог ГОСТ [42], E – модуль деформації, відкоригований за допомогою підвищувальних коефіцієнтів, прийнятих за табл. 5.1 СП [142].

На майданчику за допомогою бурової установки УКБ-12/25 шнековим способом були виконані два ряди вертикальних свердловин діаметром 80 мм загальним кількістю 16 прим. з яких 8 шт. були анкерні (рисунок 3.2).

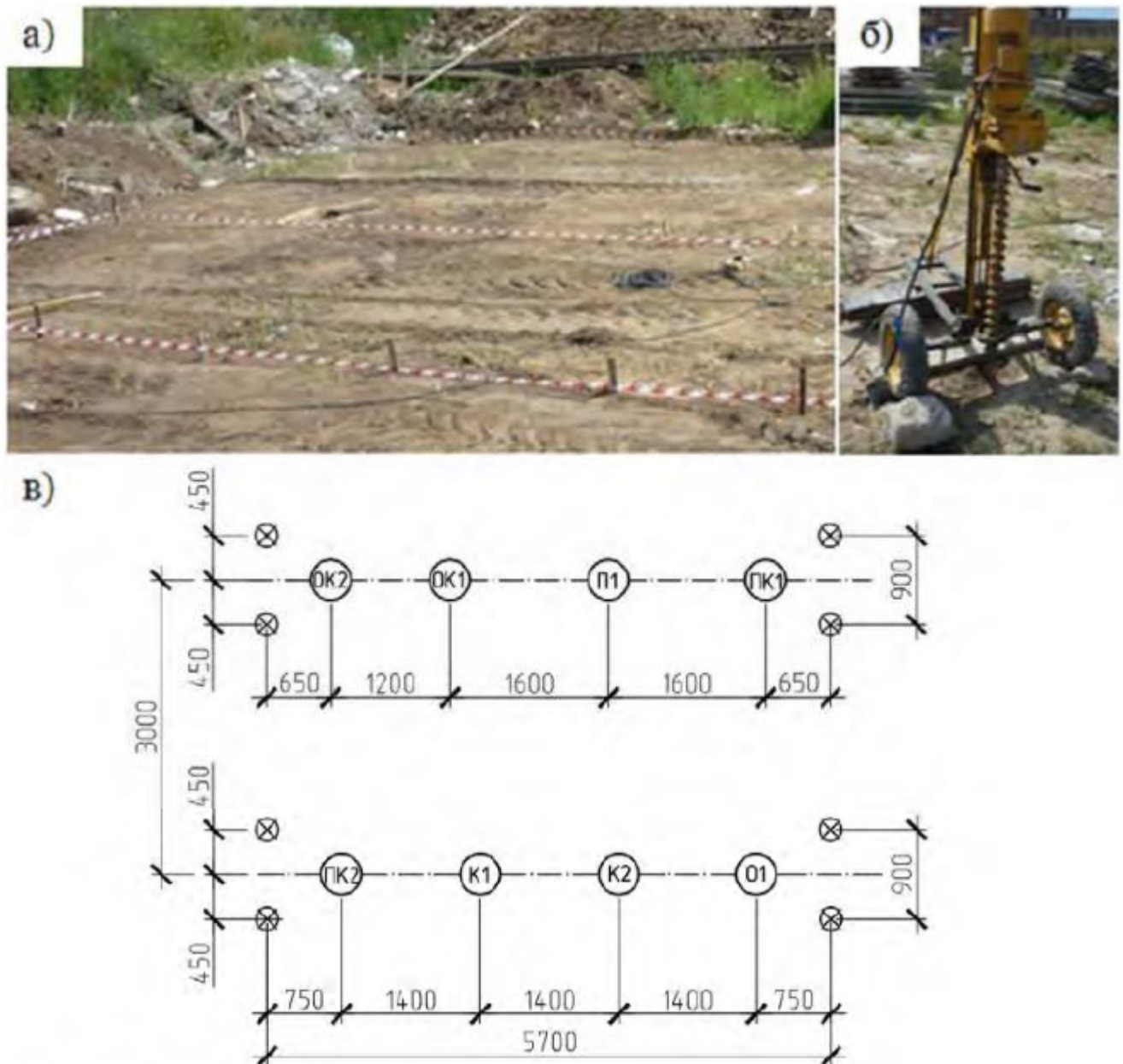


Рисунок 3.2 – Схема розташування буроін'єкційних паль на майданчику:

а – розбивка поздовжніх та поперечних осей свердловин, б – бурова установка

УКБ-12/25, в – план розташування анкерних та буроін'єкційних паль

Приготування глиноцементного ін'єкційного розчину, склад якого був обраний за результатами лабораторних досліджень наступному порядку (рисунок 3.3):

- у ємність з 50 л води додавалася 5 кг бентоніту марки ПБМБ за ТУ 2164-00641219638-2005, з подальшим перемішуванням міксером протягом 10 хв. для досягнення агрегативної стійкості колоїдної системи (суспензії) внаслідок абсорбції (набухання) мінеральних частинок глини у воді;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- потім отримана суспензія переливалася в циклічний розчиносмеситель РН-200А зі швидкістю обертання лопатей 90 об/хв., до якої додаються 50 кг цементу марки М400 за ГОСТ 31108-2003 та 3 кг рідкого скла (силікат натрію) за ГОСТ23078-81;

- остаточний склад розчину перемішувався в розчинозмішувачі РН-200А протягом 10 хв для гідратації цементних частинок та утворення кристаллогідратів. Слід зазначити, що більш тривале перемішування негативно відбивається на міцності розчину [4,22];

- перед ін'єкцією розчину контролювалася його щільність ваговим способом і розтікання - за допомогою конуса АзНП відповідно до вимог ГОСТ [34].



Рисунок 3.3 – Приготування глиноцементного розчину

Ін'єкція розчину при виготовленні паль здійснювалася за допомогою гумового шланга високого тиску на нижньому кінці якого розташовувався пакер [26], а верхній кінець з'єднувався зі шнековим розчинонасосом Putzmeister S5, продуктивністю до 20 л/хв. та максимальним тиском ін'єкції розчину до 2,0 МПа (рисунок 3.4).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата



Рисунок 3.4 – Шнековий розчинонасос Putzmeister S5

В процесі ін'єкції розчину мембрана-склянка на кінці палі розтягується і утворює в ґрунті розширення, розміри якого можна регулювати, збільшуючи або зменшуючи обсяг подачі розчину (рисунок 3.5).

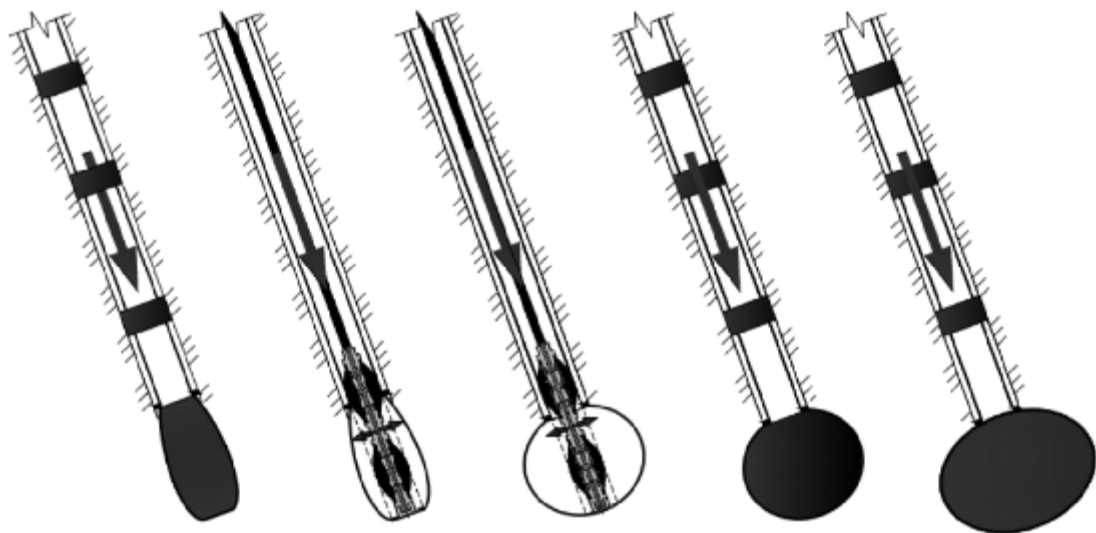


Рисунок 3.5 – Схема роботи пакера та розкриття контрольованого розширення

Деформації ґрунтового масиву ущільненої зони при формуванні контрольованих розширень по глибині фіксувалися за допомогою гвинтових глибинних марок, розташованих з кроком 0,2 м за глибиною та 60° в радіальному напрямку (рисунок 3.6).

Глибинна марка виготовлялася із металевого стрижня діаметром 10 мм і довжиною 50 мм, а лопаті – з листової сталі товщиною 2 мм діаметром 30 мм та внутрішнім отвором діаметром 10 мм. Нижній кінець стрижня загострювався, і

до нього кріпився початок гвинтової лопаті, приварюваної по спіралі по довжині стрижня. Струна кріпилася до верхнього кінця стрижня, що сточується під квадрат зі стороною 7 мм. Сточування проводилося для надійної фіксації марки при закручуванні в ґрунт. При цьому марка заходила у розточене під чотиригранник зі стороною 8 мм отвір у гайці М8. Гайка приварювалася до труби діаметром 16 мм, що була прямою для застосування марки на задану глибину.

Верхній вільний кінець струни з'єднувався з датчиком переміщення - прогібоміром 6ПАО, що фіксує переміщення шарів основи з точністю до 0,01мм. Всі вимірники деформацій закріплювалися на нерухомій реперній системі, що являє собою просторову трикутну ферму, жорсткі опори якої були рівновіддалені від паль на відстань понад 2 м (рисунки 3.7).

Вертикальні переміщення опор реперної системи відслідковувалися високоточними нівеліром. Опод опор під час експерименту не перевищував 0,1 мм.

3.3 Конструкція труби-ін'єктора з гумовою мембраною-склянкою

Для проведення польових досліджень конструкція труби-ін'єктора з резинової мембраною-склянкою була виконана у повній відповідності з заявленим патентом [107]. Як труба-ін'єктор використовувалася металева труба 57х3,5 мм виконана за ГОСТ 8732-2003 завдовжки 6,5 м із двома зонами перфорованих отворів діаметром 8 мм: 1-а зона розташовувалась на кінцевому ділянці мембрани-склянки, 2-а – поза кінцевою зоною (рисунки 3.8)

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

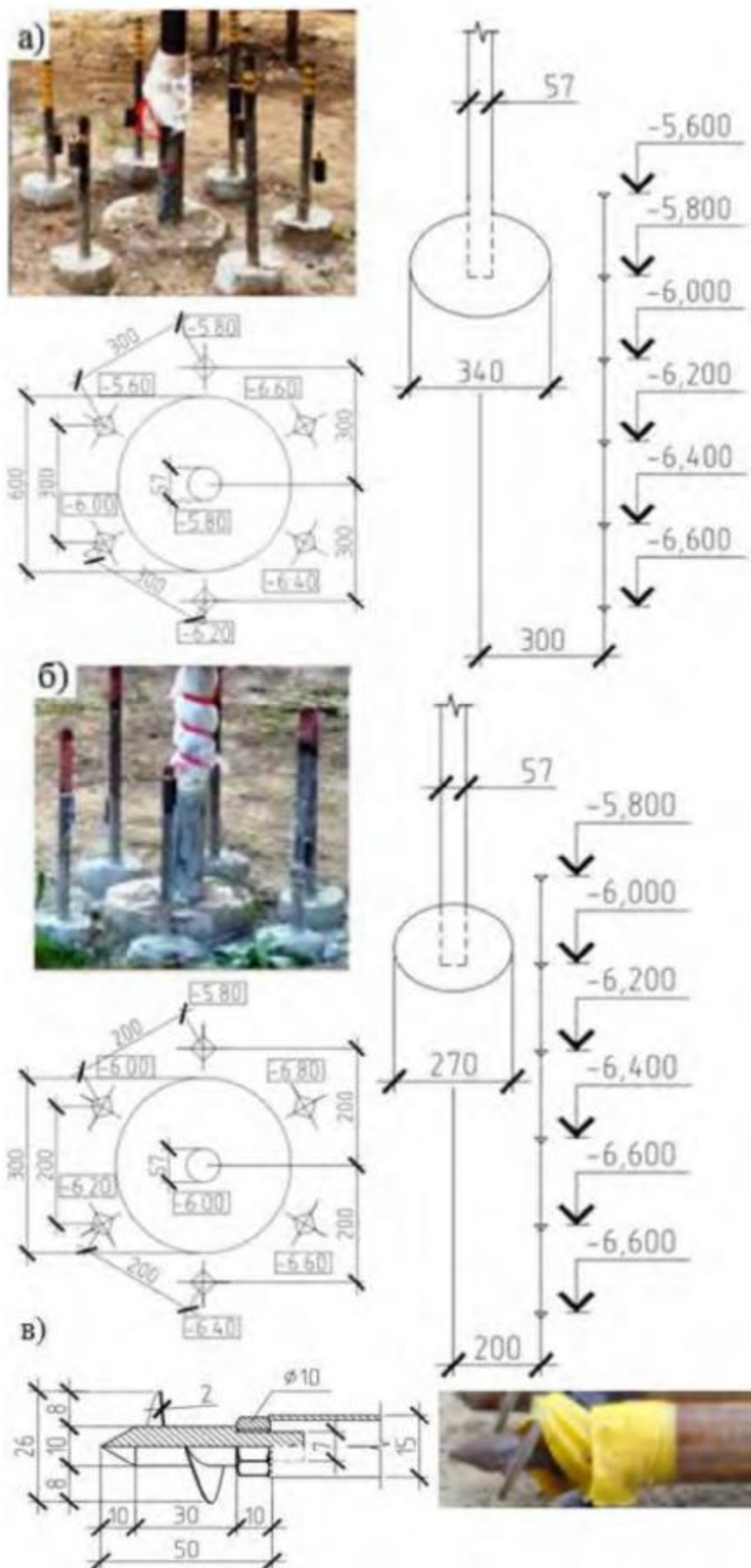


Рисунок 3.6 – Схема розташування гвинтових глибинних марок

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

а - для розширення об'ємом 20 л, б -10 л, в - загальний вигляд глибинної марки.



Рисунок 3.7 – Закріплення вимірювачів деформацій на реперній системі

На кінці ін'єктора приварювалася металева заглушка. Всі отвори перфорації закривалися гумовими манжетами шириною 25 мм завтовшки 1 мм, виступаючими у ролі зворотного клапана (п.2.3.1). На відстані 1,5 м від верху труби-ін'єктора отвори не були виконані, так як в цьому місці утворилася пробка з важкого бетону для запобігання виходу розчину зі свердловини під діючим тиском ін'єкції. У 1-й зоні 4 ряди отворів розташовуються в шаховому порядку з кроком 40 мм, у 2-й зоні 14 рядів паралельних отворів – з кроком 300 мм. Так само в 1-й зоні отворів поверх манжет натягу- гумова мембрана-склянка товщиною 2 мм, закріплена на трубі при потужності автомобільного хомута мембрана еластично обтягувала нижній кінець ін'єктора, повторюючи його форму - склянку, завдяки чому занурення труби- ін'єктора у свердловину проходило без появи у неї дефектів через збирання або застрягання. Також така конструкція під час ін'єкції сприяла рівномірного розкриття мембрани-склянки.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Необхідно відзначити, що між хомутом і мембраною встановлювалася додаткова гумова прокладка, що обертає її пошкодження під час фіксації хомута.

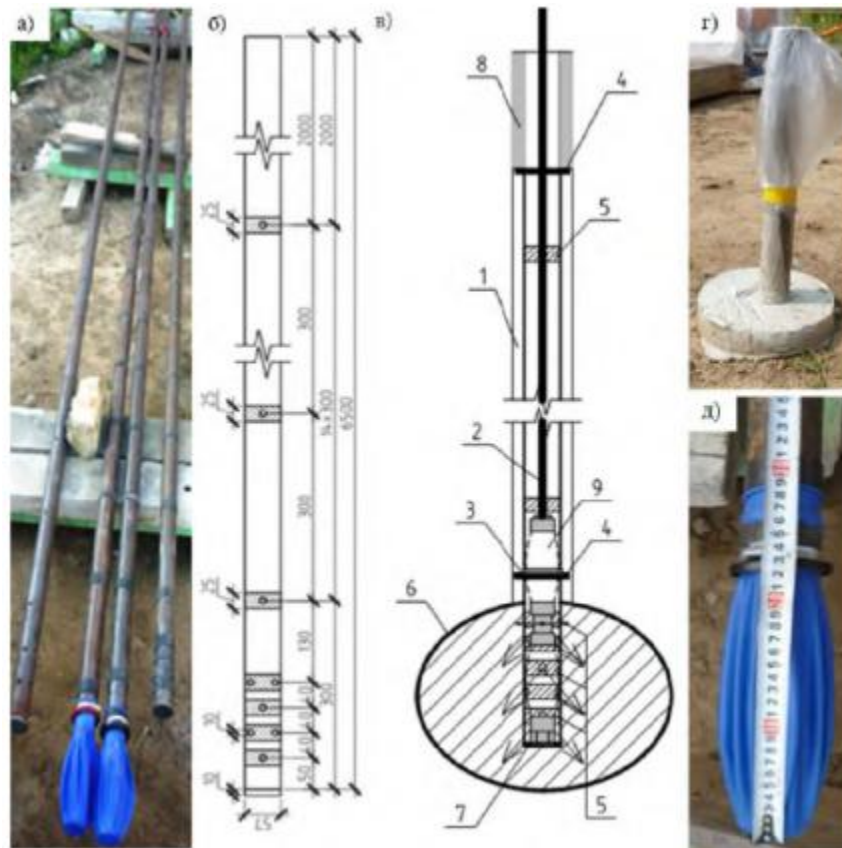


Рисунок 3.8 – Конструкція труби-ін'єктора з гумовою мембраною-склянкою товщ. 2 мм

а - зібрані ін'єктори, б - схема труби-ін'єктора, в - схема ін'єкції розчину в мембрану-склянку, г – бетонна пробка, д – мембрана-стакан, закріплена на трубі;

1 - свердловина, 2 - ін'єктор, 3 - хомут, 4 - кільце ущільнювача, 5 - гумова манжета, 6 – мембрана-склянка, 7 – заглушка, 8 – пробка; 9 – пакер.

Довжина труби-ін'єктора призначалася виходячи з інженерно-геологічних умов експериментального майданчика (п. 3.2, таблиця 3.1):

- 6 м нижче рівня землі – для формування контрольованих уширенняй у м'якопластичному суглинку;
- 0,5 м вище за рівень землі – для влаштування гільзи під час статичних випробувань паль.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 4. Польові дослідження буроін'єкційних паль з контролюємим розширенням довжиною 2 м

4.1 Завдання польових досліджень

Для більш детального вивчення напруженого стану ґрунтового масиву ущільненої зони при формуванні контрольованих розширень об'ємом 30 і 40 л, а також опрацювання технології пристрою буроін'єкційних паль при повторній ін'єкції були виконані подальші польові дослідження, основними завданнями яких було:

Визначення розмірів та вертикальних пошарових переміщень ґрунтового масиву ущільненої зони по глибині при формуванні контрольованого розширення обсягом 30 та 40 л;

Визначення зміни початкового напруженого стану ґрунтового масиву ущільненої зони при формуванні контрольованого розширення об'ємом 30 і 40 л та його часткового збереження у вигляді залишкових напружень;

3. Порівняння роботи буроін'єкційних паль без розширення контрольованим розширенням, з повторною ін'єкцією гідророзривів в умовах статичного навантаження;

4. Визначення осідання, несучої здатності, розмірів та вертикальних пошарових переміщень ґрунтового масиву активної зони контрольованого розширення об'ємом 30 та 40 л під дією вертикального статичного навантаження;

5. Визначення зміни фізико-механічних характеристик ґрунтового масиву ущільненої зони, геометричних параметрів контрольованих розширень, стовбура та гідророзривів з повторною ін'єкцією, шляхом екскавації буроін'єкційних паль;

6. Зіставлення результатів польових досліджень.

4.2 Майданчик, прилади та обладнання

Для вивчення взаємодії буроін'єкційних паль, виконаних по манжетної технології з ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів та що мають контрольоване розширення об'ємом 30 і 40 л. з ґрунтовим масивом влітку 2014 року було

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

проведено польові дослідження. Експериментальна площадка розташовувалась у м. Житомир у межах вулиці

Федюнінського і Червишевського тракту на території житлового комплексу, "Квітень", що будується (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Майданчик для проведення польових досліджень

Перед проведенням польових досліджень на майданчику було виконано заходи з техніки безпеки, організовані під'їзні шляхи, зрізаний ґрунтово-рослинний шар потужністю 0,5 м, проведено інженерно- геологічні дослідження з визначенням фізико-механічних характеристик ґрунтової основи (таблиця 4.1), а також здійснено підведення тимчасового водопроводу та енергопостачання. Рельєф майданчика рівний. Абсолютні позначки поверхні землі змінюються від 86,7-86,9 м. У геоморфологічному відношенні ґрунти майданчика відносяться до IV-ої правобережної надзаплавної тераси нар. Тури. У геологічній будові майданчика досліджень беруть участь рихлі відкладення верхньочетвертичного-олігоценного віку. Потужність ґрунтово-рослинного шару становить 0,3-0,5 м. Далі до глибини 1,4 м слід товща твердої глини, яку підстилає м'якопластичний суглинок потужністю 3,8-5,2 м. насичений водою. Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 1,3 м-коду. На майданчику за допомогою бурової установки УКБ-12/25 шнековим способом були виконані чотири ряди вертикальних свердловин діаметром 80 мм. загальною кількістю 20 шт. відповідно до рисунка 4.2.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Таблиця 4.1 – Фізико-механічні характеристики ґрунтової основи

Вид ґрунту	Ґрунтово-рослинний шар	Глина (напівтверда)	Суглинок (мякопластичний)
Глибина, м	0-0,5	0,5-1,4	1,4-6,6
γ , кН/м ³	16,2	17,6-18,2	18,4-19,6
γ_d , кН/м ³	-	14,7-15,4	13,9-15,9
γ_s , кН/м ³	-	27,1	26,9
W, %	23-24	18,0-20,0	26,0-32,0
e, д.ед.	-	0,76-0,84	0,7-0,8
S _r , д.ед.	-	0,55-0,76	0,87-0,97
I _p , %	-	18,0	9,0
I _L , д.ед.	-	0,15	0,62
ϕ , град	-	14,7-21,5	14,7-19,2
c, кПа	-	24,0-28,0	19,0-23,0
E _{комп} , МПа	-	3,3-3,4	2,2 -2,3
E, МПа	-	18,5-19,0	7,7-8,0

Примітка: E_{комп} – компресійний модуль деформації визначався відповідно до вимогами ГОСТ [32], E – модуль деформації, скоригований за допомогою що підвищують коефіцієнтів прийнятих за табл. 5.1 СП [18]. План розташування буроін'єкційних паль включав дві зони:

- зона «А» – призначалася для проведення технологічних досліджень, спрямованих на удосконалення способу виготовлення паль точки зору ефективності закріплення ґрунтового масиву при повторній ін'єкції гідророзривів з різним кроком отворів перфорації: 30, 40 50 см (п. 4.8.4);

- зона «Б» – призначалася для польових досліджень паль, конструкція яких була виконана за результатами технологічних досліджень у зоні «А». Приготування глиноцементного ін'єкційного розчину та його ін'єкція здійснювалася у порядку, описаному у п. 3.2. ПДВ ґрунтового масиву ущільненої зони при формуванні розширень фіксувалося за допомогою глибинних марок і месдоз, схема розміщення яких показана рисунку 4.3.

Конструкція та принцип роботи гвинтових глибинних марок описані у п.3.2. всі прогібоміри 6ПАО закріплювалися на нерухомій реперній системі, жорсткі опори якої були рівновіддалені від паль на відстань понад 2 м. Вертикальні переміщення опор реперної системи відстежувалися високоточним нівеліром, під час експерименту не перевищували 0,1 мм.

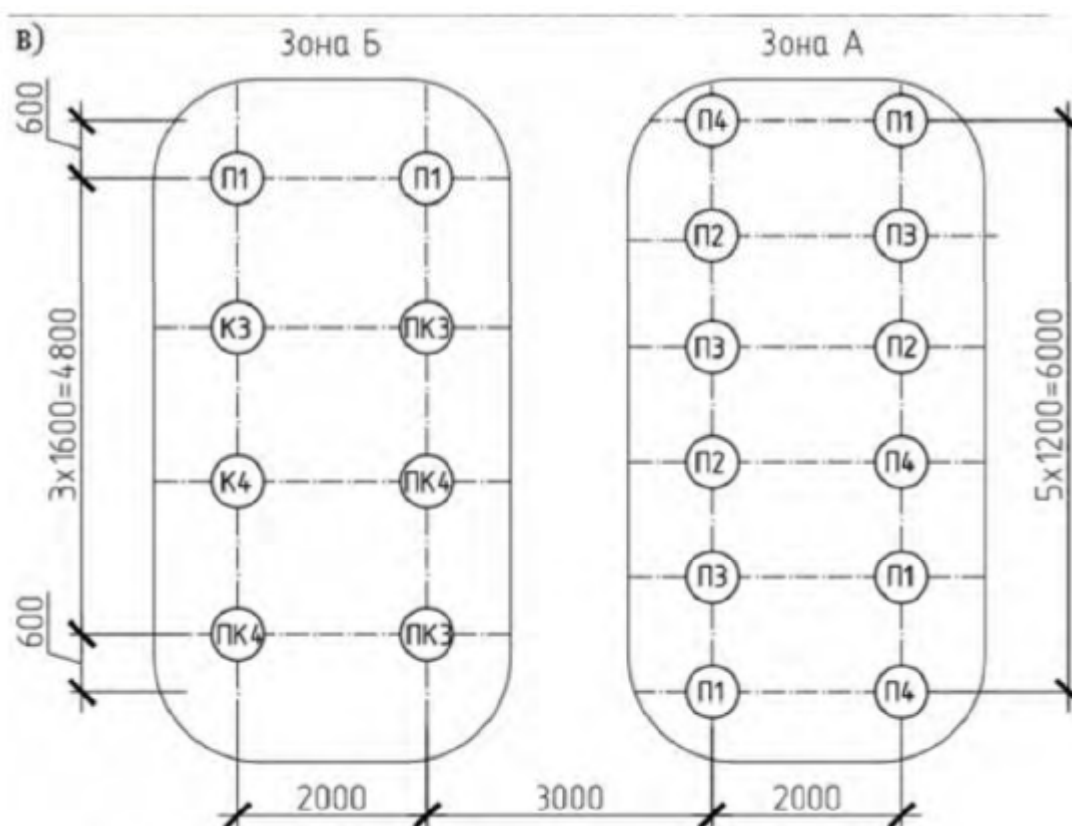


Рисунок 4.2 – Схема розташування буроін'єкційних паль на майданчику:

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

а – розбивка поздовжніх та поперечних осей свердловин, б – бурова установка УКБ-12/25,
в – план розташування буровин'єкційних паль

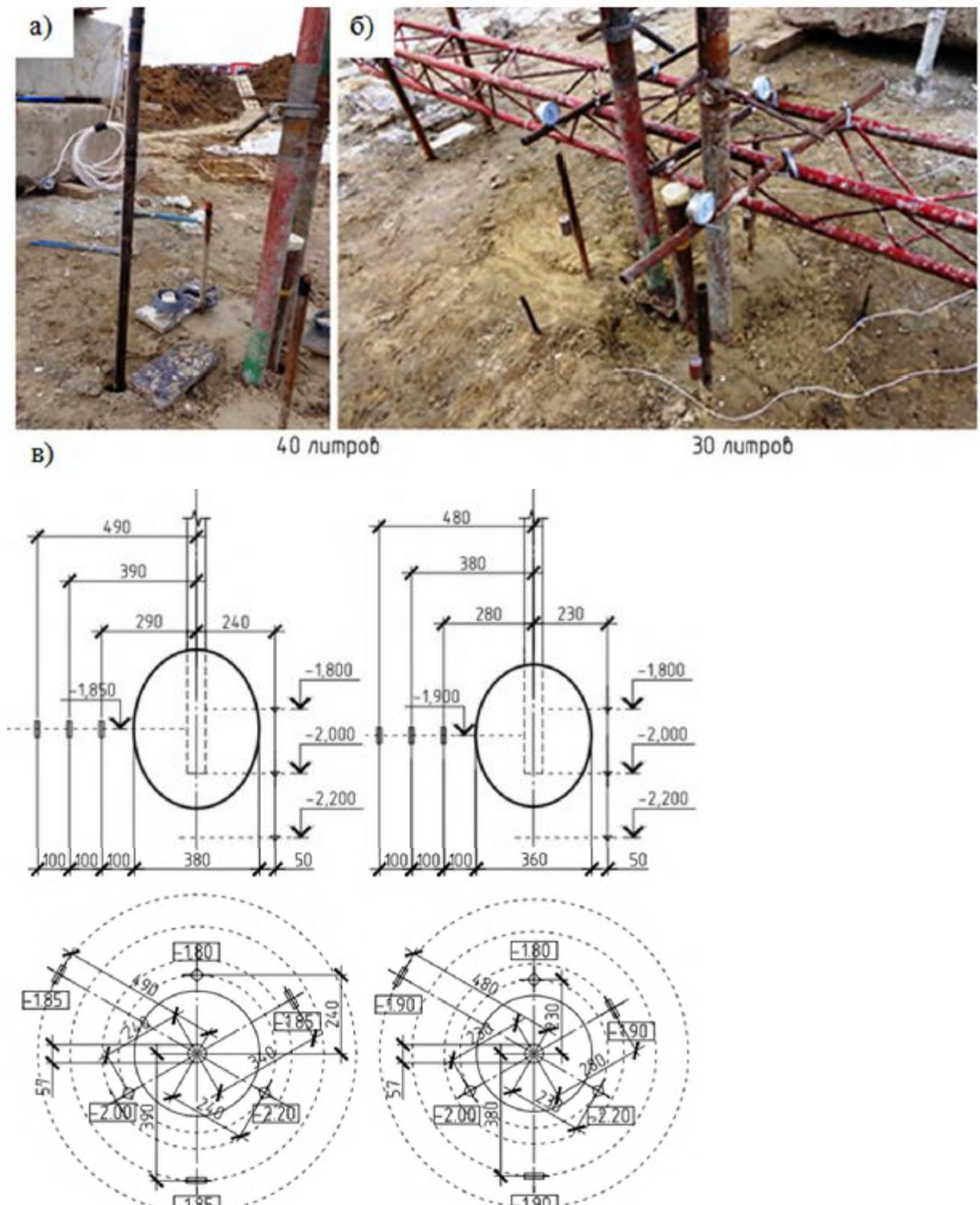


Рисунок 4.3 – Схема розташування глибинних марок та мессдоз

а – занурення глибинних мессдоз, б – закріплення прогібомірів 6ПАТ на реперній системі;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

в – схема розташування гвинтових глибинних марок і мессдоз під час ін'єкції розчину

мембрану-склянку Бічні радіальні напруження фіксувалися за допомогою вертикально занурених у ґрунт мембранних тензометричних мессдоз, конструкція яких наведено рисунку 4.4. Складання месдозу здійснювалося за методикою, описаної у роботах: Д.С. Баранова, А.В. Голлі, Б.І. Далматова, В.П. Петрухіна, О. А. Шулятьєва та ін [11,15,19]. Мессдози виконувалися з титанового корпусу, одна зі сторін якого являла собою гнучку пружну мембрану з наклеєним на внутрішній поверхні тензорезистором. Опір тензорезистора змінювалося за невеликих деформацій мембрани.

Вимірювальний прилад – цифровий перетворювач Field Point виробництва компанії National Instruments з необхідним програмним забезпеченням, створеним у середовищі LabView, яке перетворює дані зміни опору у відносні деформації тензорезистора у вигляді кодованого сигналу АЦП. Потім автоматично перетворює даний сигнал на поточні одиниці виміру, закладені в тарировочному файлі під час тарування мессдоз (кПа), і виводить графіки на монітор комп'ютера з частотою 0,1 с режим реального часу.

Діаметр мессдоз – 46 мм, висота – 6 мм, відношення $d/h=1/8$ – для виключення концентрації локальних напружень. Товщина месدوزи визначалася виходячи з умови розрахунку пружних чутливих елементів на міцність і максимально можливого тиску наступною формулою [11]:

$$\delta = d \cdot \sqrt{\frac{P_{max}}{5,35 \cdot [\sigma]}} \approx 0,8 \text{ мм}$$

де d - Діаметр месدوزи, $d = 46$ мм;

P_{max} – максимальний тиск ін'єкції, $P_{max} = 0,4$ МПа;

$[\sigma]$ – допустиме напруження

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{k} = 267 \text{ МПа}$$

Де σ_b – межа міцності на розтяг

k – коефіцієнт запасу при постійному навантаженні, $k=1.5$

Месдоза складалася з двох частин, що з'єднуються за допомогою пазів з промазанням місця стикування тонким шаром епоксидного клею за ТУ 2252-003-62517430-01 для надання високої герметичності з'єднання (рисунок 4.4).

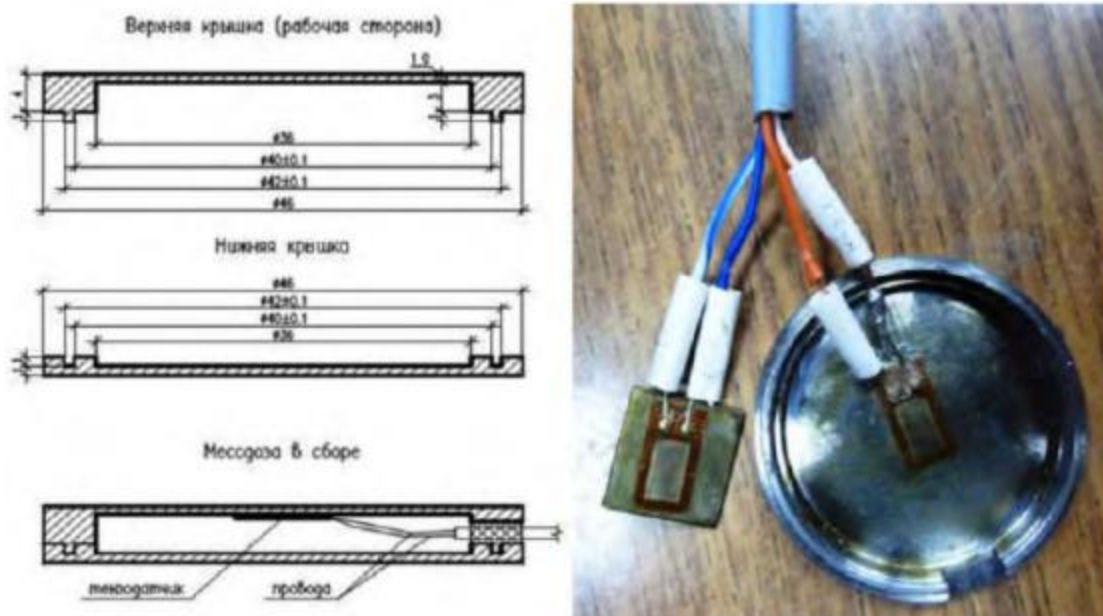


Рисунок 4.4 – Конструкція мембранної тензOMETричної месдоза

Як тензодатчики застосовувалися фольгові тензорезистори типу 2ФКП-5-200 з базою 5 мм за ТУ 4273-037-00225526. Технологія наклейки тензодатчиків на гнучку пружну мембрану месдоза та титанової компенсаційної платівці.

Після складання месдоза вставлялися в сталеві «ножі» (рисунок 4.5) допомогою епоксидного клею за ТУ 2252-003-62517430-01 закріплювалися у ньому.



Рисунок 4.5 – Конструкція глибинних месдоз

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

а – ножі для застосування мессдоз, б – мессдоза в ножі перед використанням у ґрунт

Перед впровадженням глибинних мессдоз у ґрунтовий масив, здійснювалася їх аеростатичне тарування під тиском у металевому баку

Кожна месдоза проходила 10 циклів навантаження та розвантаження до повного збігу кута нахилу тарувального прямого. Месدوزи, показання яких мали відхилення від тарівувальної прямої більше 8%, вибраковувалися. Загалом залежність між тиском на мембрану месدوزи та відносною деформацією тензорезистора була лінійна.

4.3 Вимірювання напруженого стану ґрунтового масиву ущільненої зони контрольованого розширення

За результатами перших польових досліджень п.3.6-3.7 було встановлено, що при формуванні контрольованого розширення на кінці буроін'єкційної палі утворюється ущільнена зона ґрунтового масиву з суттєво покращеними фізико-механічними характеристиками.

У той самий час науково практичні та теоретичні дослідження Н.Н. Баранова, Ю.К. Зарецького, Б.І. Далматова, О.М. Драновського, А.І. Поліщука, В.П. Петрухіна, О.А. Шулятьєва, О.І. Рубцова, Я.А. Пронозіна, Ю.В.

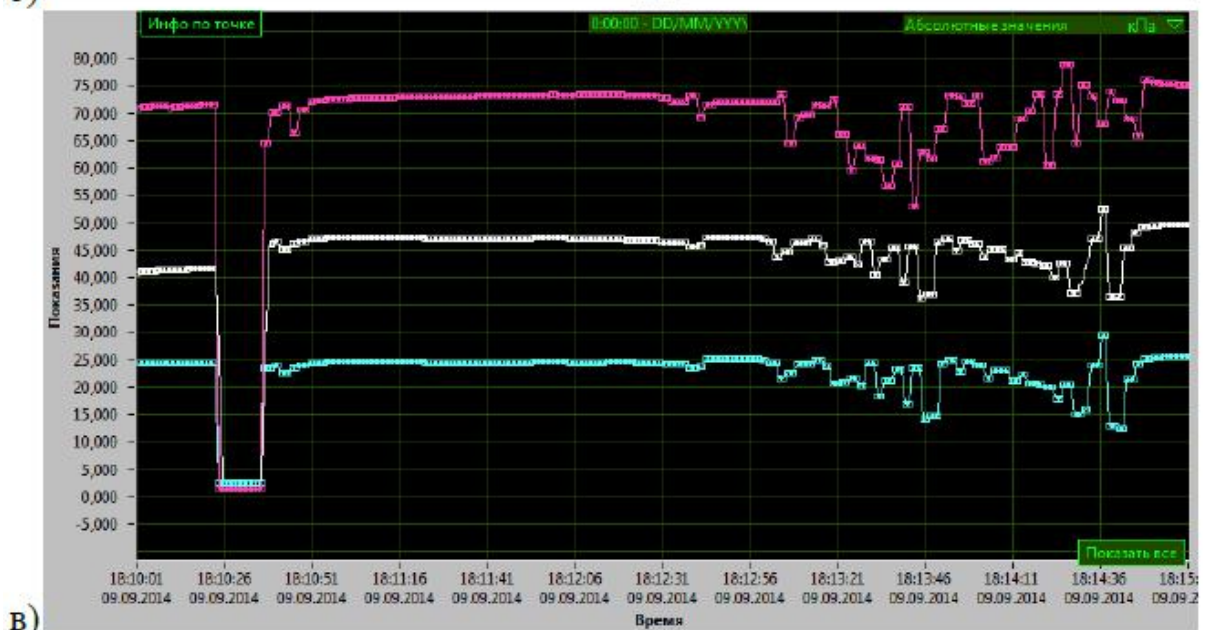
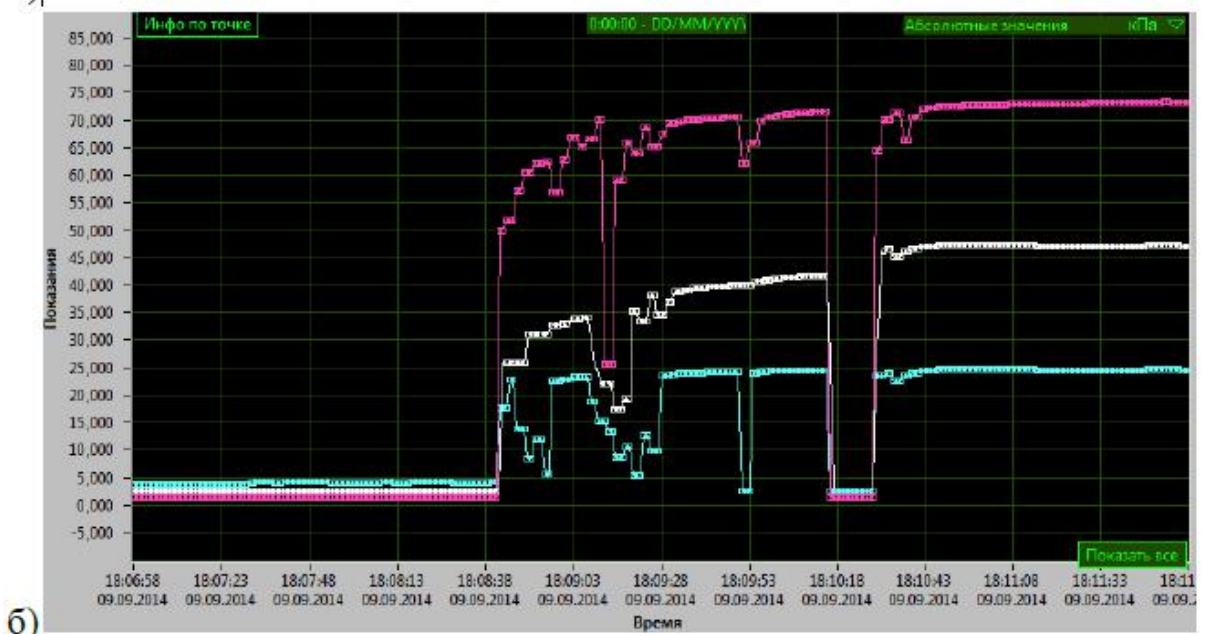
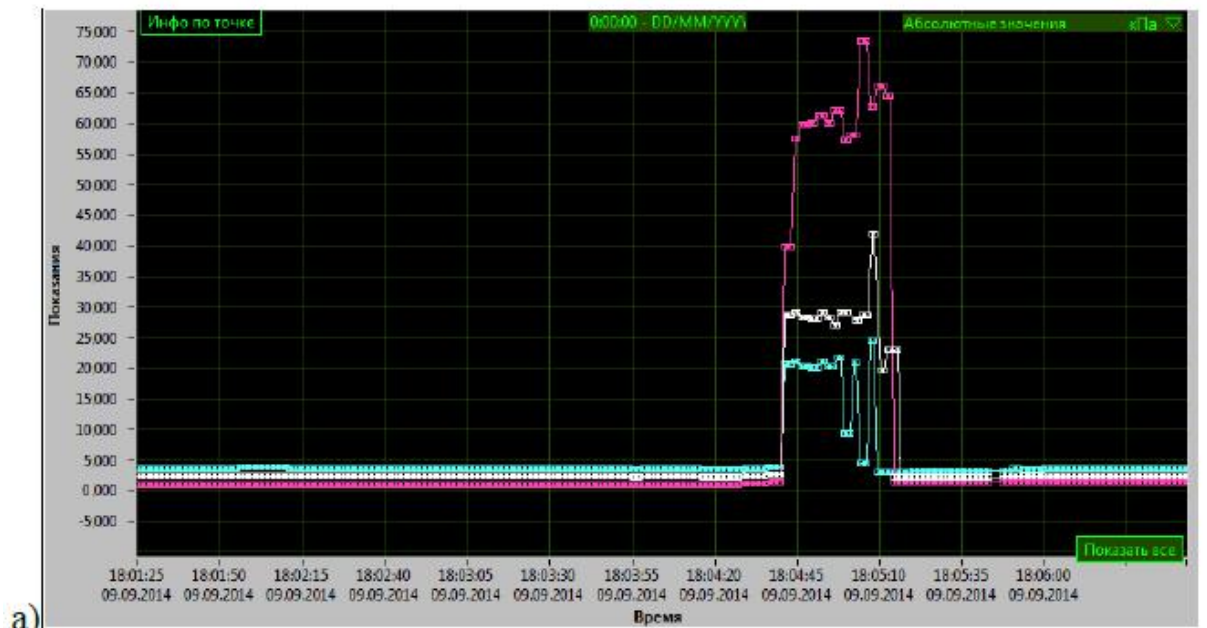
Наумкіної, М.А. Степанова, Н. Brandl, А. Evangelista, Н. Muhra, Н.Г. Poulos та ін. [12,25] зазначають, що за формуванні ущільненої зони в ґрунтовому масиві також відбувається зміна його початкового напруженого стану, що може суттєво відрізнятиметься від вихідного. У зв'язку з цим для реєстрації бічних радіальних напружень при формуванні контрольованих розширень об'ємом 30 і 40 л були встановлені глибинні месدوزи (п. 4.2). Месدوزи розташовувалися на відстані 10, 20 та 30 см від прогнозованого діаметра розширень (рисунок 4.3).

За показаннями мессдоз через цифровий перетворювач FieldPoint на монітор комп'ютера було виведено графіки зміни всього циклу вимірювання напружень ґрунтового масиву: під час та після ін'єкції розчину (рисунок 4.11). Усі три графіки майже синхронно показують динаміку

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

зміни напруження. Слід також відзначити, що ін'єкція розчину в мембрану-склянку здійснювалася уривчасто в три етапи з технологічними паузами по 1 хв. з метою попередження можливого утворення дефектів мембрани при ін'єкції відразу всього обсягу розчину та вимірювання релаксації миттєвих напружень пружнопластичного стану ґрунтового масиву. На рисунку 4.11 показано перший етап ін'єкції розчину при тиску 0,1 МПа в мембрану-склянку тривалістю 1 хв.: характер зміни напружень непостійний (хвильовий) пов'язаний з розширенням мембрани-склянки та вибором пластичних деформацій. На рисунку 4.11 б показаний другий етап ін'єкції розчину при тиску 0,15 МПа тривалістю 2 хв: непостійний характер зміни напружень зберігається, але вже з'являються ділянки зі стабільними значеннями за часом у межах 20-30 с. На рисунку 4.11 показаний третій етап ін'єкції розчину при тиску 0,2 МПа в мембрану-склянку тривалістю 4 хв.: зміна напружень уже носить більш стабільний характер, невеликі сплески виникають лише у останній момент ін'єкції. Таким чином, загальне час ін'єкції розчину при формуванні контрольованого розширення становило 10 хв.

Час реєстрації залишкових напружень після ін'єкції розчину ущільненій зоні ґрунтового масиву – 24 години. На рисунку 4.11 г показано перші 5 хв. після закінчення ін'єкції: всі значення напруження стабілізувалися і носять постійний характер. На рисунку 4.11 д показано перші 30 хв. після закінчення ін'єкції: простежується падіння напружень у середньому на 9,5 % пов'язане з їх релаксацією у ґрунтовому масиві імовірно через процеси фільтраційної консолідації водонасиченого ґрунтового масиву. На рисунку 4.11 е показані другі 30 хв. після закінчення ін'єкції: простежується вже повільніше падіння напруження у середньому на 4,4%.



Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

КМР 209 ПЗ

Аркуш

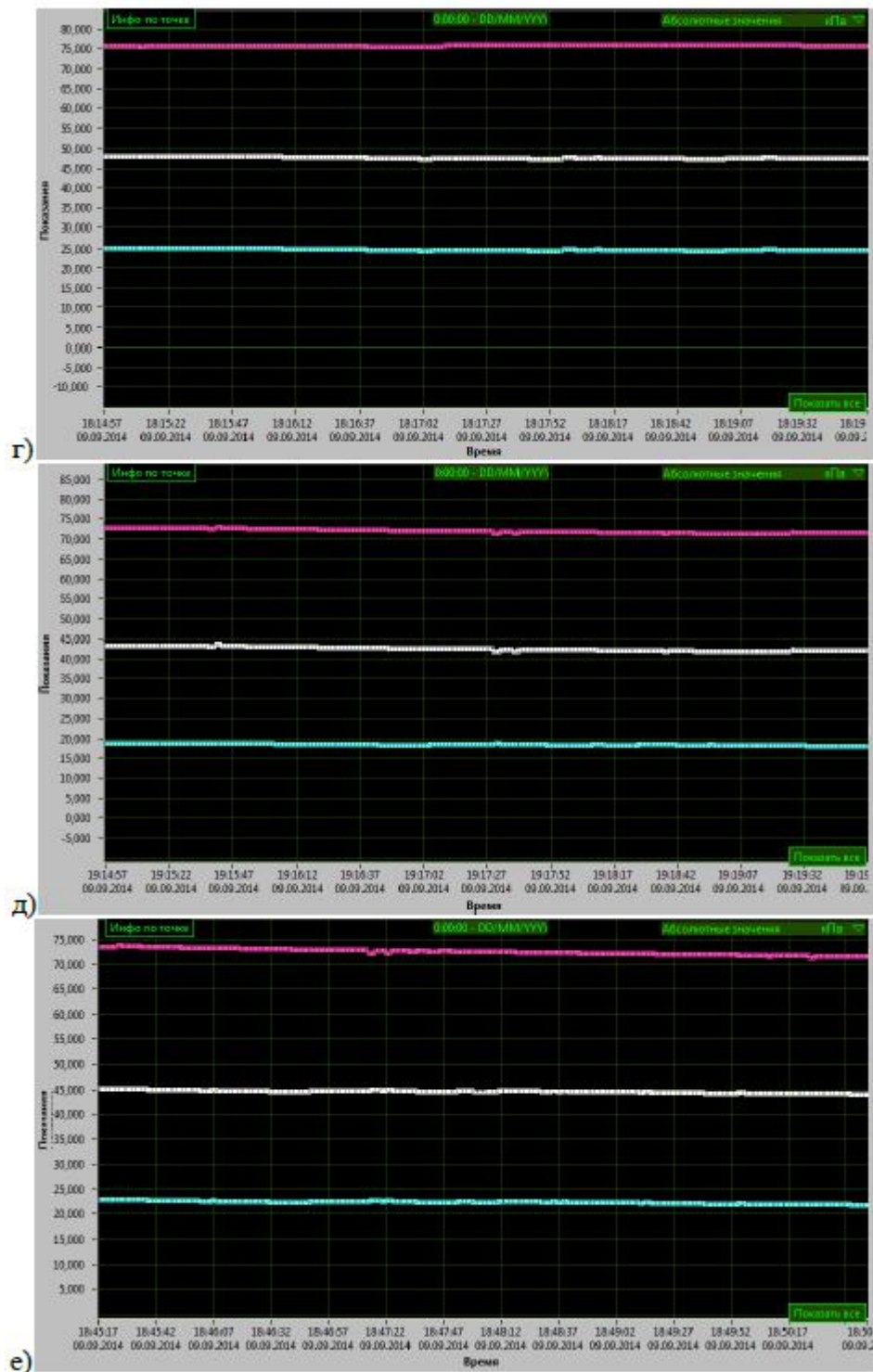


Рисунок 4.11 – Графіки розподілу бічних нормальних напруження при формуванні контрольованого розширення об'ємом 40 л: зверху месдозу на відстані 10 см, посередині – 20 см, унизу – 30 см від прогнозованого діаметра розширення (рисунок 4.3 п.4.2).

Для більш наочного уявлення характеру зміни напруження у момент ін'єкції розчину на кожному етапі та після ін'єкції були побудовані графіки розподілу

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

напруження у ґрунтовому масиві на різному відстані від прогнозованого діаметра розширення (рисунки 4.12-4.13). За графіками (рисунки 4.12-4.13) слід зробити висновки:

1. Після формування контрольованого розширення на кінці палі поряд з утворенням ущільненої зони ґрунтового масиву відбувається зміна початкового напруженого стану (з'являються надлишкові напруження), частина якого в середньому до 43% зберігається в межах ущільненої зони ґрунтового масиву у вигляді залишкових напружень; 2. Практично лінійний характер графіків розподілу напруження на 3-му етапі ін'єкції свідчить про те, що вибираються залишкові пластичні деформації в ущільненій зоні;

2. Релаксація напруження у водонасиченому ґрунтовому масиві відбувається за рахунок розсіювання надлишкового порового тиску протягом певного часу (фільтраційна консолідація) [17];

3. Поетапна ін'єкція розчину в мембрану-склянку (з технологічними паузами) сприяє рівномірному її розкриттю в ґрунтовому масиві та більше тривалого збереження залишкового напруження завдяки релаксації миттєвих напружень пружнопластичного стану ґрунтового масиву.

4.4 Статичні випробування буроін'єкційних паль

Для встановлення закономірності розвитку осідання палі від навантаження та вивчення активної зони ґрунтового масиву контрольованих розширень були проведено статичні випробування відповідно до вимог ГОСТ [36].

Експериментальна установка складалася з двох наполегливих двотаврових балок №35Б2 та фундаментних блоків ФБС 24.6.6., на одну частину яких спираються балки, а інша є привантаженням із загальною масою 20 т (рисунок 4.14).

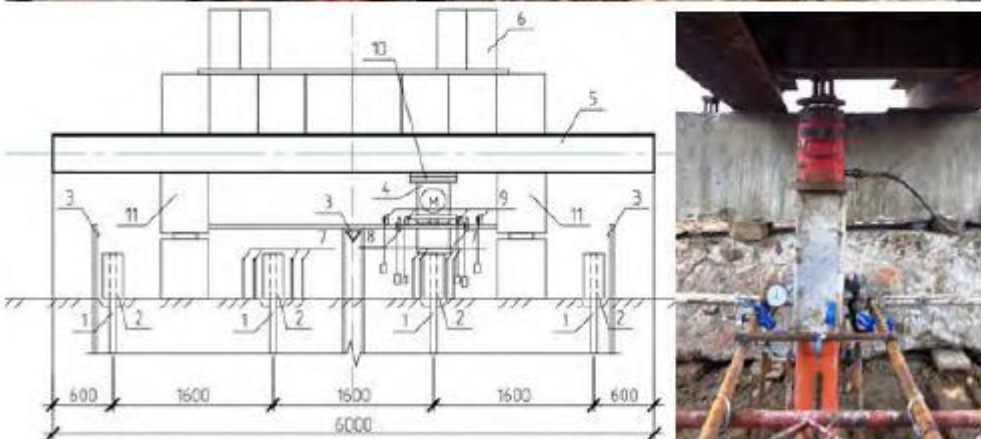


Рисунок 4.14 – Схема та фотографія експериментальної установки

1 - випробувана палля; 2 – гільза; 3 – реперна система; 4 – домкрат із манометром; 5 – завзяті балки; 6 – привантаження із фундаментних блоків; 7 – глибинні марки; 8,9 - прогібоміри 6 ПАТ; 10 – розподільні пластини; 11 – фундаментні блоки;

Навантаження на палі передавалося за допомогою гідравлічного домкрата вантажопідйомністю до 100 т. Величина навантаження фіксувалася по попередньо тарованого манометра (додаток 1), встановленого на гідравлічній станції домкрата та по електронному динамометру стиснення ДМС- МГ4, встановленого між домкратом та наполегливою балкою (рисунок 4.15).

Навантаження виконувалося ступенями по 5 кН. Відповідно до п.7.3.5 СП [14], додатком Ж СП [12] та таблицею 14.1 МГСН 2.07-01 за приватне значення граничного опору випробовуваної палі вдавлюючому навантаженні (Критерій зриву) приймалася осадка рівна 15 мм.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Висновки за розділом 4

За результатами польових досліджень слід зробити висновки:

1. Під час ін'єкції розчину в мембрану-склянку на нижньому кінці палі формується еліпсоподібне витягнуте по вертикалі контрольоване розширення діаметром 360-390 мм із співвідношенням $d/h=0,7-0,8$, а також ущільнена зона ґрунтового масиву із середнім радіусом поширення 0,50-0,60 м та суттєвою зміною фізико-механічних характеристик:

щільність ґрунту збільшилася на 24%; вологість зменшилась на 36%; модуль деформації збільшився на 67%, – що надалі необхідно враховувати при розрахунковому визначенні основних параметрів контрольованого розширення;

2. При формуванні розширення відбувається зміна початкового напруженого стану, частина якого до 43% зберігається в межах ущільненої зони ґрунтового масиву контрольованого розширення після релаксацій напруження та твердіння розчину у вигляді залишкових напружень;

3. При формуванні стовбура буроін'єкційної палі за манжетною технології з повторною ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів за рахунок постійно діючого тиску на стінки свердловини із середнім значенням 0,15 МПа відбувається збільшення діаметра стовбура палі в середньому у 2,1 раза. Збільшення діаметра палі та утворення гідророзривів у навіколопальному ґрунтовому масиві призводить до формування ущільненої зони із середнім радіусом 0,2-0,3 м та зміною фізико-механічних характеристик: щільність збільшилася до 20%, вологість зменшилася до 28%, модуль деформації збільшився до 33%, - що надалі необхідно враховувати при розрахунковому визначенні основних параметрів стовбура палі;

4. Встановлено, що тиск утворення гідророзривів ґрунту становило 0,1-0,4 МПа. При цьому найбільш ефективним було закріплення ґрунтів ін'єкцією з кроком 30 см за висотою, при якому відбувається утворення як вертикальних, так

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

і горизонтальних гідророзривів завтовшки 10-30 мм на відстань у середньому 0,5 м від стовбура палі.

5. При формуванні розширення паля відразу входить у роботу (сила пружної протидії становить 5,1-6,8 кН) завдяки чому виключається можливість технологічної осідання (що характерно для багатьох способів посилення), та залучає в роботу нижні шари ґрунтової основи до застосування додаткового корисного навантаження;

6. Графік роботи паль з розширенням без гідророзривів під час дії статичного вдавлюючого навантаження має початкову лінійну та нелінійну зону деформування. Встановлено, що здатність палі, що несе, з урахуванням роботи стовбура практично лінійно залежить від обсягу розширення. Збільшення об'єму розширення на 10 л сприяє збільшенню несучої здатності палі (з розширенням) у середньому на 16-18%. При початкових щаблях розвантаження відбувається активне зростання зворотних деформацій, характер якого є принципово відрізняється від графіка розвантаження стандартних паль і пояснюється наявністю в підставі пружних деформацій у межах ущільненої зони, що виникли при навантаженні ґрунтового масиву, і залишкових напружень, що збереглися при формуванні розширення. Величина пружного виходу палі при розвантаженні становить до 27% від повного опадку;

7. Повторна ін'єкція гідророзривів збільшують несучу здатність палі з розширенням у середньому 35-40% порівняно зі сваями без гідророзривів. Палі з розширенням та гідророзривами, при навантаженнях до $F_d/2$ мають осідання в межах 1/10 осідання, що відповідає критерію зриву, що дуже важливо у аналізованій області їх застосування. При наявності гідророзривів величина пружного виходу паль зменшується в 2 - 2,5 рази, що є наслідком збільшення кількості гідророзривів та їх локалізації в при пальовому ґрунтовому масиві. За відсутності розширення пружний вихід палі при розвантаженні становить трохи більше 6% від осідання. Встановлено, що за визначенні несучої здатності паль з повторною ін'єкцією гідророзривів з середнім відхиленням від

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

експериментальних значень 3% може бути використано принцип «суперпозиції» обліку роботи стовбура палі з розширенням і гідророзривами;

8. Виявлено, що з позицій витрати матеріалів найбільшою питомою несучою здатністю володіють палі з максимальним обсягом розширення і повторною ін'єкцією гідророзривів;

Таким чином, узагальнюючи результати польових досліджень на 1-й та 2-й експериментальних майданчиках, слід підкреслити високу ефективність та технологічність пропонованих паль для посилення стрічкових фундаментів, на підставі яких залягають пилувато-глинисті ґрунти в умовах статичного навантаження, засновану на комплексному характері їхньої роботи:

- утворенню ущільненої зони навколопалового ґрунтового масиву з значним поліпшенням фізико-механічних характеристик при формуванні стовбура палі за манжетною технологією з повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів», і, особливо, контрольованого розширення в нижній частині палі;
- значної жорсткості паль, зниження деформованості навколопального ґрунтового масиву завдяки утворенню гідророзривів та збереженню залишкових напружень в ущільненій зоні контрольованого розширення.

Загальні висновки

1. Розроблено новий спосіб посилення стрічкових фундаментів будівель та споруд, в основі яких залягають пилувато-глинисті ґрунти, що дозволяє об'єднати пристрій буроін'єкційних паль з контрольованим розширенням, манжетну технологію ін'єкції розчину в режимі «гідророзривів» (у тому числі повторну) за будь-яким горизонтом ґрунтового масиву та відновлення конструкції фундаменту в одну технологічну операцію, що значно підвищує ефективність;

2. Визначено склад «глиноцементного» розчину з В/Ц = 1 та додаванням 5 % бентонітової глини марки ПБМБ по 3 % рідкого скла, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви у навколопальному ґрунтовому масиві прогнозованих геометричних параметрів із заданими механічними характеристиками;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

3. Встановлено, що при формуванні контрольованого розширення обсягом 10-40 л мінімальний діаметр розширення становить від 250 до 390 мм, утворюється ущільнена зона ґрунтового масиву із середнім радіусом поширення 0,15-0,6 м від труби-ін'єктора та істотною зміною фізико-механічних характеристик: густина збільшується в середньому на 25%; вологість зменшується на 37%; модуль деформації збільшується на 64%, що надалі необхідно враховувати при розрахунковому визначенні основних параметрів контрольованого розширення, при цьому безпосередньо на форму розширення великий вплив надає глибина розташування палі та ПДВ ґрунтового масиву під існуючим фундаментом (наявність привантаження). Також виявлено зміну початкового напруженого стану ґрунтового масиву та його часткового збереження до 43% у межах ущільненої зони у вигляді залишкових напружень.

4. Встановлено, що при формуванні стовбура буроін'єкційної палі слід застосовувати лише повторну ін'єкцію розчину в режимі «гідророзривів», за якої відбувається збільшення кількості гідророзривів та їх локалізація у навіколопаловому ґрунтовому масиві на відстані 0,5 м від труби ін'єктора (при максимальному розкритті товщиною до 130 мм), внаслідок чого несуча здатність палі збільшується в середньому на 20%. Також виявлено, що за рахунок постійно діючого тиску на стінки свердловини із середнім значенням 0,2 МПа відбувається збільшення діаметра ствола палі в середньому в 2 рази, яке спільно з утворенням гідророзривів призводить до формування ущільненої зони із середнім радіусом 0,2-0,4 м від труби-ін'єктора та зміни фізико-механічних характеристик у межах цієї зони: щільність збільшується в середньому до 17%, вологість зменшується до 28%, модуль деформації збільшується до 35% – що надалі необхідно враховувати при розрахунковому визначенні параметрів стовбура палі;

5. Виявлено, що графік роботи паль з розширенням під навантаженням початкову лінійну та нелінійну зони деформування. Встановлено, що несуча здатність палі, з урахуванням роботи ствола, практично лінійно

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

залежить від обсягу розширення. Збільшення обсягу розширення на 10 л сприяє збільшення несучої здатності палі (з розширенням) загалом на 14-19%.

Також встановлено, що при початкових щаблях розвантаження відбувається активне зростання зворотних деформацій, яке пояснюється наявністю на підставі пружних деформацій у межах ущільненої зони, що виникли при навантаженні ґрунтового масиву, і залишкових напружень, що збереглися при формуванні розширення. Величина пружного виходу палі при розвантаженні становить середньому до 25% від повного значення осідання. При наявності гідророзривів величина пружного виходу паль зменшується у 2 – 2,5 рази.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.→ Абелев, М.Ю. Аварии фундаментов сооружений / М.Ю. Абелев. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1975. – 56 с.
- 2.→ Бабушкин, Г.У. Усиление фундаментов на просадочных грунтах с помощью задавливаемых свай / Г.У. Бабушкин, Л.К. Гинзбург // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1984. – №1. – С.12-15.
- 3.→ Байдаков, О.С. Применение материалов Mikrodur для инъекционных работ при укреплении грунтов и усилении конструкций / О.С. Байдаков // Метро и тоннели. – 2005. – № 6. – С.34—38.
- 4.→ Банник, Г.И. Техническая мелиорация грунтов. / Г.И. Банник. Вища школа. Киев. 1976.
- 5.→ Баранов, Н.Н. Влияние режима опрессовки на несущую способность буроинъекционных свай / Н.Н. Баранов, И.М. Клейнер, Н.С. Мирочник, Н.С. Четыркин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1991. – № 3. – С.8-11.
- 6.→ Бартоломей, А.А. Исследование напряженно-деформируемого состояния активной зоны свайных фундаментов в водонасыщенных грунтах / А.А. Бартоломей, Б.С. Юшков, Н.Е. Рукавишникова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – № 6. – С.12-18.
- 7.→ Бартоломей, А.А. Прогноз осадок свайных фундаментов / А.А. Бартоломей,
- 8.→ И.М. Омельчак, Б.С. Юшкова // Под ред. чл.-корр. РАН, проф. А.А. Бартоломея. К.: Стройиздат, 1994. – 384 с.
- 9.→ Богов С.Г. Исследование свойств инъекционных растворов на основе цемента для качественного закрепления грунтов / С.Г. Богов, И.А. Запевалов // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2000. – №2. (Интернет-журнал)
- 10.→ Бойко, И.П. Исследование работы забивных свай с раскрывающимся наконечником: автореф. дис. кан-д. техн. наук: 05.23.02 / Бойко-Иван-Петрович. – Киев, 1969. – 17 с.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

11. Воронкевич, С.Д. Основы технической мелиорации грунтов. / С.Д. Воронкевич. - К.: Научный мир, 2005. - 504 с. ¶
12. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. - К.: Стандартиформ, 2012. ¶
13. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. - М.: Минстрой, 1996. ¶
14. Далматов, Б.И. Особенности устройства фундаментов на пылевато-глинистых грунтах в условиях реконструкции / Б.И. Далматов, В.Н. Бронин, В.М. Улицкий, Л.К. Пронев // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1986. - №5. - С.4-6. ¶
15. Дмитриев, Н.В. Обобщение результатов по химическому закреплению грунтов в основании зданий в Волгодонске / Н.В. Дмитриев // Основания, фундаменты и механика фунтов. - 1992. - №3. ¶
16. Егоров, А.И. Опыт проектирования и строительства фундаментов из буроинъекционных свай / А.И. Егоров, Л.Б. Львович, Н.С. Мирочник // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1982. - №6. - С.18-21. ¶
17. Зарецкий, Ю.К. Расчет буронабивных свай по предельным состояниям / Ю.К. Зарецкий, М.И. Карабаев // Основания, фундаменты и механика грунтов, - 1985. - № 5. - С. 12-15. ¶
18. Кваша В.Т. Просторовий розрахунок плитно-ребристих систем з врахуванням нелінійного розподілу жорсткості / В.Т. Кваша, І.Т. Іваник // Матеріали Українського міжгалузевого науково-практичного семінару „Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації штучних споруд на шляхах сполучення”. - Київ, 1998. - С. 104–107. ¶
19. Клованич С.Ф. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных плит с использованием изопараметрического конечного элемента / С.Ф. Клованич, Д.И. Безушко // Строительная механика и расчет сооружений. - №2. - 2008. - С.67-71. ¶
20. Кодыш Э.Н. Применение метода дискретных связей для расчета железобетонных конструкций многоэтажных зданий / Э.Н. Кодыш,

- А.Н.Мамин^о //^о Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 62. — Київ: НДІБК, 2005. — С. 159–164.¶
21. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009. [Чинний від 2011-06-01]. — Офіц. вид. — К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України : Держбуд України, 2011. — 98 с. — (Нормативний документ Держбуду України).¶
22. Коргина М. А. Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния : дис. ... кандидата техн. наук : 05.23.01. / Коргина Мария Андреевна. — М., 2008. — 225 с.¶
23. Крамарь В.Т. Исследование круглопустотных панелей перекрытия, заземленных по концам в стену / В.Т. Крамарь, К.М. Арзуманян, П.И. Кожухов // Бетон и железобетон. — 1983. — № 3. — С. 27–28.¶
24. Крылов С.М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях / С.М. Крылов // — М.: Стройиздат, 1964. — 167 с.¶
25. ЛИРА. - САПР. 2011. Учебное пособие / [Ю.В.Тензерский, Д.В. Медведев, О.И. Палиенко, и др.] — К.: Электронное издание, 2011 г., — 396 с. → ¶
26. Мамин А.Н. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий с учетом нелинейности и изменяющейся податливости на основе многоуровневой дискретизации несущих систем / А.Н. Мамин // Диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук. — Москва, ЦНИИПромзданий, 2005. — 437 с.¶
27. Мамин А.Н. Основные принципы формирования дискретно-связевой модели для расчета плоскостных конструкций / А.Н. Мамин, Э.Н. Кодыш. — ЦНИИПромзданий. — М., деп. В ВНИИТПИ № 11896. Библ. указ. рукоп. №1, 2003. — 9 с. → ¶
28. Немчинов Ю.И. Метод пространственных конечных элементов (с

- приложениями к расчёту зданий и сооружений) / Немчинов Ю. И. — К.: Изд-во НИИСК, 1995. — 368 с. ¶
29. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. : ДБН В.2.1-10:2009. — [Чинний від 2009-02-01]. — Офіц. вид. — К.: Мінірегіонбуд України, 2009. — 107 с. ¶
30. Пастернак П. Л. Исследование пространственной работы монолитных железобетонных конструкций / Пастернак П. Л. // Сб. тр. МИСИ. — М., 1940. — Вып. 4. → ¶
31. ПК-ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций : справочно-теоретическое пособие / [под. ред. А. С. Тородецкого]. — К.-М.: «Факт», 2003. — 464 с. ¶
32. Семченков А. С. Пространственно-деформирующиеся железобетонные диски перекрытий многоэтажных зданий. Экспериментальные исследования, практические методы расчета и проектирование: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01 / А. С. Семченков. — М., 1991. — 703 с. ¶
33. Семченков А. С. Пространственная работа многопустотных плит безопалубочного формования / А. С. Семченков, О. В. Алексеев, Ю. Н. Карнет // Бетон и железобетон. — 1987. — № 3. — С. 8-11. → ¶
34. Стороженко Л. Т. Дослідження та проектування сталезалізобетонних безбалкових та часторебристих перекриттів: монографія / Л. Т. Стороженко, О. В. Нижник. — Полтава: Дивосвіт, 2011. — 300 с. ¶
35. Слободянюк С. О. Взаємодія попередньо напруженої арматури з бетоном і розрахунок одношарових стінових панелей з урахуванням повзучості поризованого бетону / С. О. Слободянюк, Є. А. Яценко // Монографія. — Дніпропетровськ: ПДАБА; Пороги, 2007. — 278 с. ¶
36. Техническое заключение о состоянии строительных конструкций недостроенной 9-ти этажной индивидуальной вставки к жилому дому № 11 по ул. Алмазной в г. Запорожье. — Запорожье: ООО «НАСТРОЙ», 2008. — 39 с. ¶
37. Трекин Н. Н. Пространственная работа несущих элементов каркасной системы с учетом нелинейности и податливости узловых сопряжений: Дис.

... д-ра техн. наук: 05.23.01. — М., 2003. — 421 с. ¶

38. Шагин А.Л. Расчет железобетонных плит и оболочек методом интегрального модуля деформаций / А.Л. Шагин, В.М. Бондаренко, И.А. Тимко, — Харьков: 1967. — 132 с. ¶
39. Darwin D. Nonlinear model for reinforced concrete slabs / Bashur F.K., Darwin D. // Journal of structural division. — ASCE, 1978. — Vol. 104. — P. 157-170. ¶
40. Dotroppe J.C. Layered Finite Element Procedure for Inelastic Analysis of Reinforced Concrete Slabs / Dotroppe J.C., Schnobrich W.C., Pecknold, D.A. // ABSE, 1992. — Vol. 33-11. ¶

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Додатки

					КМР 209 ПЗ	Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток 1 до розділу 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.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних засобів, направлених на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці. Задача охорони праці – звести до мінімуму вірогідність пошкодження або хвороби працюючих з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Висока кваліфікація персоналу, науково обґрунтовані правила безпеки праці, правильні умови експлуатації технічних засобів та нова техніка є необхідним факторами, що забезпечують безпеку праці, як при розробці проектної документації, так і на будівельному майданчику [12].

При монтажі сталевих ферм дотримуються особливі заходи безпеки. Перед тим, як допустити робітників до самостійної роботи на будівельному майданчику, необхідно їх ознайомити, а потім перевірити знання з організаційних та загальних заходів з охорони праці на будівельному майданчику.

До самостійних верхолазних робіт допускаються лише особи, які досягли повноліття і віком до 60 років, які пройшли повний медичний огляд, мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і тарифний розряд не нижче третього. Медичний огляд працівник повинні проходити згідно з «Положенням про медичний огляд працівників визначених

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

категорій», затвердженим наказом № 45 від 31.03.1994р. Міністерством охорони здоров'я України. Якщо є необхідність підбору працівників, зв'язаних з роботами, викладеними в «Переліку робіт, де є потреба в професійному доборі», затвердженому наказом №263/121 від 23.09.1994р. Міністерство охорони здоров'я України, їх необхідно направити на медичну перевірку на психофізіологічні показники. Не можна допускати до роботи з монтажу будівельних конструкцій осіб, які не визнані придатним після медичного огляду, професія і кваліфікація яких не відповідає характеру роботи. Якщо особа знаходиться в нетверезому стані, її необхідно негайно вивести з території монтажної площадки зі складанням акта встановленої форми. Якщо до роботи допускається робітник з менш ніж однорічним стажем, він повинен працювати під наглядом досвідчених робітників і майстрів.

Для того, щоб знизити відсоток травматизму працівників на будівництві, необхідно навчити їх правильним прийомам роботи. Перед тим як допустити їх до роботи, з робітниками проводиться ввідний інструктаж інженером з охорони праці або особою, на яку покладено обов'язки інженера по охороні праці.

Інструктаж та навчання усіх працюючих проводиться у вигляді ввідного інструктажу, інструктажу на робочому місці, щоденного (поточного) інструктажу, періодичного (повторного) інструктажу, непланового інструктажу, курсового навчання.

Ввідний інструктаж необхідно проводити з усіма найманим працівниками, незалежно від їх утворення, посади та стажу роботи. Після його проведення в журналі реєстрації робиться відповідний запис з обов'язковим підписом того, кого інструктують та того, хто проводить цей інструктаж. Повторно інструктаж необхідно проводити кожні шість місяців.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

5.2 Вимоги до будівельно – монтажної площадки

Необхідно забезпечити охорону праці на самому будівельному майданчику. Організація будівельного майданчика (розташування санітарно – побутових містечок і ділянок, складських площадок, огорожень, мереж тимчасового електропостачання, водопостачання і пожежогасіння, тимчасових і постійних доріг і шляхів руху, стоянок для роботи вантажопідіймальних машин і механізмів), повинна відповідати буд генплану підготовчого періоду, розробленому в складі ПКД і ПВР. Будівельно - монтажна площадка повинна розташовуватися в межах ділянки, яку було відведено для забудови згідно з актом – допуском, оформленим за встановленим порядком. На період інженерної підготовки будівельно – монтажну площадку необхідно звільнити від усіх факторів, що заважають зведенню об'єкта (споруд, будинків, дерев). Після проведення усіх необхідних заходів інженери виконують першочергові роботи по плануванню території, такі як перенесення існуючих підземних і наземних інженерних споруд, влаштування тимчасового стоку поверхневих вод, геодезичну розбивку, будують автодороги, шляхи руху і стоянки вантажопідійомних машин і механізмів, влаштування тимчасового освітлення, мережі водопостачання, енергопостачання і пожежогасіння, зведення усіх необхідних тимчасових будинків і споруд, при цьому використовуючи вже існуючі будинки чи збірно – розбірні і пересувні тимчасові побутові приміщення. Ці будови повинні розташовуватися стосовно об'єктів, які виділяють пил, шкідливі пари і гази (бункерних естакадах, бетонорозчинних вузлах, сортувальних пристроях) на відстані не менше 50 м з навітряного боку вітрів переважного напрямку. Убиральні розміщуються на відстані не більше 100 м від робочих місць і не менше ніж на 15 м від споруджувального об'єкта і існуючих адміністративно – господарських житлових приміщень та не менше ніж на 25 м від джерел водопостачання.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Окремо виділяються при організації будівельно – монтажної площадки ділянки відведені під монтажні роботи, дії вантажопідйомних машин і механізмів, робочі місця, під проходи для людей, де виникають небезпечні для працюючих зони, у межах яких постійно діють чи потенційно можуть діяти небезпечні виробничі фактори, такі як неізольовані струмоведучі частини електроустановок, ЛЕП, необгороджені перепади по висоті на 1,3 м і більше, місця де рівні вібрації, шуму або забруднення повітря перевищують допустимі гігієнічні норми. Така територія і повинна бути огорожена **захисним огородженням** за ГОСТ 2340 – 78 «Огородження інвентарні будівельних майданчиків і ділянок будівельно – монтажних робіт. Технічні умови.» і ГОСТ 12.4.059 – 89 «Будівництво. Огородження запобіжні інвентарні. Загальні технічні умови.»

Захисне огородження – це пристрої, що призначені для запобігання ненавмисному доступу людей у зону дії небезпечного виробничого фактора.

Зони потенційно діючих виробничих факторів (споруди, поверхи (яруси) будинків і споруд, над якими відбувається монтаж будівельних конструкцій, ділянки поблизу споруджуваного будинку, монтажні зони, зони переміщення машин чи їх частин, робочих органів, місць над якими відбувається переміщення вантажів), необхідно огорожувати **сигнальними огородженнями** за вимогами ГОСТ 2340 – 78 і ГОСТ 12.4.059 – 89.

Сигнальне огородження – це пристрої, призначені для попередження наявності потенційно діючих небезпечних факторів і позначення зон обмеженого доступу.

Небезпечними зонами на будівельно – монтажному майданчику є:

- межі дії монтажних кранів;
- межі котловану та траншеї глибиною більше ніж 1 м;
- місця зварювальних робіт і робіт з легкозаймистими матеріалами;
- зони роботи землерийних машин;
- зони та ділянки доріг з інтенсивним рухом транспорту;
- місця зварювальних робіт і робіт з легкозаймистими матеріалами.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Зона дії екскаватора, де він є небезпечним визначається із розрахунку максимального радіусу дії плюс 5 м. Небезпечна зона дії самохідного стрілового крану визначена із розрахунку максимального вильоту стріли плюс 7 м при висоті споруди до 20 м.

Грунт, вийнятий з котловану, необхідно розташовувати на відстані не менше 0,5 м від бровки. Для спуску в котлован передбачено драбини (трапи) шириною 0,6 м з перильними огородженнями висотою 1,1 м.

Єдина транспортна сітка будівельних майданчиків складається з тимчасових і постійних доріг, що мають кільцеву схему руху. Прокладаються дороги у порядку черговості об'єкту будівництва, відповідно календарного плану та будгенплану. При русі транспорту в одну сторону ширина дорожнього полотна складає 4,0 м. Для розвантажувальних робіт у зоні дії кранів передбачаються майданчики шириною 7 – 8 м та довжиною 12 – 14 м. Радіус кривизни дороги складає 8 м.

Схема руху транспорту встановлюється на самому в'їзді до будівельного майданчика. Дорожні знаки встановлюються на узбіччях доріг та переїздів, повинні бути добре видимими, так як саме вони регламентують порядок руху транспорту. Швидкість руху знаходиться в межах до 10 км/год на прямих ділянках, та до 5 км/год – на поворотах та на території будівництва.

Під час виконання робіт по переміщенню вантажів у темний час доби, будівельно – монтажна ділянка повинна бути добре освітлена, так як саме недостатнє розміщення світлового потоку на робочих місцях в темний час доби підвищує показник виробничого травматизму. Освітлення виконується з переставних інвентарних прожекторних щогл, електроприладів освітлення, що встановлені на металеві конструкції вантажопідіймальних кранів. Розрізняють два типи освітлення :

- **робоче освітлення;**
- **охоронне штучне освітлення.**

В першому випадку, встановлюють прожектори на стовпах із розрахунку не менше 2 лк на рівні землі. Місцеве робоче освітлення здійснюють прожекторами з лампами ДРЛ на металевих полегшених щоглах.

В другому випадку, використовують прожектори загального робочого освітлення із розрахунку, що світла на будівельному майданчику повинно бути не менше 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині. На електричну частину вищевказаних способів освітлення необхідно розробляти спецпроект.

По завершенню всіх цих підготовчих робіт, необхідно скласти акт підготовки площадки. Це документ, що підтверджує готовність будівельно – монтажної площадки до початку монтажу будівельних конструкцій.

5.3 Вимоги до складування, збереження і транспортування вихідних матеріалів

Задля ефективного виконання календарного плану будівництва, необхідно встановити в технологічних картах на виконання ВРР чіткий порядок доставки конструкцій на будівельний майданчик з урахуванням технологічної послідовності виконання робіт, розмірів приоб'єктних складів і збірно – укрупнювальних площадок, тип транспорту згідно вантажу, якості доріг, способів укладки і закріплення вантажу, місць розташування вантажопідійомних машин і складування виробів, місцевих кліматичних умов а також забезпечити ритмічний і якісний монтаж будівельних конструкцій. Це реалізується шляхом створення при об'єктах будівництва складів конструкцій. Загальну потребу в складських площах визначають за найбільш інтенсивним періодом виконання монтажних робіт. На центральних складах необхідно мати тримісячний запас металоконструкцій з урахуванням площ для сортування та укрупнювального складання металоконструкцій та півторамісячний запас збірного залізобетону з урахуванням площ для сортування конструкцій. Що стосується

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

приоб'єктних складів, то там вже необхідно дати двотижневий запас металоконструкцій та п'ятиденний – для збірного залізобетону.

Площадки для складування, укрупнення і збереження будівельних конструкцій і матеріалів необхідно спланувати, утрамбованими і у деяких випадках, відсипані не просадним матеріалом (гравієм, щебенем, шлаком), що відповідає розрахункам з ухилами для стоку вод. Також необхідно прийняти міри для виключення довільного зміщення конструкцій. Майданчики складування огорожують парканом висотою 1,2 м і обладнують знаками безпеки і табличками з назвами виробів і конструкцій.

При складуванні матеріали на відкритому повітрі, необхідно це робити за розробленими та затвердженими технологічним картами, де зазначено місця і розміри площадок для складування з розмірами проходів. Технологічна карта складування – це план складу, де позначено місця та розміри штабелів вантажів, проходи для людей, шляхи транспорту, колії рейкових кранів та зони їх дії, місця встановлення самохідних кранів, транспорту під навантаження та розвантаження.

Будівельні конструкції та матеріали необхідно зберігати з дотриманням певних умов:

- кроквяні і підкроквяні ферми – у вертикальному положенні в спеціальних касетах чи кондукторах;
- ригелі, колони і сталеві балки – у штабелях висотою до 2 м на підкладках і прокладках;
- стінові панелі «сендвіч» - у пакетах висотою штабеля 2,4 м, два пакети по висоті за умов укладання поруч у положенні «плашмя» двох пакетів (в одному палеті 13 панелей);
- плити покриття і перекриттів – у штабелях висотою до 2,5 м на підкладках і прокладках;
- профільні листи – у пачках, при укладанні поруч двох пачок у плані і двох пачок по висоті 1,6 м;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- великогабаритне та великовагове устаткування і його частини – в один ряд на підкладках;
- труби діаметром до 300 мм – у штабелях висотою до 3 м у сідло без підкладок. Нижній ряд труб повинен бути покладений на підкладки і укріплений інвентарними металевими башмаками чи кінцевими упорами.

При виконанні вантажно – розвантажувальних робіт, необхідно дотримуватись безпеки праці згідно з вимогами ГОСТ 12.3.009 – 76 «Роботи вантажно – розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки» і ДНАОП 0.00 – 1.03.- 93. Якщо вантажно – розвантажувальні роботи виконуються на залізних коліях, тобто використовується залізничний транспорт, необхідно дотримуватись «Правил техніки безпеки і виробничо санітарної при вантажно – розвантажувальних роботах на залізничному транспорті» Української залізниці. Всі роботи виконуються під керівництвом спеціально призначеної особи.

При відкриванні люків піввагонів, дверей вагонів і бортів платформ,. Необхідно застосовувати спеціальні важелі. Не можна знаходитися в зоні можливого падіння вантажу, відкривання борту кришки або люка. Вивантажувати вантаж на шляху і між колією, а також захаращувати їх будь-чим забороняється. При розвантаженні і укладанні, перед навантаженням у вагони матеріалів і конструкцій поблизу залізничних колій між вантажем і найближчою до нього рейкою повинен бути оставлений прохід шириною 2 м.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата