

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

МАНЖАЛІЙ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 624. 131: 624.154

**РОБОТА ДЕФОРМОВАНОЇ БУДІВЛІ НА ПАЛЬОВОМУ
ФУНДАМЕНТІ, ПІДСИЛЕНОМУ ПЛИТОЮ**

05.23.02 – основи і фундаменти

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Полтава – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Винников Юрій Леонідович,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України, професор кафедри нафтогазової інженерії та технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Тімченко Радомир Олексійович,
Криворізький національний університет Міністерства освіти і науки України, професор кафедри промислового, цивільного та міського будівництва;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Титаренко Володимир Анатолійович,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства розвитку громад та територій України, завідувач лабораторії досліджень будівель і споруд на слабких ґрунтах.

Захист відбудеться «06» травня 2021 р., о 15:00, на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 44.052.02 при Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, ауд. 218.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24.

Автореферат розіслано «05» квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Т.А. Галінська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. До групи деформованих споруд відносять будівлі, що отримали за період їх будівництва й особливо експлуатації недопустимі осідання та деформації, які, однак, не заважають виконанню їх основних функцій, але можуть з часом зруйнуватися. Їх причинами є помилки при інженерно-геологічних вишукуваннях і проектуванні; порушення правил виконання будівельних робіт та експлуатації будівель і споруд.

Тривалі геодезичні спостереження за осіданнями основ будівель на пальових фундаментах показали, що як абсолютні, так і відносні стабілізовані значення осідань у переважній більшості випадків менші за їх розраховані та нормативні граничні величини. Тому в групу деформованих будівлі на пальових фундаментах попадають дещо рідше за аналогічні об'єкти з фундаментами неглибокого закладання. Причинами наднормативних осідань основ пальових фундаментів будівель (і як наслідок виникнення та розвиток тріщин й інших деформацій у несучих конструкціях), крім вказаних, найчастіше виступають: невиправдане застосування підвищуючих коригуючих коефіцієнтів на результати компресійних випробувань сильностисливих ґрунтів; попадання нижніх кінців паль у шари (прошарки) слабого ґрунту; занурення вістря паль вище від проектної позначки; завищення несучої здатності паль через недотримання оптимального часу їх «відпочинку» після занурення чи помилкова інтерпретація графіків «навантаження – осідання палі»; надміру близьке розміщення сусідніх паль у плані, що при їх зануренні особливо в пісках призводить до «виштовхування» вгору раніше занурених; нерівномірне завантаження паль у складі ростверку; деформації існуючих будівель і споруд при забиванні поблизу паль і шпунту, розробці котлованів і т. ін.

Достовірно урахувати вплив перелічених факторів на величину деформацій основ пальових фундаментів будівель, особливо методами класичної механіки ґрунтів, досить складно. Вибір конструктивно-технологічних рішень посилення кожної такої деформованої будівлі здійснюють лише після ретельного оцінювання технічного стану несучих будівельних конструкцій об'єкту, дослідження параметрів їх основ і фундаментів, встановлення причин їх наднормових деформацій. Всі існуючі методи посилення пальових фундаментів є трудомісткими, а інколи їх неможливо виконати, особливо при врахуванні того, що будівлі можуть знаходитися в передаварійному технічному стані. Тому удосконалення і всебічне обґрунтування конструктивно-технологічних рішень посилення фундаментів із забивних паль у складі стрічкового ростверку є актуальною теоретичною та практичною задачею геотехніки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами. Тема дисертації відповідає актуальним напрямам загальноєвропейської політики впровадження енергоефективних рішень у практику будівництва за міжнародною програмою «Horizon-2020» і науково-технічним напрямом у галузі оцінювання технічного стану будівель та споруд за Постановою Кабінету Міністрів України №409, 5.05.1997 «Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж». Дисертація виконувалась у межах держбюджетної

науково-дослідницької роботи Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (номер державної реєстрації 0116U002567). Вона пов'язана з освітньо-науковою програмою на третьому (доктор філософії) рівні вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія».

Мета роботи – удосконалення конструктивно-технологічного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку та оцінювання зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити шляхом геотехнічного моніторингу і моделювання методом скінченних елементів (МСЕ).

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- визначити й проаналізувати найбільш поширені причини наднормативних деформацій будівель на пальових фундаментах і відповідні складності конструктивно-технологічних рішень їх усунення;

- на характерному натурному об'єкті удосконалити й апробувати систему геотехнічного моніторингу і науково-технічного супроводу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі й після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити: визначити фактичний технічний стан і параметри її основ і фундаментів та їх зміни в часі; шляхом моніторингу визначити критичні значення додаткового розкриття існуючих і появу нових тріщин; провести контроль за існуючими і появою нових тріщин у стінах деформованої будівлі, а також геодезичні спостереження за деформаціями об'єкту до, в процесі й після його посилення для встановлення закономірностей розвитку і стабілізації цих деформацій у часі й ін.;

- дослідити процеси самоущільнення насипних і наливних пісків у часі;

- удосконалити конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки ребристої залізобетонної плити;

- розробити просторову числову модель системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» для ітераційного моделювання (різні довжина паль і основа їх вістря; на момент здачі будівлі; після аварії на трубопроводі, яке викликало ефект «негативного тертя» за бічною поверхнею паль і часткове розмивання наливного піску) МСЕ, щоб урахувувати фактичну жорсткість існуючих паль, що призвела до появи тріщин у стінових конструкціях будівлі;

- на базі розробленої моделі обґрунтувати конструкцію (жорсткість) і стадійність посилення пальового фундаменту ребристою монолітною плитою, основою якої є наливні самоущільнені піски, що при включенні в роботу перерозподілять НДС у складових системи «деформована будівля – забивні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним

шаром»; визначити критичні значення додаткового розкриття існуючих і появу нових тріщин, що зменшить небезпеку технологічного процесу посилення пальових фундаментів; обґрунтувати надійність впровадженого рішення при подальшій експлуатації деформованої будівлі;

– впровадити результати досліджень для продовження терміну експлуатації деформованих будівель на пальових фундаментах.

Об’єкт дослідження – спільна робота системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити.

Предмет дослідження – зміна НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити.

Методи дослідження: стандартні польові й лабораторні методи визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів; нормативні методи обстеження технічного стану несучих будівельних конструкцій, їх основ і фундаментів; акустичний метод визначення довжини палі; методи будівельної механіки для визначення жорсткості елементів деформованої будівлі та її фундаментів; математичне моделювання з використанням МСЕ НДС системи «деформована будівля – забивні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі і після підведення під існуючі ростверки ребристої плити; методи математичної статистики для обробки результатів експериментів; тривалі геодезичні спостереження за деформаціями будівлі на пальовому фундаменті до, в процесі та після його посилення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– удосконалено методику геотехнічного моніторингу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної плити, особливістю якої є обґрунтування критичних величин додаткового розкриття існуючих і появи нових тріщин, що слід супроводжувати при моніторингу;

– розроблено методику уточнення жорсткості паль шляхом ітераційного моделювання МСЕ НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» за результатами геотехнічного моніторингу (порівняння НДС розробленої моделі і фактичного деформованої будівлі на момент її здачі, після аварії трубопроводу з урахуванням мінливості довжини паль);

– обґрунтовано й удосконалено конструктивно-технологічне рішення посилення пальового фундаменту поетапним підведенням під ростверки залізобетонних балок, які об’єднують поперечними балками, а зверху – монолітною плитою по попередньо ущільненій основі, що враховує фактичний деформований стан будівлі; ця конструкція змінює напружений стан основи, перерозподіляє напруження від нерівномірних деформацій паль і має значну жорсткість за мінімального об’єму земляних робіт;

– отримано нові дослідні дані зміни властивостей насипних і наливних пісків з урахуванням чиннику часу, що дозволило використати їх в якості штучної основи удосконаленого конструктивно-технологічного рішення посиленого пальового фундаменту деформованої будівлі;

– отримано нові дослідні дані про зміну НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити (порівняння результатів геотехнічного моніторингу і моделювання МСЕ у процесі й після посилення фундаментів).

Достовірність результатів дослідження підтверджується порівнянням результатів геотехнічного моніторингу і моделювання МСЕ НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» на момент здачі будівлі в експлуатацію, до, в процесі і після посилення її фундаментів, а також статистичною обробкою результатів досліджень; паралельним визначенням розрахункових характеристик експериментальним і аналітичним шляхом.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблене іноваційне конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити та відповідна методика оцінювання НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі й після підведення під ростверки ребристої залізобетонної плити доцільно застосовувати при реконструкції чи капітальному ремонті деформованих будівель на пальових фундаментах;

– на натурному об'єкті апробовано методику визначення фактичної жорсткості паль різної довжини, що спираються на різну основу, шляхом ітераційного моделювання НДС МСЕ системи «деформована будівля – забивні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» при досягненні в моделі напружень розтягу, що можуть викликати тріщини в стінах аналогічні отриманим при обстеженні будівлі;

– удосконалено й апробовано систему геомоніторингу й науково-технічного супроводу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити, особливістю якого є обґрунтування максимально можливих значень додаткового розкриття існуючих і місця появи нових тріщин;

– захищено патентом на корисну модель конструкцію «Пенетрометру польового» для дослідження механічних параметрів ґрунтів і оперативного контролю якості ущільнення насипних і наливних масивів.

Результати дослідження впроваджені:

– у ДП НДІБК при складанні п. 10.4 і 10.5 ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ

будівель і споруд і п. 9.5 ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення;

- у ТОВ «ЕКФА» при складанні «Робочого проекту капітального ремонту (підсилення) будівельних конструкцій житлового будинку по вул. Героїв Дніпра, 27 в м. Горішні Плавні Полтавської області» (№37/2015), а також при реалізації цього проекту та відповідному геомоніторингу;

- у ТОВ «Альмагруп» при розробленні рекомендацій щодо подальшої безаварійної експлуатації багатоповерхової житлової будівлі по вул. Станіславського, 6 в м. Полтава, зокрема, обґрунтуванні оптимального варіанту підсилення пальових фундаментів деформованої будівлі шляхом підведення ребристої монолітної плити;

- у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» при розробці держбюджетної роботи «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (номер державної реєстрації 0116U002567) і викладанні навчальних дисциплін «Використання методу скінчених елементів у геотехнічному проектуванні» та «Інноваційні рішення складних геотехнічних процесів» для підготовки докторів філософії (третій освітньо-науковий рівень вищої освіти) зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Особистий внесок здобувача. Найбільш істотні наукові результати дисертації отримано автором самостійно, зокрема:

- проаналізовано найбільш поширені причини наднормативних деформацій будівель на пальових фундаментах і відповідні складності конструктивно-технологічних рішень їх усунення; на натурному деформованому об'єкті на фундаментах із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку оцінено загальний технічний стан будівлі, визначено фактичні параметри її основ і фундаментів та їх зміни в часі [3];

- на характерному натурному об'єкті удосконалено та апробовано систему геомоніторингу і науково-технічного супроводу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої плити: визначено фактичні параметри її основ і фундаментів та їх зміни в часі; проведено геодезичні спостереження за деформаціями об'єкту до, в процесі й після його посилення для встановлення закономірностей розвитку та стабілізації цих деформацій у часі; обґрунтовано максимально можливі величини розкриття існуючих і місця появи нових тріщин у стінах на натурному об'єкті, що можуть призвести до руйнування будівлі в цілому [5];

- отримано нові дослідні дані зміни властивостей пісків з урахуванням чиннику часу [7 – 10, 12 – 15], що дозволило їх використати в якості штучної основи для удосконаленого конструктивно-технологічного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити [1, 4, 11, 16, 17];

- розроблено нову розрахункову схему системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі

слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити і виконано поетапне математичне моделювання з використанням МСЕ НДС цієї системи для оцінювання особливостей спільної роботи складових цієї системи; отримано нові дослідні дані про зміну НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під ростверки ребристої плити [2, 6, 18];

– розроблено та захищено патентом на корисну модель нову конструкцію «Пенетрометру польового» для дослідження механічних властивостей ґрунтів і оперативного контролю якості ущільнення насипних і наливних масивів [19].

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дисертації доповідались й отримали підтримку на: Першій Міжнародній конференції «Проблеми геотехніки» (Київ, КНУБА, 2015); VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, УДУЗТ, 2019); Третій Міжнародній азербайджансько-українській конференції “Building Innovations – 2020” (Полтава, НУПП, 2020); VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика» (Дніпро, 2020); Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність на транспорті» (Харків, УДУЗТ, 2020); Міжнародній науково-технічній конференції «Тренди та тенденції розвитку будівельної галузі» (Харків, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020); Шостій Всеукраїнській науково-технічній конференції «Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування» (Полтава, НУПП, 2008); Дев’ятій Всеукраїнській науково-технічній конференції «Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування» (Дніпро, ДВНЗ ПДАБА, 2016); Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів «Проблеми сучасного будівництва» (Полтава, НУПП, 2014); 68 – 71-й наукових конференціях професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 2016 – 2019 рр.).

Публікації. Матеріали дисертації викладено в 19 наукових роботах, у т. ч.: 1 монографії; 2 статтях у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus; 7 статтях у фахових виданнях; 1 патенті на корисну модель; 8 працях і тезах у збірниках за матеріалами конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатку. Її зміст викладено на 185 стор., з яких 115 стор. основного тексту, 17 стор. списку використаних літературних джерел з 155 назв (32 з них англійською мовою), 9 стор. додатків. Основна частина містить 62 рисунки та 3 таблиці.

Структурна схема досліджень, викладених у дисертації, подана на рис. 1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, наведено основні результати, отримані автором, виділено їх наукову новизну, практичну цінність і впровадження.

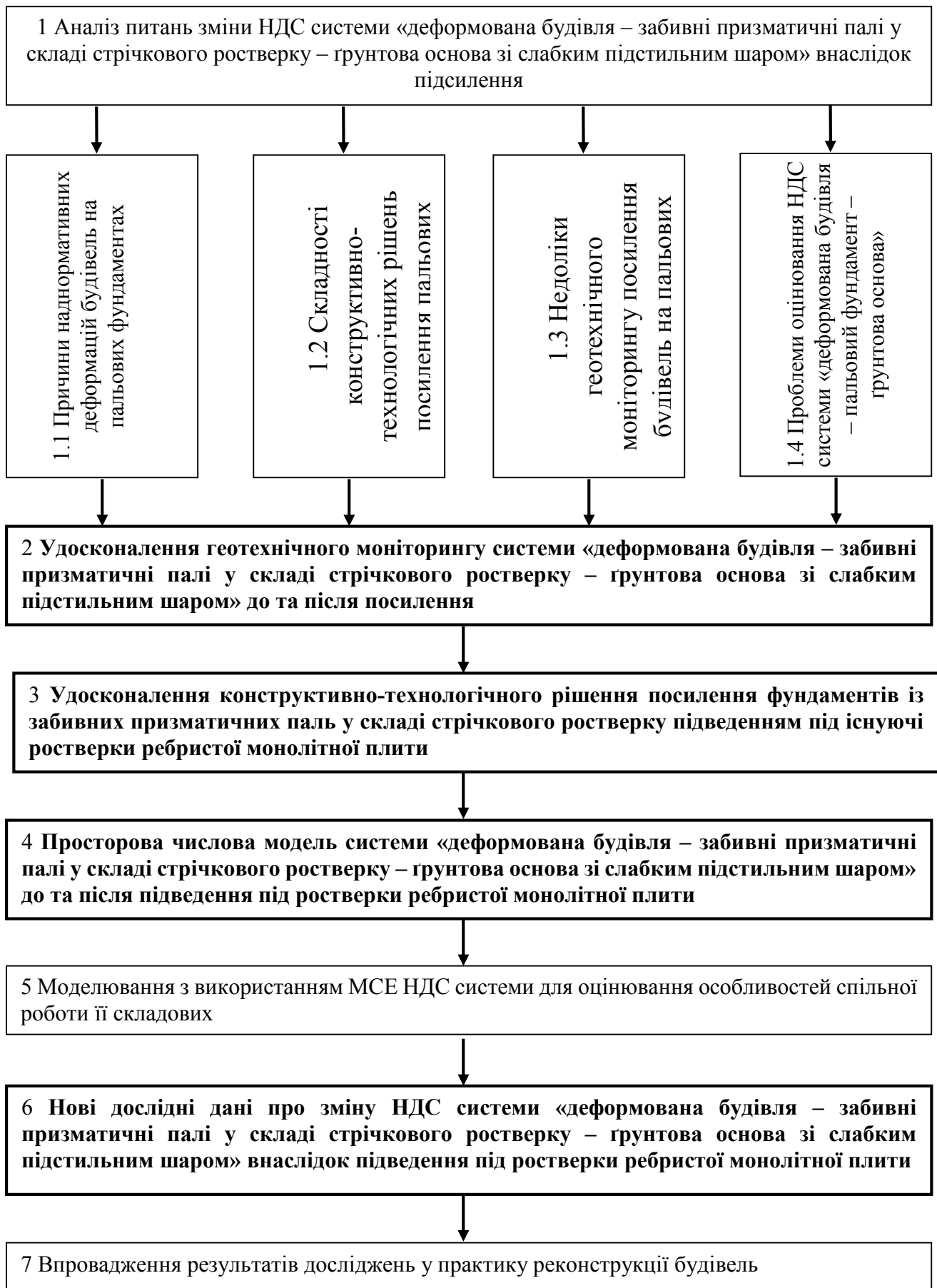


Рис.1. Структурна схема досліджень, викладених у дисертаційній роботі

У **першому розділі** визначено й проаналізовано найбільш поширені причини наднормативних деформацій будівель на пальових фундаментах і відповідні складності конструктивно-технологічних рішень їх усунення.

Суттєвий внесок у дослідження різних аспектів посилення існуючих, зокрема й пальових, фундаментів деформованих будівель зробили М.Ю. Абелєв, А.О. Бартоломей, Б.В. Бахолдін, С.В. Біда, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, С.І. Головка, В.М. Голубков, М.Н. Гольдштейн, А.Л. Готман, Н.З. Готман, А.О. Григорян, М.С. Грутман, Б.І. Далматов, М.П. Дубровський, А.Ж. Жусупбеков, В.В. Знаменський, М.Л. Зоценко, В.О. Іллічов, Ю.І. Калюх, О.В. Кічаєва, Ю.О. Кірічек, С.М. Клепиков, П.О. Коновалов, М.В. Корнієнко, В.І. Крутов, М.Т. Кузло, Ф.К. Лапшин, І.Я. Лучковський, І.В. Маєвська, Р.А. Мангушев, І.В. Матвєєв, М.С. Метелюк, М.О. Метс, В.М. Митинський, А.С. Моргун, Р.М. Нарбут, Ю.І. Немчинов, М.І. Нікітенко, Н.С. Нікіфорова, О.В. Новський, В.М. Парамонов, Є.М. Перлей, О.О. Петраков, О.В. Пілягін, Є.В. Платонов, А.І. Поліщук, А.Б. Пономарьов, О.А. Савицький, О.В. Самородов, В.О. Сахаров, О.В. Самородов, В.Л. Сєдін, В.Г. Сімагін, С.А. Слюсаренко, С.М. Сотников, Є.А. Сорочан, В.А. Титаренко, Р.О. Тімченко, Л.М. Тімофєєва, О.М. Трофимчук, Ю.Г. Трофіменков, Ю.Ф. Тугаєнко, В.М. Улицький, М.О. Харченко, Я.Й. Червинський, Д.М. Шапіро, В.Г. Шаповал, О.Г. Шашкін, В.Б. Швець, О.В. Школа, В.С. Шокарев, О.А. Шулят'єв, П.І. Яковлєв, Н. Brandl, J.-L. Briaud, M. Bustamante, B.A. Casagrande, M. England, W. Fleming, R. Frank, W. van Impe, R. Katzenbach, I. Kerisel, A. Kezdi, A. Manjriker, J. Mechi G. Meyergof, R. Peck, M. Randolph, L. Rees, H. Seed та ін.

Найбільш коректно оцінити ефективність варіантів підсилення пальового фундаменту деформованої будівлі можливо шляхом розроблення моделі системи «деформована будівля – пальовий фундамент – ґрунтова основа» до та після підсилення фундаменту і виконання моделювання з використанням МСЕ та пружно-пластичної моделі ґрунту НДС цієї системи для оцінювання особливостей спільної роботи складових системи. При цьому певною проблемою є врахування фактичної жорсткості надземної будівлі, особливо якщо вона має стінову конструктивну схему, і стіни зазнали тріщин у процесі експлуатації.

Конструктивно-технологічні рішення збільшення несучої здатності пальових фундаментів деформованих будівель додавлюванням паль до міцного ґрунту й улаштуванням виносних паль при високій надійності результатів їх застосування мають дуже високу трудомісткість і вимагають тривалого періоду виконання робіт, а тому доцільно удосконалювати ефективні для умов значних нерівномірних деформацій будівель, а одночас менш трудомісткі й більш швидкі рішення збільшення несучої здатності пальових фундаментів зі зміною НДС їх чи ґрунтів основи, особливо для деформованих будівель, що знаходяться у аварійному технічному стані, наприклад посилення фундаментів із паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під ростверку монолітної плити.

У практиці реконструкції будівель, у т.ч. посиленні їх основ і фундаментів, склалася загальна система геотехнічного моніторингу й науково-технічного супровіду, закріплена нормами, та для об'єктів з системою «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» одним з найбільш вразливих місць є

складність достовірного визначення параметрів основ і фундаментів, зокрема, фактичної довжини паль, а для подальших розрахунків – складність складання моделі цієї системи до та після підсилення для достовірного оцінювання особливостей спільної роботи її складових. Крім того потребує розроблення методика обґрунтування максимально допустимих додаткових значень розкриття існуючих тріщин і можливі місця появи нових, які можуть призвести до руйнування будівлі, у залежності від фактичного її технічного стану й прийнятого конструктивно-технологічного рішення підсилення фундаментів.

У **другому розділі** на характерному натурному об'єкті (п'ятиповерховий житловий будинок з підвалом і технічним поверхом по вул. Героїв Дніпра, 27 в м. Горішні Плавні Полтавської області), що знаходиться в перехідному від незадовільного до аварійного технічному стані (рис. 2), описано результати удосконаленої методики геотехнічного моніторингу та науково-технічного супроводу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» для можливості підсилення її фундаментів без відселення мешканців. Зокрема, обґрунтовано критичні додаткові значення розкриття існуючих тріщин і можливі місця появи нових, що можуть призвести до руйнування будівлі, за результатами аналізу НДС її математичної моделі. Алгоритм моніторингу містить підготовчий, робочий і післябудівельний етапи з урахуванням стабільності робіт із підведення елементів підсилення. Встановлено, що будинок зведено в 1977 р. за типовим проектом з 3 блок-секцій із повздовжніми несучими стінами. Висота поверхів – 2,8 м, а підвалу – 2,2 м. Стіни – з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині. Товщина зовнішніх стін – 510 мм. Просторова жорсткість забезпечується повздовжніми несучими і поперечними стінами сходової клітки та дисками міжповерхових перекриттів із збірних залізобетонних пустотних плит. У підвалі проходить магістральна тепла мережа.

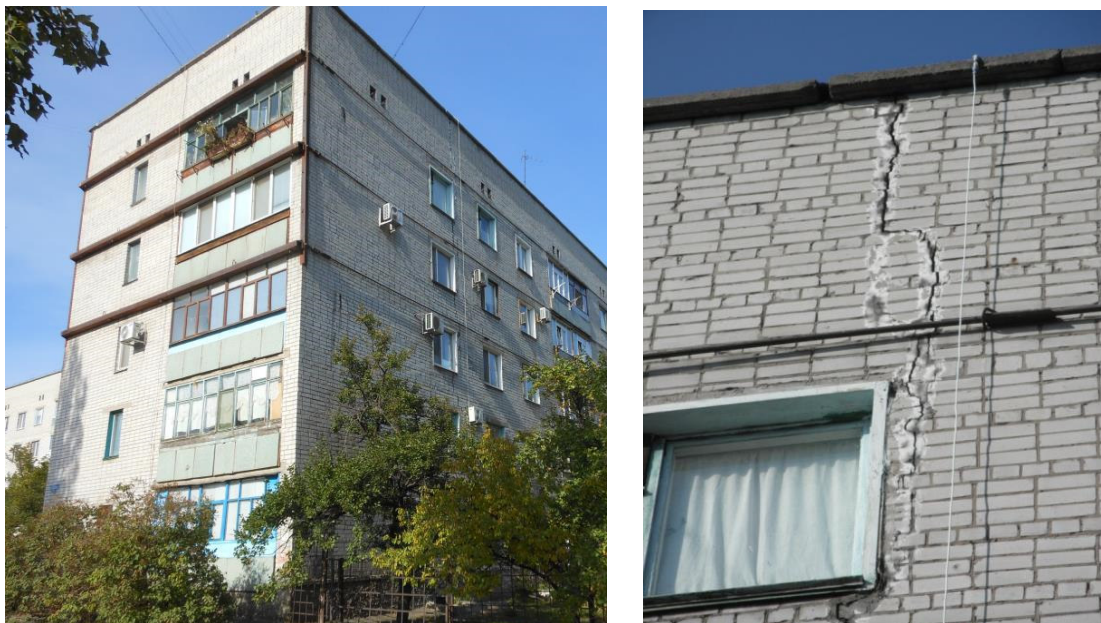


Рис. 2. Фрагменти лівої блок-секції деформованої будівлі (зліва) і фото характерних тріщин в ній (справа)

Виявлено вертикальні тріщини у стінах, ширина розкриття яких зростає за близькою до лінійної закономірністю в напрямку «знизу – догори» до 20 мм, що впливають на несучу здатність і довговічність конструктивних елементів і будівлі в цілому. Їх розвиток суттєво знижує просторову жорсткість секції, бо для розділених на частини зовнішніх і внутрішніх стін просторова жорсткість вже не забезпечується поперечними стінами сходової клітки. На стінах клітки деформаційні тріщини та інші пошкодження відсутні, що підтверджує попередні твердження. На торцевій стіні блок-секції деформаційні тріщини теж відсутні.

Незначні тріщини в стінах і між плитами перекриття виникли одразу після заселення будинку, та найбільших деформацій він зазнав у 1993 р. після прориву теплотраси. Тоді ж для зменшення розкриття тріщин і підвищення загальної жорсткості будівлі влаштовано попередньо напружені тяжі підсилення з арматурних стрижнів діаметром 36 мм із талрепами для створення напруження в них, а по торцевим стінам – горизонтальні балки прямокутного перерізу з двох зварених швелерів №24. Однак, зважаючи на те що вільна довжина між точками закріплення тяжів не повинна перевищувати 15 – 20 м (на об'єкті – 67,2 м), то тяжі не справляються зі своїм завданням, і тріщини продовжують розкривались й надалі. У рівні перекриття третього та п'ятого поверхів тяж обірвався. Утворення тріщин у гіпсових маячках і навіть їх руйнування свідчать про подальший розвиток деформацій будівлі. У межах моніторингу також влаштовано осадочні марки на рівні цоколя та знято їх «нульові» відліки.

У межах майданчику (рис. 3) під насипом (піски насипні, будівельне сміття) (ІГЕ-1а) й пісками наливними, мілкими (ІГЕ-2с і ІГЕ-2п: середнього ступеня водонасичення, середньої щільності та середнього ступеня водонасичення, насиченими водою, щільними з модулем деформації відповідно $E = 19,5$ і 35 МПа) загальною потужністю близько 7 м залягає шар, так званих, похованих ґрунтів (ІГЕ-3) – супіски шаруваті, опіщанені, з прошарками мулів і глин, текучі, з домішками органічних речовин ($E = 6,5$ МПа, вміст органіки – 8%), що з глибини 9 – 10 м підстилаються пісками алювіальними, середньої крупності, щільними (ІГЕ-4, $E = 45$ МПа, а з глибини близько 18 м – глиною. Рівень ґрунтових вод (WL) на момент вишукувань склав 6,8 – 7,3 м від земної поверхні.

Фундаменти було запроектовано із забивних призматичних залізобетонних паль довжиною 9 м (тобто їх вістря повинно було бути в ІГЕ-4) і поперечним перерізом 350х350 мм в ряд, об'єднані стрічковим монолітним залізобетонним ростверком висотою 400 мм. Під внутрішню несучу стіну його ширина – 400 мм, а зовнішню – 500 мм, при відповідному кроці паль – 1100 мм і 1360...1530 мм.

Викладено методику та результати аналізу інструментального контролю акустичним методом з 6 шурфів (рис. 4) фактичної довжини паль, оцінювання їх цілісності. Розраховано несучу здатність паль й осідання їх основ. Встановлено причини наднормативних деформацій основ фундаментів: неможливість досягнути вістрями частини паль проектної позначки призвело до значного зменшення їх несучої здатності й мінливості їх жорсткості; руйнування паль при їх зануренні у щільні піски; порив магістральної теплової мережі, котрий призвів до появи ефекту «негативного тертя» за бічною поверхнею паль; дія інерційних сил від вибухів у кар'єрі. Осідання основи пального фундаменту відбувалися

вже у нелінійній стадії (а отже, перевищують нормативні граничні величини), які й призвели до появи та розвитку фактичних деформацій, у т. ч. тріщин, будівлі.

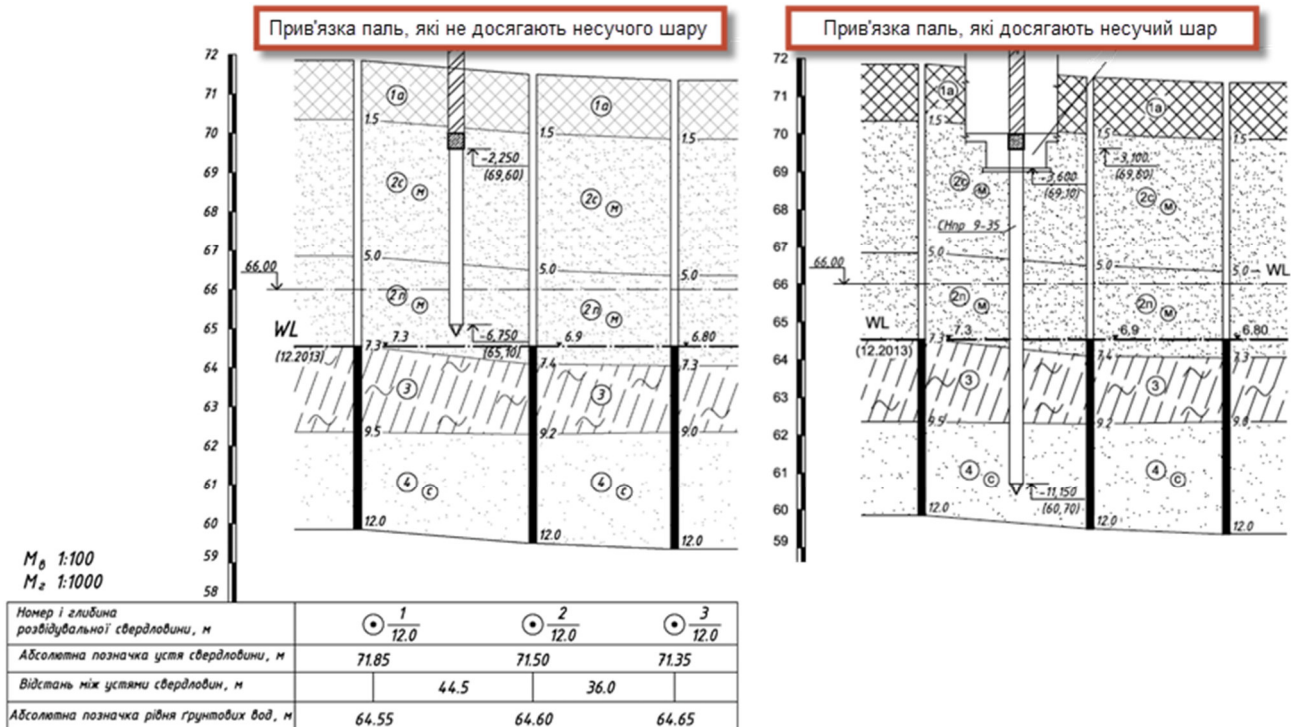


Рис. 3. Вертикальна прив'язка паль фактичної довжини 4,5 м (зліва, непроектна довжина) і 9 м (справа, проектна довжина) до інженерно-геологічного розрізу майданчика розташування деформованої будівлі за результатами інструментальних випробувань і підтверджена чисельним розрахунком МСЕ



а



б



в

Рис. 4. Вигляд палі у ростверку з шурфу (а), дослідження армування (б) і контроль довжини палі (в)

Для оперативного контролю якості ущільнення насипних і наливних масивів і дослідження механічних властивостей ґрунтів, у т. ч. з урахування чиннику часу, захищено патентом «Пенетрометр польовий».

Отримано нові дослідні дані зміни властивостей ущільнених мілких пісків під ребристу плиту посилення з урахуванням чиннику часу. Зафіксовано за однакового тиску від власної ваги ґрунту вищу на 6% (зі щільності скелету ґрунту з 1,62 до 1,65 г/см³) інтенсивність їх самоущільнення протягом 2 років

при вологості $w = 20 - 25\%$ порівняно з $w = 6 - 18\%$. Цього достатньо для включення плити посилення пальових фундаментів «в роботу» одразу ж після її влаштування. Ефект самоущільнення залежить також і від величини тиску.

Встановлені моніторингом фактичні параметри системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» надалі використано для побудови її розрахункової схеми та поетапного моделювання МСЕ НДС системи для оцінювання спільної роботи її складових.

У **третьому розділі** всебічно обґрунтовано й удосконалено іноваційне конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку підведенням під ростверки залізобетонних балок, які об'єднують поперечними балками для створення необхідної жорсткості просторової схеми всієї системи підсилення, а зверху балки об'єднуються монолітною плитою товщиною (рис. 5 і рис. 6). Параметри просторової жорсткості визначено аналітично з урахуванням властивостей самоущільненого намивного піску основи та фактичного технічного стану деформованої будівлі з урахуванням технології виконання робіт.

Щоб включити плиту «в роботу» одразу ж після її влаштування передбачено віброущільнення піску під плиту. Ребра плити спрямовані до низу. Вона добре перерозподіляє напруження від нерівномірних деформацій основ і має значну жорсткість. Роботи передбачено виконувати захватками, щоб мінімізувати негативний вплив на стан існуючих конструкцій. Черговість робіт і розміри захваток визначали з аналізу результатів ітераційного моделювання МСЕ НДС системи «деформована будівля – палі у складі ростверку – основа зі слабким підстильним шаром».

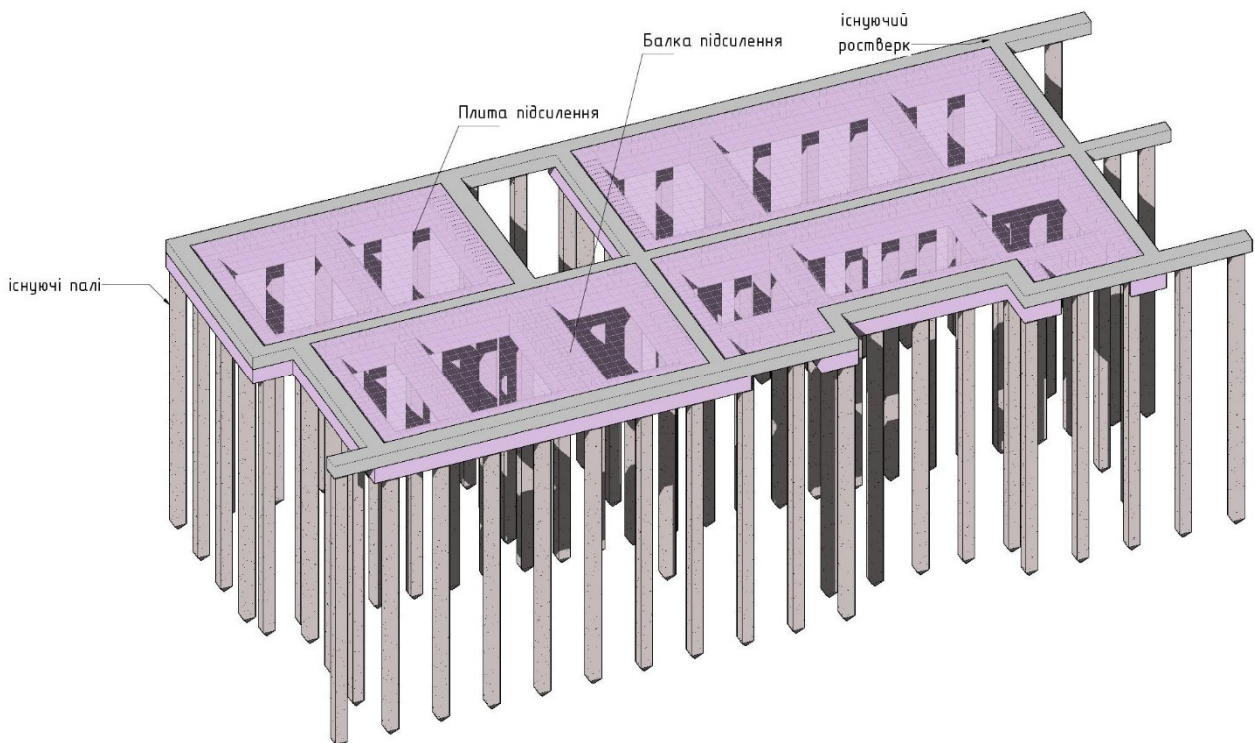


Рис. 5. Просторовий вигляд конструктивного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити

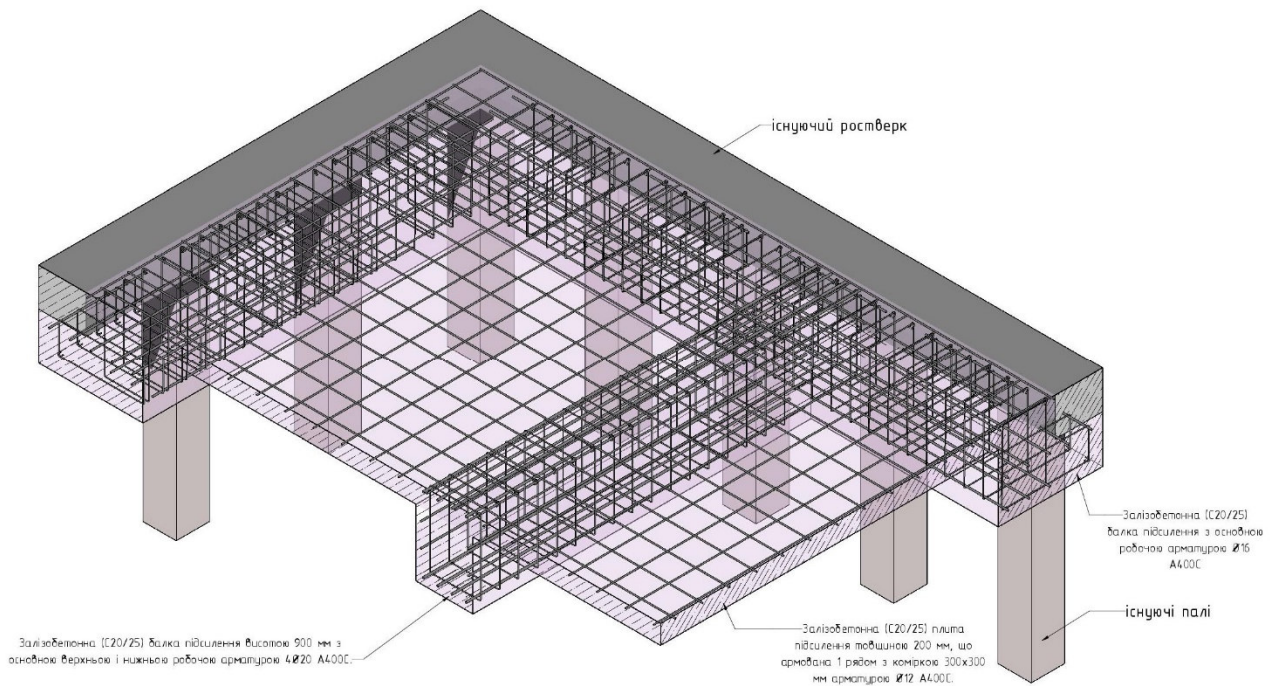


Рис. 6. Просторовий вигляд вузла стику балок посилення

Ці ж результати впливали й на методику геотехнічного моніторингу (зокрема, на можливі місця появи нових тріщин і критичні значення розкриття існуючих). Конструкція підсилення існуючого фундаменту перерозподіляє НДС в елементах деформованої будівлі, що призводить до ліквідації її нерівномірних деформацій при подальшій експлуатації. Додатковими перевагами іноваційного рішення посилення фундаментів із палей у складі стрічкового ростверку шляхом підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної плити також є те, що при цьому виконується мінімальний обсяг земляних робіт, а самі роботи можливо вести без відселення мешканців деформованого будинку.

У **четвертому розділі** зворотнім ітераційним моделюванням (різна довжина палей і основа їх вістря; на момент здачі будівлі; після аварії на трубопроводі, яке викликало ефект «негативного тертя» за бічною поверхнею палей і часткове розмивання намівого піску, тощо) отримано просторову модель системи «деформована будівля – призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром», яка враховує фактичну жорсткість існуючих палей, що призвела до появи тріщин у стінах деформованої будівлі. Розрахунок виконано МСЕ у 3D розрахунковій схемі з урахуванням спільної роботи надземних і підземних конструкцій, пального фундаменту й основи під ним (рис. 7). При оцінюванні НДС будівлі реакцію пальнової основи існуючих фундаментів умовно заміняли відповідними коефіцієнтами, отриманими при 3D моделюванні НДС будівлі. 3D моделі МСЕ її фундаментів до й після їх посилення подано на рис. 8. Моделювання проведено для трьох станів будівлі: 1) на момент її здачі; 2) після прориву теплотраси; 3) після посилення фундаментів. Для початкового стану прийнято коефіцієнти постелі для палей $k=7000$ кН/м (рис. 9, а), для стану прориву теплотраси враховано зменшення їх несучої здатності у певних зонах [3], де прийнято $k=5000$ кН/м (рис. 9, б).

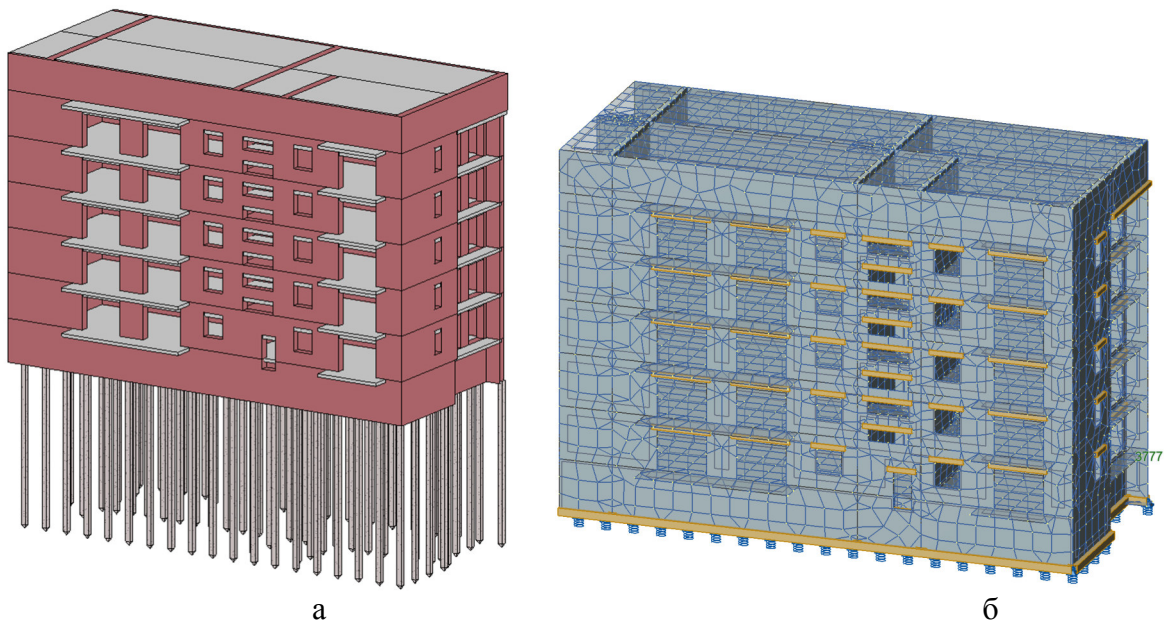


Рис. 7. 3D схема будівлі (а) та 3D скінченно-елементна модель будівлі (б)

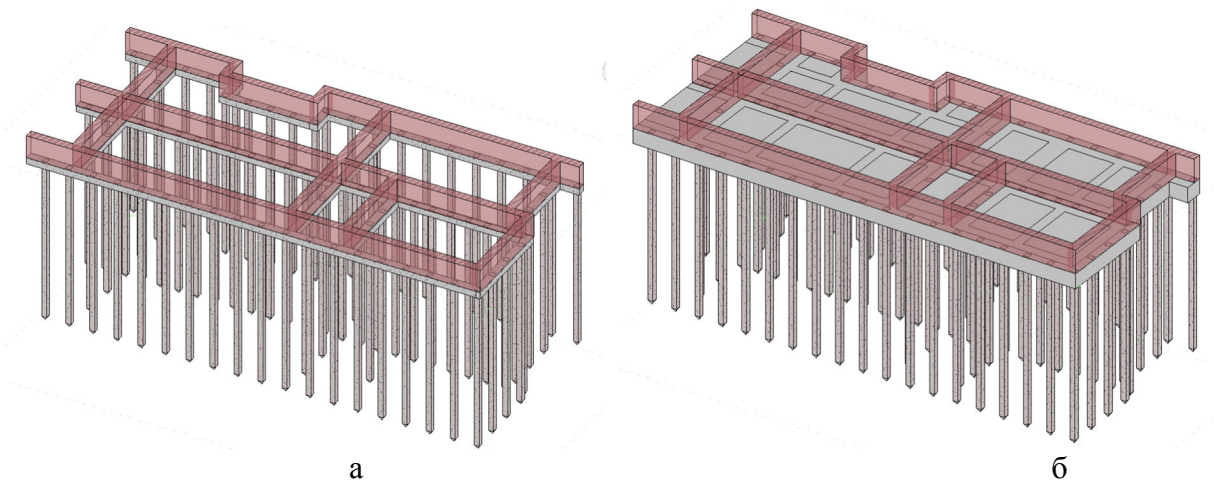


Рис. 8. 3D схема фундаментів до підсилення (а) та після підсилення (б)

На базі цієї моделі МСЕ проведено оцінювання особливостей спільної роботи складових системи, обґрунтовано конструкцію та стадійність підсилення ребристою залізобетонною плитою, яка створює новий НДС системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром». Особливостями нового НДС системи є створення нових напружень у намівному піску, який після підсилення стає основою нової плити, що, в свою чергу, впливає на перерозподіл жорсткості існуючих палей.

Отримано нові дослідні дані про зміну НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної залізобетонної плити. Моделювання НДС системи після посилення фундаменту показало, що перерозподіл напружень призвів до уникнення при подальшій експлуатації деформованої будівлі додаткових нерівномірних деформацій (у т. ч. під час нових вибухів у кар'єрі, можливих локальних замоканнях намівної товщі піску), що підтверджено результатами геомоніторингу.

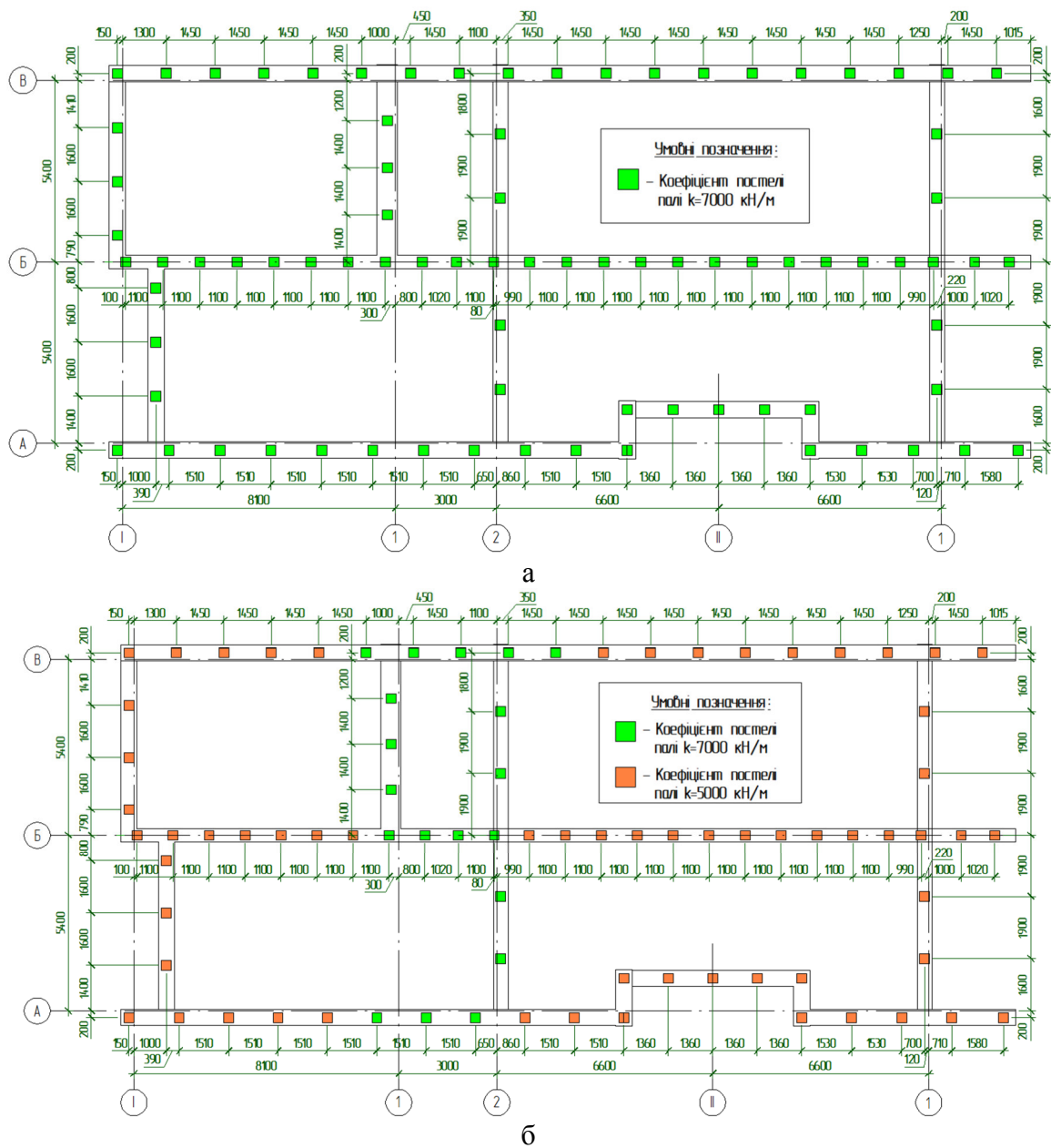


Рис. 9. Початкова жорсткість паль, яка врахована при моделюванні (а), та жорсткість паль, яка врахована при моделюванні, після пориву теплової мережі, котрий призвів до ефекту «негативного тертя» за бічною поверхнею паль (б)

Отримані величини напружень порівнювали з розрахунковим опором цегляної кладки розтягу за перев'язаним перерізом і міцності на стиск. Приймали, що кладка виконана з силікатної цегли М75 та розчину М25. На першому етапі моделювання визначено початковий характер напружень у кладці стін на момент спорудження будівлі до виникнення дефектів для фасаду 2-І (рис. 10). Напруження стиску не перевищують максимальний розрахунковий опір кладки на стиск ($f_d=1,10 \text{ МПа}$), а напруження розтягу в горизонтальній площині в деяких зонах (місця балконів) перевищують максимальні значення розрахункового опору кладки розтягу за перев'язаним перерізом ($f_{bk2}=0,11 \text{ МПа}$). Але також у стінах навколо сходової клітки прослідковуються напруження розтягу кладки, що в деяких зонах досягають межі міцності кладки на розтяг за перев'язаним перерізом, що може бути наслідком невдалих об'ємно-планувальних рішень чи помилок проектування фундаментів.

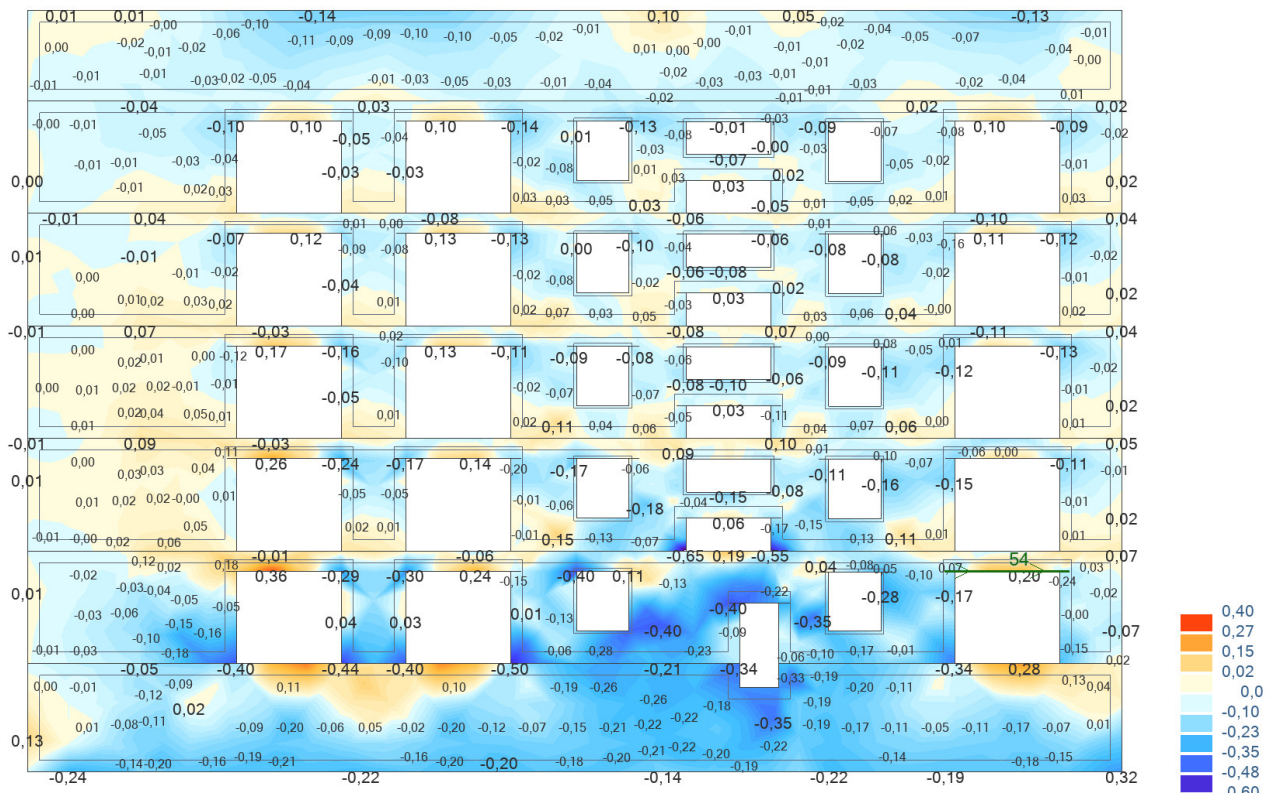


Рис. 10. Картина розподілу нормальних напружень в кладці зовнішніх стін на фасаді 2-І до виникнення дефектів

На другому етапі враховано зміни несучої здатності паль через прорив теплотраси та визначено новий характер розподілу напружень у кладці стін. За характером розподілу напружень можливе узагальнення: через підтоплення основи відбулося нерівномірне осідання лівої та правої частин будівлі навколо сходової клітки (яка має більшу жорсткість). Тому більшість тріщин зосереджені навколо неї. На схемах розподілу напружень (рис. 11) лініями виділено місця, де міцність цегляної кладки стін на розтяг перевищено ($f_{bk2}=0,11$ МПа), а тому найбільш можливе виникнення вертикальних тріщин за перев'язаним перерізом. Значення напружень стиску не перевищують допустимих значень ($f_d=1,1$ МПа).

На рис. 12 наведено схему розміщення тріщин зовнішніх несучих стін за даними моніторингу. Місця розташування та характер теоретичних (змодельованих МСЕ) вертикальних тріщин за перев'язаним перерізом практично співпадають з результатами обстежень. На третьому етапі враховано роботу елементів посилення фундаментів. На схемі розподілу напружень (рис. 13) видно, що посилення фундаменту суттєво прибрало нерівномірний характер розподілу напружень, наблизивши його до початкового стану. При цьому зберіглась особливість розподілу напружень розтягнення в кладці навколо сходової клітки, та їх значення чи не перевищили межі міцності кладки на розтягу ($f_{bk2}=0,11$ МПа), чи перевищили їх у місцях аналогічних початковому стану будівлі.

Доведено високу ефективність способу посилення пальових фундаментів у складі стрічкового ростверку підведенням ребристої плити, що супроводжується використанням розробленими методикою геотехнічного моніторингу й нової моделі системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку –

основа зі слабким підстильним шаром» шляхом ітераційного оцінювання НДС деформованої будівлі на різних стадіях її експлуатації.

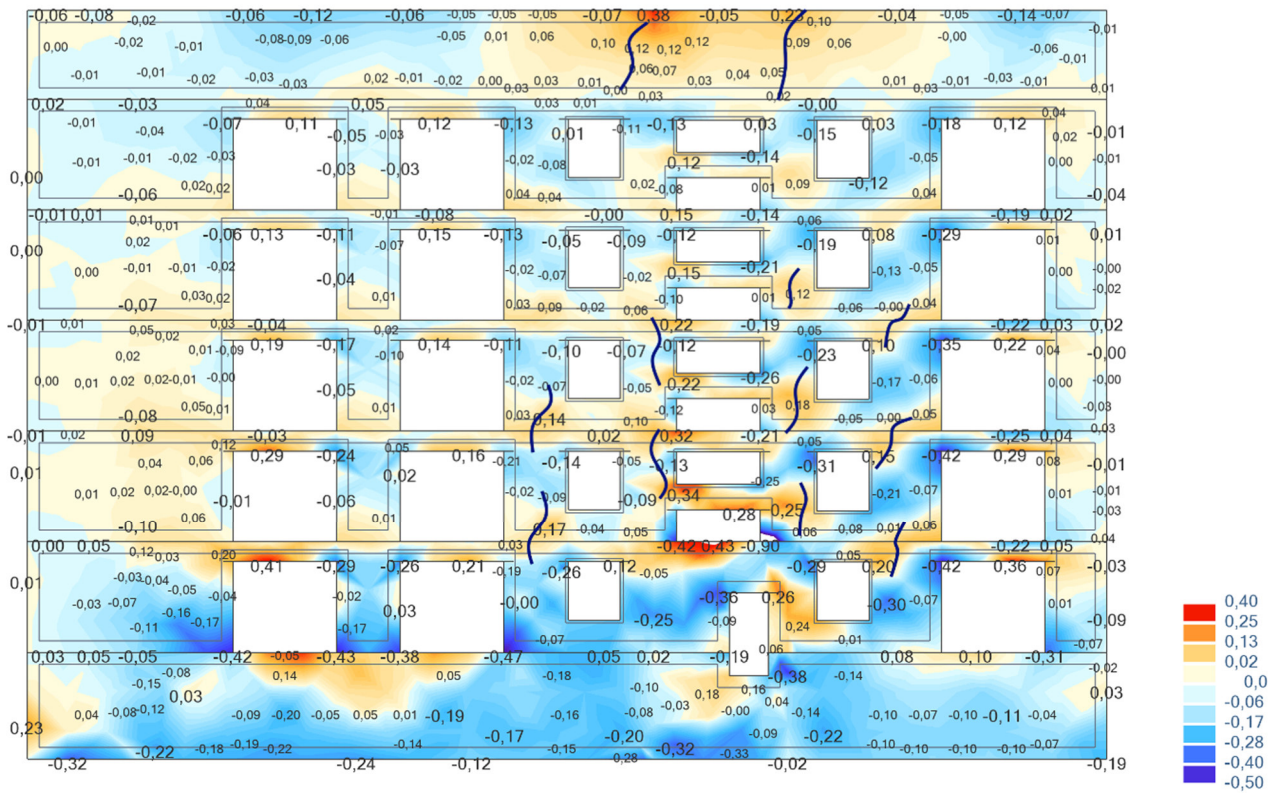


Рис. 11. Картина розподілу нормальних напружень і відповідних тріщин у кладці зовнішніх стін на фасаді 2-І після пориву теплової мережі, котрий призвів до ефекту «негативного тертя» за бічною поверхнею паль



Рис. 12. Схема розміщення дефектів і пошкоджень у кладці зовнішніх стін на фасаді 2-І (зліва) і їх фото (справа) за даними моніторингу

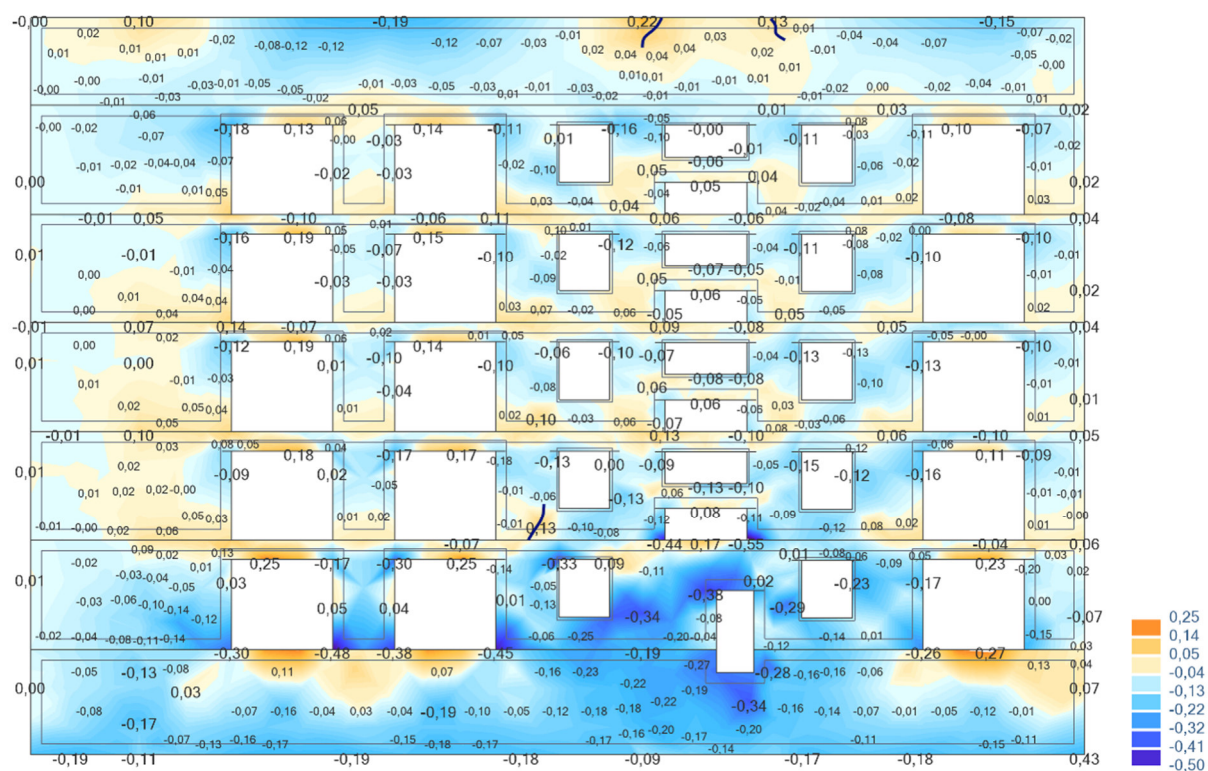


Рис. 13. Картина розподілу нормальних напружень в кладці зовнішніх стін на фасаді 2-І після підсилення фундаментів

Результати роботи, зокрема, використано (**п'ятий розділ**):

- ТОВ «ЕКФА» при складанні «Робочого проекту капітального ремонту (підсилення) будівельних конструкцій житлового будинку по вул. Героїв Дніпра, 27 в м. Горішні Плавні Полтавської області», реалізації проекту та відповідному геомоніторингу. Так за даними геомоніторингу після посилення фундаментів деформованого будинку, який триває вже близько 4 років, встановлено, що додаткові осідання основи не перевищили 1 – 2 мм і стабілізувались протягом першого року після завершення робіт з посилення фундаментів, а тріщин у гіпсових маячках, які були відновлені на несучих стінах, не зафіксовано;

- ТОВ «Альмагруп» для уточнення фактичної жорсткості буронабивних паль, розробці рекомендацій з підсилення пальових фундаментів деформованої багатоповислової житлової будівлі по вул. Станіславського, 6 в м. Полтава;

- ДП НДІБК при складанні п. 10.4 і 10.5 ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд та п. 9.5 ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення;

- у навчальному процесі аспірантів і розробці держбюджетної роботи в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливу науково-технічну **задачу** удосконалення конструктивно-технологічного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку внаслідок підведення під

існуючі ростверки ребристої монолітної плити, конструкція і стабільність зведення якої залежить від зміни НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром».

1. На характерному натурному об'єкті удосконалено та апробовано систему геотехнічного моніторингу системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі та після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної плити: визначено фактичний технічний стан і параметри її основ і фундаментів та їх зміни в часі; шляхом моніторингу обґрунтовано критичні значення додаткового розкриття існуючих тріщин і місця появи нових, що можуть призвести до руйнування будівлі, проведено спостереження за деформаціями об'єкту до, в процесі й після його посилення для встановлення закономірностей розвитку та стабілізації цих деформацій у часі й ін.

2. Зафіксовано за однакового тиску від власної ваги ґрунту більш високу інтенсивність (зі щільності скелету ґрунту з 1,62 до 1,65 г/см³) самоущільнення мілких пісків протягом 2 років при вологості 20 – 25% порівняно з 6 – 18%. Це дає можливість спрогнозувати значення механічних характеристик штучних основ для достовірного моделювання НДС системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» після підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної плити. Захищено патентом «Пенетромтр польовий» для дослідження механічних властивостей ґрунтів і оперативного контролю якості їх ущільнення.

3. Удосконалено конструктивно-технологічне рішення посилення пальового фундаменту підведенням під ростверки залізобетонних балок, які об'єднують поперечними балками, а зверху монолітною плитою, жорсткість яких залежить від НДС системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» та її зміною в часі, що моделюється МСЕ і контролюється геотехнічним моніторингом; щоб швидко включити плиту «до роботи» в її основу віброплитами втрамбовують щебінь; ребра плити спрямовані до низу, вона добре перерозподіляє напруження від нерівномірних деформацій основ і має значну жорсткість за мінімального об'єму земляних робіт.

4. Розроблено просторову числову модель системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» для ітераційного моделювання (різні довжина паль і основа їх вістря; на момент здачі будівлі; після аварії на трубопроводі, яке викликало ефект «негативного тертя» за бічною поверхнею паль і часткове розмивання намівного піску) МСЕ. Розрахунок виконано у 3D розрахунковій схемі з урахуванням спільної роботи надземних і підземних конструкцій, пальового фундаменту й основи під ним. При оцінюванні НДС будівлі реакція пальової основи існуючих фундаментів умовно замінювалась відповідними коефіцієнтами.

5. На базі просторової числової моделі розроблено методику уточнення жорсткості паль ітераційним моделюванням МСЕ НДС системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» за результатами геотехнічного моніторингу. При

цьому порівнювалося НДС розробленої моделі і фактичного стану деформованої будівлі на момент її здачі, після аварії трубопроводу з урахуванням мінливості довжини паль. Отже, підбиралася така жорсткість паль, щоб при моделюванні була змога досягти відповідних напружень розтягу в цегляній кладці, що відповідало б фактичному технічному стану деформованої будівлі.

6. Отримано нові дослідні дані про зміну НДС системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» внаслідок підведення під ростверки ребристої плити. Моделювання НДС системи на момент підведення елементів підсилення показало, що стадійність і розміри захваток впливають на значення напружень розтягу в стінових елементах будівлі, що дозволило оптимізувати технологічні рішення. Моделювання НДС системи після посилення фундаменту показало, що перерозподіл напружень в елементах нової конструкції фундаментів та їх основі дає можливість уникнути нерівномірних осідань. Доведено ефективність і надійність способу посилення пальових фундаментів підведенням ребристої плити.

7. Результати досліджень використано при: складанні п. 10.4, 10.5 ДСТУ Б В.3.1-2:2016, п. 9.5 ДБН В.2.1-10:2018; проекту посилення пальових фундаментів деформованого будинку в м. Горішні Плавні (без відселення мешканців) і відповідному геомоніторингу; розробці рекомендацій подальшої безаварійної експлуатації багатоповерхової житлової будівлі по вул.Станіславського, 6 в м. Полтава; навчальному процесі аспірантів і розробці держбюджетної роботи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Research of “influence area” parameters of the foundations arranged without soil / M.L. Zotsenko, Yu.L. Vynnykov, N.M. Pinchuk & S.M. Manzhaliy // TRANSBUD-2019. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 708 (2019) 012076 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/708/1/012076. Indexed in Scopus.
2. Vynnykov Yu. L. Reinforcement of a deformed structure on the pile foundation / Yu.L. Vynnykov, M.O. Kharchenko & S.M. Manzhaliy // International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1021 (2021) 012030. IOP Publishing. – doi:10.1088/1757-899X/1021/1/012030. Indexed in Scopus.
3. Vynnykov Yu. Residential building's deformation on pile foundation / Yu. Vynnykov, S. Manzhaliy // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. – 2019. – Is. 2(53)'. – P. 98 – 106. doi: <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1899>.
4. Винников Ю.Л. Досвід посилення фундаментів із призматичних паль у складі стрічкового ростверку підведенням плити / Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій // Науковий вісник будівництва. – Вип. 1(99). – Х.: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2020. – С. 48 – 55. – doi: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-48-55.
5. Винников Ю.Л. Удосконалення геотехнічного моніторингу підсилення деформованої будівлі на палевому фундаменті / Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: зб. наук. праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, 2020, №18. – С. 28 – 39. doi: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217695>.

6. Vynnykov Yu.L. Stress strained state change in the «deformed building – pile foundation – base» system resulting from supplying the slab under the grilles / Yu.L. Vynnykov, M.O. Kharchenko, S.M. Manzhaliy // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. – 2020. – Is. 1(54)'. – P. 61 – 73.
7. Використання малозв'язних розкривних порід для улаштування штучних основ / Ю.Л. Винников, В.І. Коваленко, М.О. Харченко, П.М. Омельченко, С.М. Манжалій // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. Вип. 71. – Кн. 2 – К.: НДІБК, 2008. – С. 83 – 92.
9. Геотехнічні властивості штучних основ із розкривних малозв'язних ґрунтів / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, Р.М. Лопан, С.М. Манжалій // Основи та фундаменти: Міжвід. наук.-техн. зб. – Вип. 37. – К.: КНУБА, 2015. – С. 179 – 189.
9. Манжалій С.М. Геотехнічні властивості штучних основ із розкривних малозв'язних ґрунтів з урахуванням чиннику часу / С.М. Манжалій, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, Р.М. Лопан // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. наук. праць (будівництво). – Вип. 83: В 2-х кн.: Кн. 1. – К.: ДП НДІБК, 2016. – С. 405 – 411.
10. Геотехнічні властивості штучних основ для об'єктів гірничо-збагачувального комплексу: Монографія / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, Р.М. Лопан, С.М. Манжалій. – Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2017. – 266 с.
11. Посилення пальового фундаменту підведенням під ростверки плити / Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій, М.О. Харченко, В.І. Дмитренко // “Building Innovations – 2020”. – Зб. наук. праць за матеріалами III Міжнар. азербайджансько-української наук.-практ. конф. – Баку – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. – 65 – 67.
12. Винников Ю.Л. Досвід зведення планомірного насипу із суміші розкривних порід і глинистого ґрунту / Ю.Л. Винников, В.І. Коваленко, М.О. Харченко, Р.М. Лопан, В.В. Рибалко, С.М. Манжалій // Состояние современной строительной науки – 2009. Сб. науч. трудов. – Полтава: Полтавский ЦНТЭИ. – 2009. – С. 132 – 133.
13. Манжалій С.М. Малозв'язні розкривні ґрунти як матеріал штучних основ / С.М. Манжалій, Ю.Л. Винников // Матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів «Проблеми сучасного будівництва» (17 грудня 2014 р.). – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2014. – С. 66 – 71.
14. Результати науково-технічного супроводу зведення штучного насипу у складних інженерно-геологічних умовах / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, Р.М. Лопан, С.М. Манжалій // Тези 68-ої наук. конф. професорів, викладачів, наук. працівників, аспірантів та студентів університету. Т. 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 238 – 239.
15. Обґрунтування умов використання малозв'язних розкривних порід кар'єрів родовищ залізних кварцитів для штучних основ / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, І.С. Дрозд, С.М. Манжалій // Тези 71-ої наук. конф. професорів, викладачів, наук. працівників, аспірантів та студентів університету. – Т. 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 7 – 8.

16. Зоценко М.Л. Дослідження параметрів «зони впливу» фундаментів, що споруджують без виймання ґрунту / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій // Тези доповідей 8-ої міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті». – Ч. 2. – Х.: УДУЗТ, 2019. – С. 63 – 64.
17. Винников Ю.Л. Посилення деформованої споруди на пальовому фундаменті / Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій // Міжнар. наук.-техн. конф. «Енергоефективність на транспорті», Харків, 18 – 20 листопада 2020 р.: Тези доповідей. – Х.: УкрДУЗТ, 2020. – С. 68 – 69.
18. Винников Ю.Л. Розрахункова схема системи «деформована будівля – пальовий фундамент – основа зі слабким підстильним шаром» до та після підведення під ростверку плити / Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій // Тренди та тенденції розвитку будівельної галузі: Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., Харків, 18 – 19 листопада 2020 р. – Х.: ХНУМГ, 2020. – С. 112 – 114.
19. Пенетромтр польовий // Винников Ю.Л., Харченко М.О., Яковлев А.В., Ясько С.Г., Манжалій С.М. Патент на корисну модель № 41209. Реєстраційний номер заявки u 2008 14415. Дата подання 15.12.2008. E02D 1/00, G01/N 3/00. 12.05.2009, Бюл. № 9, 2009 р.

АНОТАЦІЯ

Манжалій С.М. Робота деформованої будівлі на пальовому фундаменті, підсиленому плитою. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.02 – основи і фундаменти. – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2021.

Роботу присвячено удосконаленню конструктивно-технологічного рішення посилення фундаментів із забивних призматичних паль у складі стрічкового ростверку внаслідок підведення під існуючі ростверки ребристої монолітної плити, конструкція і стадійність зведення якої залежить від зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи «деформована будівля – забивні призматичні палі у складі стрічкового ростверку – ґрунтова основа зі слабким підстильним шаром». На натурному об'єкті удосконалено систему геотехнічного моніторингу системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» до, в процесі й після підведення під ростверку плити. Досліджено процеси самоущільнення насипних і наливних пісків у часі. Удосконалено конструктивно-технологічне рішення посилення фундаментів шляхом підведення під ростверку ребристої плити.

Розроблено просторову числову модель системи «деформована будівля – палі у складі стрічкового ростверку – основа зі слабким підстильним шаром» для ітераційного моделювання методом скінченних елементів, щоб урахувати фактичну жорсткість існуючих паль, що призвела до появи тріщин у стінах. На її базі обґрунтовано конструкцію (жорсткість) і стадійність посилення пальового фундаменту ребристою плитою, основою якої є наливні самоущільнені піски, що при включенні в роботу перерозподілять НДС у складових системи; визначено

критичні значення додаткового розкриття існуючих і появу нових тріщин, що зменшить небезпеку технологічного процесу посилення фундаментів.

Ключові слова: ґрунтова основа, пісок, слабкий ґрунт, забивна призматична паля, монолітний залізобетонний ростверк, осідання, тріщина, технічний стан будівлі, деформована будівля, геотехнічний моніторинг, ітераційне чисельне моделювання, ребриста монолітна залізобетонна плита.

АННОТАЦІЯ

Манжалий С.Н. Работа деформированного здания на свайном фундаменте, усиленном плитой. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 – основания и фундаменты. – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2021.

Работа посвящена совершенствованию конструктивно-технологического решения усиления фундаментов из забивных призматических свай в составе ленточного ростверка вследствие подведения под существующие ростверки ребристой монолитной плиты, конструкция и стадийность возведения которой зависит от изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «деформированное здание – забивные призматические сваи в составе ленточного ростверка – грунтовое основание со слабым подстилающим слоем». На натурном объекте усовершенствовано систему геотехнического мониторинга системы «деформированное здание – сваи в составе ленточного ростверка – основание со слабым подстилающим слоем» до, в процессе и после подведения под ростверки плиты. Исследованы процессы самоуплотнения насыпных и намывных песков во времени. Усовершенствовано конструктивно-технологическое решение усиления фундаментов путем подведения под ростверки ребристой плиты.

Разработана пространственная численная модель системы «деформированное здание – сваи в составе ленточного ростверка – основание со слабым подстилающим слоем» для итерационного моделирования методом конечных элементов, чтобы учесть фактическую жесткость существующих свай, которая привела к появлению трещин в стенах. На ее базе обоснована конструкция (жесткость) и стадийность усиления свайного фундамента ребристой плитой, основание которой – намывные самоуплотнившиеся пески, которые при включении в работу перераспределяют НДС в составляющих системы; определены критические значения дополнительного раскрытия существующих и появление новых трещин, что уменьшит опасность технологического процесса усиления фундаментов.

Ключевые слова: грунтовое основание, песок, слабый ґрунт, забивная призматическая свая, монолитный железобетонный ростверок, осадка, трещина, техническое состояние здания, деформированное здание, геотехнический мониторинг, итерационное численное моделирование, ребристая монолитная железобетонная плита.

ANNOTATION

Manzhaliy S.M. Operation of a deformed building on pile foundation reinforced with a slab. – Qualifying scientific work as manuscript.

The thesis for the degree of philosophy doctor on specialty 05.23.02 – Bases and Foundations. – National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, 2021.

The work is devoted to the improvement of the constructive-technological decision of strengthening the driven prismatic piles' bases as a part of a continuous grille due to the supplying of a monolithic reinforced concrete slab under the existing grilles, which design and stage of construction depends on change of a stress-strain state (SSS) of the "deformed building – driven prismatic piles as a part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer".

In the **introduction** the urgency of the topic, the purpose and objectives of research, scientific novelty and practical value of work are grounded, its general characterization is represented.

In **Chapter 1** it is revealed the research state of the problem of improving the constructive-technological solution for strengthening the foundation on driven prismatic piles as a part of a continuous grille and the SSS change estimation in the "deformed building – driven prismatic piles as a part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer" system resulting from supplying the monolithic reinforced concrete slab under the existing foundation grilles, the reasons for buildings' on pile foundation excessive deformations and features of geotechnical monitoring (geomonitoring) of the buildings' on pile foundation strengthening are analyzed.

In **Chapter 2** it is described the method of geomonitoring of a deformed building in transition from unsatisfactory to emergency technical condition, for the possibility of strengthening its foundations without relocating residents. In particular, the critical additional values of the opening of existing fractures and possible places of the emergence of the new ones are substantiated, which can lead to the deformed building failure, according to the SSS analysis of its mathematical model. There are given the results of geotechnical monitoring before and after supplying the monolithic reinforced concrete slab under the existing foundation grilles. Its algorithm is developed taking into account the phased work on the supply of reinforcement elements. The results of geomonitoring of the condition of a deformed residential brick five-story building, erected more than 40 years ago according to a typical project on driven prismatic piles connected by a continuous reinforced concrete grille, are presented. Defects affecting the load-bearing capacity and durability of structural elements and the building as a whole, in particular, vertical cracks with a width of up to 20 mm in the walls. The parameters of bases and foundations are determined. The method and results of the analysis of the instrumental control of the actual length of the piles and the assessment of their integrity are presented. The bearing capacity of piles and settlement of its base are calculated. The causes of excessive deformations of the foundations are established: the inability of the piles' toes to reach the designed mark; the piles' destruction during their immersion in dense sands; rupture of the main thermal network, which led to

"negative friction" effect on the piles' lateral surface, etc within the uncompacted alluvial sand and partially its erosion; explosions in the quarry that affect the building.

For operative quality control of compaction of bulk and alluvial massifs and research of mechanical properties of soils, including taking into account the time factor, it is protected by the patent for the useful model "Field Penetrometer". The results of the bulk sands self-weight compaction in time investigation are shown which are used for properties forecasting of the basis of a T-shaped pile foundation strengthening slab of the existing building. The constructive-technological decision of the bases strengthening by supplying under grilles a T-shaped reinforced concrete slab by divisions taking into account analytically defined rigidity of existing piles and an actual technical condition of the deformed building.

In **Chapter 3** the innovative constructive-technological decision of strengthening the driven prismatic piles' bases as a part of a continuous grille is comprehensively proved and improved. The reinforcement consisted of the supplying under the grille a monolithic reinforced concrete L-shaped beams 900 mm height, determined analytically with regards to the properties of self-compacted alluvial sand of the base and the actual technical condition of the deformed building. L-shaped beams were to be joined by transverse reinforced concrete beams 900 mm height to create the required rigidity of the entire reinforcement system, and on top – by a monolithic 200 mm thick slab. All the work is performed by divisions, to minimize the negative impact on the technical condition of existing structures. The sequence of work and the size of the divisions were determined from the analysis of the results of iterative modeling by the finite element method (FEM) of SSS of the deformed building. The same results influenced the method of geotechnical monitoring (in particular, the possible locations of new cracks and the critical values of the disclosure of existing ones). To include the plate "in operation" immediately after its installation the vibro-compaction of sand under the plate was provided. The plate's ribs were directed to the bottom. It effectively redistributes stress from uneven deformations of the base and has considerable rigidity at the minimum volume of groundworks, that is, in the process of strengthening the slab-pile foundation was obtained.

In **Chapter 4** by the inverse iterative simulation (different lengths of piles and the base of their toes at the time of the building commissioning; after the accident on the pipeline, which led to "negative friction" effect on the piles' lateral surface and partial erosion of alluvial sand, etc.) it was obtained a spatial model of the «deformed building – driven prismatic piles as a part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer» system, which takes into account the actual stiffness of existing piles, which led to cracks in the walls of the deformed building. Based on this model with the use of FEM, it's been carried out the estimation of joint work features of the system components, the design, and staging of strengthening with the T-shaped reinforced concrete slab which creates new SSS of the "deformed building – driven prismatic piles as a part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer" system is justified. Features of the new SSS of the system are the creation of new stresses in alluvial sand, which becomes the basis of a new slab after the reinforcement, which, in turn, affects the redistribution of the stiffness of existing piles.

New experimental data were obtained about the SSS change of the "deformed

building – piles as part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer" system due to the supplying of a monolithic reinforced concrete slab under the existing grilles. The simulation of the SSS system after strengthening the foundation showed that stress redistribution led to the avoidance of additional uneven deformations during further operation of the deformed building (including during new explosions in the quarry, possible local soaking of the alluvial layer of sand), which is confirmed by the results of geomonitoring. Sufficiently high efficiency of the method of the pile foundations strengthening as a part of a continuous grille by supplying a T-shaped slab is proved, which is accompanied by the use of the methods of geotechnical monitoring developed in this work and a new model of the system "deformed building – driven prismatic piles as a part of a continuous grille – soil base with a weak underlying layer" by iterative estimation of the SSS of the deformed building at various stages of its operation.

In **Chapter 5** the results of the introduction of the author's constructive-technological decision of the deformed building bases' strengthening in the practice of reconstruction are presented. In particular, when preparing the "Working design of major repairs (strengthening) of building structures of a residential building on Heroiv Dnipra st., 27 in Horishni Plavni, Poltava region" and the subsequent implementation of project (without resettlement of residents), as well as in geomonitoring, including the results of observations of deformations of the building before, during and after the completion of reinforcement. An example of further use of the obtained research results to increase the operational reliability of a deformed building in Poltava is given.

Key-words: soil base, sand, poor-bearing soil, driven prismatic pile, monolithic reinforced concrete grille, settlement, crack, engineering status of the building, geotechnical monitoring, iterational numerical modelling, T-shaped monolithic reinforced concrete slab.

Підписано до друку 25.03.2021 р.
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк різнографічний. Умовн. друк. арк. 0,9.
Наклад 100 шт. Замовлення 050421/1

Віддруковано в типографії ФОП Смірнов А.Л.
Свідоцтво серія ДК № 5117 від 07.06.2016 р.
36000, м. Полтава, просп. Першотравневий, 19
Тел./факс: (0532) 50-24-17
