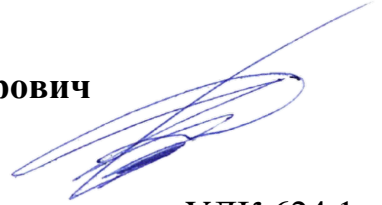


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ГАВРИЛЮК Олександр Володимирович



УДК 624.1

**ВЗАЄМОДІЯ ФУНДАМЕНТІВ ІЗ БУРОВИХ ПАЛЬ З ОСНОВОЮ
ПРИ ЛОКАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕННЯХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
БУДІВЕЛЬ**

05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2025

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Робота виконана на кафедрі геотехніки Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Бойко Ігор Петрович,
Київський національний університет будівництва і
архітектури Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри геотехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кочкар'юв Дмитро Вікторович,
Національний університет водного господарства
та природокористування
завідувач кафедри міського будівництва та господарства

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Титаренко Володимир Анатолійович,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК)
завідувач відділення досліджень технічного стану будівель
і споруд при небезпечних геологічних процесах ДП НДІБК

Захист відбудеться «12» лютого 2026 р. о 13:00 в ауд. 204 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.04 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, просп. Повітряних Сил, 31.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, просп. Повітряних Сил, 31.

Автореферат розісланий «24» грудня 2025 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради Д 26.056.04
доктор філософії

Г.А. Затилюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Урахування імовірного аварійного впливу на конструкції будівлі або споруди в теперішній час для України є особливо важливим завданням, що спричиняє необхідність розробки проектних рішень, які відповідають вимогам міцності, стійкості та експлуатаційної придатності в умовах експлуатації з можливістю виникнення пошкоджень або руйнувань внаслідок російської агресії. Актуальність проблеми аварійних впливів для конструкцій будівель і споруд обумовлена катастрофічними наслідками, які призводять до зміни конструктивної схеми, втрати стійкості певними елементами, до перевищення несучої здатності окремих конструкцій та до людських жертв.

Сучасні багатоповерхові будівлі передають на ґрунтову основу значні вертикальні навантаження через зростання поверховості, що вимагає використання бурових паль у фундаментних конструкціях для забезпечення міцності, стійкості та надійності в умовах потенційних аварійних впливів, зокрема спричинених воєнними діями.

Надійність та економічність проектних рішень пальових фундаментів напряму залежить від якості та достовірності визначення несучої здатності паль по ґрунту, яка фактично є сумарним опором ґрунту зрушенню по бічній поверхні палі та стисненню під підошвою палі.

Розрахунок несучої здатності бурових паль виконується за аналітичними залежностями, за експериментальними даними – наприклад, за результатами випробування ґрунту інвентарною випробувальною палею ІВП-127 або за графіком “навантаження-осідання” після випробування натурної палі. Аналіз публікацій показав, що, як правило, несуча здатність паль за аналітичною методикою норм є заниженою, тому загальна кількість паль у фундаменті збільшується, що зумовлює збільшення собівартості влаштування фундаментної частини будинку та впливає в кінцевому результаті на вартість житла.

Тому перспективним є розробка методики, за допомогою якої можна було б отримувати дані по визначенню несучої здатності бурових паль довжиною більше 15 м, наближені до результатів отриманих за статичним випробовуванням.

Значний вклад в розвиток методів розрахунку при проектуванні будівельних конструкцій внесли представники Київської школи теорії споруд та наукової школи будівельної механіки, серед яких В.А. Баженов, Ю.В. Ворона, Г.М. Іванченко, П.П. Лізунов, О.С. Сахаров, І.І. Солодей та інші вчені, які присвятили свої дослідження питанням розробки і застосуванню числових методів розрахунку конструкцій для розв’язку широкого кола задач. Питанням розрахунку залізобетонних конструкцій у процесі тривалих складних навантажень, а також оцінки надійності конструкцій будівель і споруд присвячені праці Й.І. Улицького, Л.А. Мурашка, А.Я. Барашикова, А.М. Бамбури, О.Д. Журавського та інш. Дослідженням взаємодії фундаментів з ґрунтовою основою, в тому числі шляхом числового моделювання, присвячені роботи багатьох вчених, серед яких М.Ю. Абелєв, А.О. Барталомей, В.Г. Березанцев, А.І. Білеуш, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.С. Грутман, М.П. Дубровський, М.Л. Зоценко, Ю.О. Кірічек, А.С. Моргун, О.В. Новський, О.В. Самородов, В.Л. Сєдін, А.В. Шаповал, Н. Brandl, R. Katzenbach, G. Meyergof, K. Terzaghi. Ці дослідження підтверджують, що

питання визначення несучої здатності паль залишається актуальним як на етапі розробки надійних проектних рішень, так і в процесі пошуку економічно-ефективного варіанту фундаментних конструкцій будівель і споруд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана у відповідності до наступних робіт, в яких здобувач брав участь на рівні виконавця:

- держбюджетна науково-дослідна робота Міністерства освіти і науки України 5ДБ-2017 «Розвиток дилатансійної теорії ґрунтового середовища для заглиблених споруд з урахуванням жорсткості, технології зведення, характеру навантажень» (наказ МОНУ №199 від 10.02.2017р., наказ КНУБА №16/4 від 15 лютого 2017 року, номер державної реєстрації 0117U004845).
- НДДКР «Вдосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій і основ» (наказ №243 від 03.06.2021р., номер державної реєстрації 0121U113033)

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає в оцінці напружено-деформованого стану пальових фундаментів із бурових паль та конструкцій будівель з урахуванням аварійних впливів.

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

- виконати ідентифікацію параметрів ґрунтового середовища для реалізації числового моделювання натурних випробувань палі статичним вдавлюючим навантаженням з урахуванням нелінійної роботи ґрунтів;
- розв'язати тестові задачі взаємодії паль з ґрунтовою основою для конструкцій бурових паль з різними геометричними параметрами;
- оцінити достовірність наближених методик визначення несучої здатності бурових паль для різних геометричних параметрів;
- виконати числове моделювання спільної роботи елементів системи «ґрунтова основа – фундамент» з метою отримання напружено-деформованого стану ґрунтової основи та конструкції бурової палі в умовах нелінійної роботи ґрунтового середовища для різних параметрів паль;
- реалізувати впровадження в практику проектування раціональних конструкцій пальових фундаментів з використанням методики оцінки несучої здатності палі за даними числового моделювання.

Об'єкт дослідження – взаємодія елементів системи «ґрунтова основа – фундамент».

Предмет дослідження – несуча здатність бурових паль, конструкцій фундаментів та несучих елементів будівель.

Методи дослідження:

При проведенні досліджень були використані наступні методи дослідження:

- аналіз існуючих методів визначення несучої здатності паль по ґрунту;
- ідентифікація параметрів ґрунтового середовища для числового моделювання роботи палі в ґрунті;
- проведення контрольно-тестових розрахунків для перевірки збіжності результатів числового моделювання з дослідними даними;
- проведення планування числового експерименту, постановки та розв'язання задач роботи конструкцій бурових паль з різними геометричними параметрами в ґрунтовому середовищі;
- реалізація математичного моделювання просторових задач роботи палі навантаженням при взаємодії з нелінійним ґрунтовим середовищем;

- аналіз результатів числового моделювання та аналітичного визначення несучої здатності палі по ґрунту та її складових (по бічній поверхні та під підошвою палі);
- впровадження результатів дослідження в практику проектування фундаментних конструкцій.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведені дослідження дозволяють отримати нові наукові результати:

- зафіксовано особливості взаємодії палі з оточуючим піщаним ґрунтом, які проявляються у роботі бічної поверхні палі за рахунок сил тертя в діапазоні навантажень до 70...80% від загальної несучої здатності палі по ґрунту;
- запропоновано методiku оцінки напружено-деформованого стану бурових паль, яка дозволяє виявити перерозподіл навантаження між бічною поверхнею, підошвою палі і ростверком в процесі взаємодії з ґрунтом основи;
- визначено достовірність аналітичної методики оцінки несучої здатності бурових паль різних геометричних параметрів з високою збіжністю результатів, виявлено закономірність росту похибки для розглянутих паль;
- показано можливість аналізувати напружено-деформований стан ґрунтів основи і конструкцій, що забезпечує можливість виявити окремі аварійні зони для завчасного прийняття інженерних заходів для відновлення несучої здатності усіх елементів системи «ґрунтова основа – пальові фундаменти - несучі конструкції будівлі».

Практичне значення отриманих результатів:

- запропоновано раціональні конструктивні параметри бурових паль за даними аналізу визначення величини питомої несучої здатності паль в піщаних ґрунтах;
- впроваджено результати досліджень взаємодії пальових фундаментів будівель з нелінійною ґрунтовою основою в умовах аварійних ситуацій;
- апробовано на реальних об'єктах застосування адаптованої методики, яка дозволила зменшити кількість паль без втрати надійності проектного рішення фундаментів.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі та узагальненні літературних матеріалів за темою дисертації, формулюванні мети і задач дослідження, розробці методики ідентифікації параметрів моделі ґрунтового середовища для числового моделювання роботи палі в ґрунті, обробці і аналізі результатів числового моделювання, підготовці висновків та впровадженні методики у практику проектування конструкцій пальових фундаментів із бурових паль при врахуванні аварійних впливів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи представлені та обговорені на наступних конференціях:

- «XI українська конференція механіки ґрунтів і геотехніки», Україна, Київ, 2025;
- «Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції (БССП-2025)», V Міжнародна науково-практична конференція, Україна, Київ, 2025;
- «BUILD MASTER CLASS», International Scientific-Practical Conference of Young Scientists, Kyiv, Ukraine, 2019, 2024, 2025;
- «Konstrukcje zespolone : XI konferencja naukowa», Zielona Góra, Polska, 2017.

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових

працях, з них: у фахових наукових журналах і збірниках – 9; у публікаціях матеріалів міжнародних і вітчизняних конференцій – 4.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 173 сторінки, в тому числі 44 рисунка, 7 таблиць, список використаних джерел із 122 найменувань на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначені мета і задачі досліджень, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Приведено дані про публікації та апробацію роботи.

В першому розділі дисертації проаналізовано раціональні конструктивні рішення житлових будинків: розглянуто основні конструктивні схеми, що застосовують в сучасному будівництві для житлових та громадських споруд, наведено недоліки і переваги застосування збірних і монолітних конструкцій.

Фундаментні конструкції за призначенням є елементами, що сприймають навантаження від вище розташованих конструкцій і передають на ґрунтову основу. За умов передачі значного тиску на основу від багатоповерхових будівель та при наявності на будівельному майданчику ґрунтів з недостатніми механічними показниками для забезпечення допустимого за величиною і рівномірного осідання будинку в якості фундаментних конструкцій використовують пальові фундаменти.

Окремо приділено увагу сучасним конструкціям паль та методам розрахунку їх несучої здатності. Розглянуто недоліки і переваги паль за різними технологіями влаштування, область їх застосування з урахуванням особливостей геологічної будови майданчика.

Розглянуто приклад застосування раціональної конструкції паль. Співвідношення складових несучої здатності, опору під підпошкою і тертя по бічній поверхні палі, залежить від її геометричних параметрів, властивостей ґрунтів, що контактують з бічною поверхнею палі та її підпошкою. Повна реалізація сил тертя по бічній поверхні відповідає повній деформації зрушення палі, величина якої залежить від виду ґрунту, що оточує палю, його стану, а також від розмірів стовбура палі. Зі зменшенням міцності ґрунту та збільшенням поперечних розмірів стовбура палі очікується збільшення величини деформації зрушення палі.

Коректне визначення несучої здатності таких паль, як розрахунковим шляхом, так і експериментальним, залишається актуальним питанням, яке ускладнюється різними закономірностями зміни властивостей ґрунтів.

Зроблено огляд існуючих методів визначення несучої здатності бурових паль: за інженерними методами, за даними досліджень в польових умовах шляхом зондування ґрунту, випробування ґрунту інвентарною випробувальною палею та статичного випробування натурної палі. Наведено недоліки і переваги розглянутих методик розрахунку несучої здатності бурових паль. Обґрунтовано актуальність пошуку методики, за допомогою якої можна було б отримувати несучу здатність бурових паль, наближену до найбільш достовірних значень - результатів за статичним випробуванням натурної палі.

В другому розділі досліджено вплив параметрів на величину несучої здатності

бурової палі. Питання про резерв несучої здатності бурових паль по ґрунту та економічність проектних рішень палових фундаментів є найбільш актуальним на теперішній час у зв'язку із широким застосуванням їх в багатоповерховому будівництві. Тому коректне визначення несучої здатності паль є актуальною задачею на сьогодні.

На початковому етапі було досліджено вплив методики розрахунку несучої здатності бурової палі. Для однакових ґрунтових умов (дослідний майданчик складений пісками) та однакових геометричних параметрів палі (довжина 15 м, діаметр 620 мм) було визначено несучу здатність бурової палі за різними методиками:

- аналітичним способом (1), коли використовуються табличні значення опору ґрунту по бічній поверхні f та під підошвою палі R ;
- за даними зондування (2), при цьому опір ґрунту під підошвою R_s та по бічній поверхні f приймається за даними випробування зонду;
- за результатами випробування натурної палі статичним навантаженням (3), коли несуча здатність визначається за результатами польових випробувань.

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i) \quad (1)$$

$$F_d = \frac{\gamma_c \cdot \Sigma F_u}{n \cdot \gamma_g}; \quad F_u = R_s A + f h u \quad (2)$$

$$F_d = \frac{\gamma_c \cdot F_{u,n}}{\gamma_g}; \quad \text{при } S = \zeta S_{u,mt} \quad (3)$$

За результатами натурних випробувань дослідної палі було прийнято її несучу здатність $F_d = 3750$ кН, це значення було прийнято за еталон. Визначення несучої здатності за даними статичного зондування для буронабивної палі виконувалося за нормативними вимогами, як для забивних паль для зонду II типу (для бурових паль методика відсутня), при цьому значення склало $F_d = 3588$ кН. Розрахункова несуча здатність буронабивної палі за аналітичною методикою з використання табличних даних склала $F_d = 2987$ кН.

Аналіз результатів показав (табл. 1), що для заданих ґрунтових умов і розглянутих параметрів палі, її несуча здатність по ґрунту, отримана за аналітичною методикою є заниженою на 20% . Підтверджено, що статичне зондування є достатньо ефективним методом для визначення несучої здатності палі, похибка для даної комбінації геометричних параметрів палі і ґрунтових умов склала 4%.

Таблиця 1

несуча здатність і розрахункове навантаження на палю	методика визначення		
	аналітичний метод	статичне зондування	натурні випробування
F_d , кН	2987	3588	3750
F_d , %	80	96	-
N кН	2134	2562	3125
N , %	68	82	-

На наступному етапі було досліджено вплив геометричних параметрів на величину несучої здатності бурової палі, визначеною за різними методиками. В якості дослідного майданчика було обрано об'єкт будівництва житлового будинку

в Шевченківському районі м. Києва. Геологічна будова на глибину вишукувань до 16 м сформована відкладами дрібних пісків середньої щільності та щільними. На дослідному майданчику було здійснено статичне випробування натурних паль довжиною 9 та 11 м діаметрами 420 і 620 мм (табл. 2). Додатково було виконано випробування ґрунту статичним зондуванням.

Таблиця 2

довжина палі, м	Несуча здатність бурових паль за різними методиками для діаметру палі, мм					
	420			620		
	статичне зондування (% від статичних випробувань)	статичне натурне випробування палі	аналітичні розрахунки (% від статичних випробувань)	статичне зондування (% від статичних випробувань)	статичне натурне випробування палі	аналітичні розрахунки (% від статичних випробувань)
8	<u>832,6</u> (-)	-	<u>668,0</u> (-)	<u>1569,3</u> (-)	-	<u>1335,4</u> (-)
9	<u>892,3</u> (91)	984,5	<u>734,5</u> (75)	<u>1811,5</u> (90)	2010,8	<u>1511,3</u> (75)
10	<u>968,5</u> (-)	-	<u>816,8</u> (-)	<u>1921,5</u> (-)	-	<u>1656,3</u> (-)
11	<u>1169,0</u> (93)	1253,2	<u>935,2</u> (75)	<u>2181,3</u> (88)	2489,7	<u>1905,1</u> (77)
12	<u>1210,0</u> (-)	-	<u>1036,6</u> (-)	<u>2319,0</u> (-)	-	<u>2015,2</u> (-)

Несучу здатність було визначено за аналітичним способом (1), за даними зондування (2) для бурових паль з різними геометричними параметрами: діаметром 420 і 620 мм довжиною від 8 м до 12 м, результати розрахунків наведено у табл.2. Аналіз результатів розрахунків показав зниження значень несучої здатності від даних випробувань натурних бурових паль, а саме, встановлено, що результати статичного зондування занижують несучу здатність бурових паль орієнтовно на 10...15% від значення, що отримано за даними статичного випробування натурних паль на дослідному будівельному майданчику, а аналітичні розрахунки F_d дають відхилення близько 25% для розглянутих геометричних параметрів паль.

Наступним кроком була реалізація числового моделювання спільної роботи пальового фундаменту із бурових паль діаметром 620 мм довжиною 25 м. В якості дослідного об'єкту обрано 26-поверховий житлово-офісний комплекс в Оболонському районі м. Києва, для якого територія будівельного майданчика розташована на заплавах Дніпра і до глибини 30 м складена піщаними ґрунтами.

Очікуване значення несучої здатності палі за аналітичною методикою (1) склало $F_d = 2175$ кН. На майданчику також було проведено статичне випробування дослідних паль для визначення несучої здатності. Несуча здатність палі за результатами статичного випробування становить $F_d = 2700$ кН.

Для числового моделювання роботи буроін'єкційної палі в ґрунті був використаний програмний комплекс ЛІРА-САПР. При розрахунку ґрунт моделювався об'ємними скінченими елементами із застосуванням моделі з критерієм міцності Мора-Кулона. Параметри моделі (питома вага γ , питоме зчеплення c , кут внутрішнього тертя φ , модуль деформації E) приймалися у відповідності до даних звіту інженерно-геологічних вишукувань.

Встановлено, що числове моделювання дозволяє наблизити результати моделювання до результатів натурального статичного випробування палі при умові, що параметри моделі ґрунтового середовища, які приймаються до розрахунку,

необхідно ідентифікувати.

В третьому розділі приведено результати числового моделювання роботи бурової палі в ґрунті з використанням ідентифікованих параметрів моделі ґрунтового середовища.

Вивчення основних процесів деформування ґрунтового середовища при взаємодії пальових фундаментів з основою показали, що в основі, яка є дисперсним середовищем, навіть при незначному тиску відбуваються зсуви та переміщення складових компонентів (мінеральних частинок ґрунту). Це спричиняє появу залишкових, переважно пластичних, деформацій. Тому розрахунок на базі рішень теорії пружності, з обмеженнями в рамках гіпотези про зворотність процесів деформування, не дозволяє судити про повну несучу здатність ґрунтової основи і розвиток зон граничного стану ґрунтового середовища. Урахування нелінійних процесів при сучасному рівні розрахунків в інженерній практиці можливий лише з використанням засобів автоматизації.

Вивчення взаємодії палі з основою в складі фундаменту споруди показало, що під час передачі навантаження від споруди в ґрунтовому середовищі у випадку використання пальових фундаментів виникає складний напружено-деформований стан. Він обумовлений специфікою і складністю напружень в різних складових елементах пального фундаменту: на бічній поверхні палі, під подошвою палі, під подошвою ростверка. Перерозподіл складових залежить від величини осідання і навантаження, що визначає характер взаємодії палі з ґрунтовим середовищем. Відповідно в основі одночасно можуть формуватися області дограничного і граничного стану, розміри яких будуть непостійними в процесі дії навантаження. Це потребує розробки нового підходу до проектування конструкцій пальових фундаментів, базуючись на рішеннях задач теорії пружності та теорії пластичності.

Експериментальні випробування дослідних паль дають можливість отримати найбільш достовірну інформацію про закономірності роботи палі в ґрунті, проте основним недоліком таких методик є трудомісткість та вартість реалізації. Тому було здійснено спробу ідентифікувати параметри ґрунтового середовища для можливості подальшого визначення несучої здатності палі за даними числового моделювання. Для цього було реалізовано числове моделювання випробування натурної палі статичним вдавлюючим навантаженням у ПК «Midas GTS NX» з використанням об'ємних скінченних елементів, що моделюють ґрунтове середовище та палю. В якості еталону було використано результати натурних випробувань паль. В геологічній будові майданчика, який було обрано в якості дослідного, до розвіданої глибини 40,0 м, приймають участь: з поверхні території – сучасні насипні відклади, які підстеляються пісками (рис. 1). На майданчику було виконано статичне випробування натурних паль діаметром 620 мм довжиною 23 м. Несуча здатність паль за даними польових досліджень склала $F_d = 2827$ кН.

Засобами ПК «Midas GTS NX» було реалізовано числове моделювання натурних випробувань палі статичним навантаженням (рис. 2-а). Геологічна будова майданчика випробувань під час числового моделювання розглядалася у відповідності із геологічним розрізом (рис. 2-б). Для коректного накопичення напружено-деформованого стану ґрунтового середовища було враховано еволюцію навантажень на ґрунт та етапність реалізації випробування палі. Внаслідок ідентифікації параметрів моделі ґрунтового середовища, було досягнуто достатньої збіжності результатів числового моделювання із даними натурних випробувань палі

на майданчику – відхилення значень вертикальних переміщень палі внаслідок прикладеної відповідної ступені навантаження не перевищувала 1 мм (рис. 3), що для різних етапів навантаження склало 5...10%.

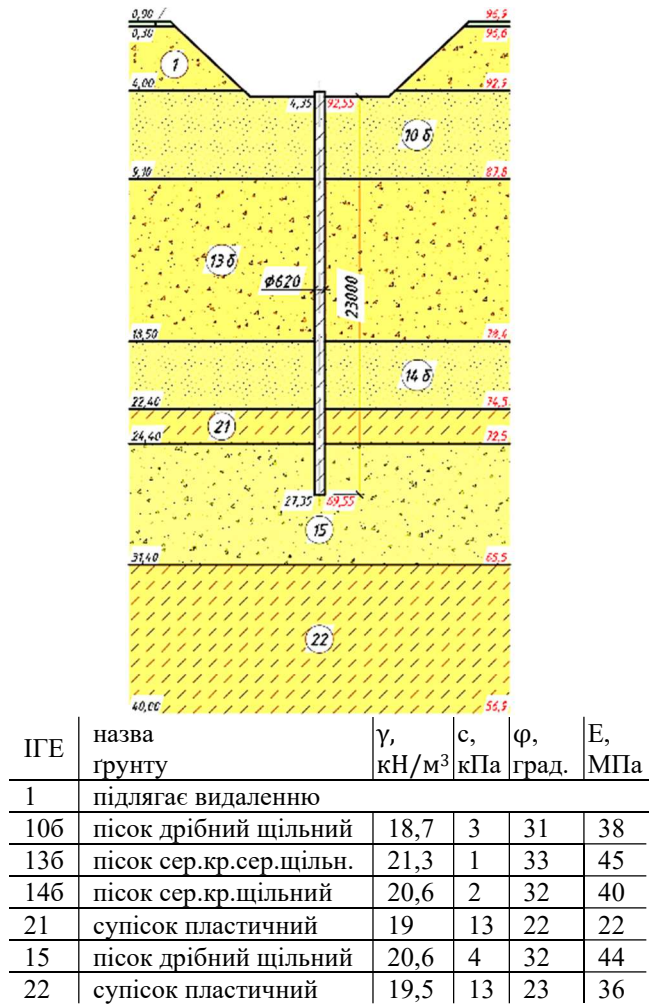


Рис.1. Посадка палі на геологію

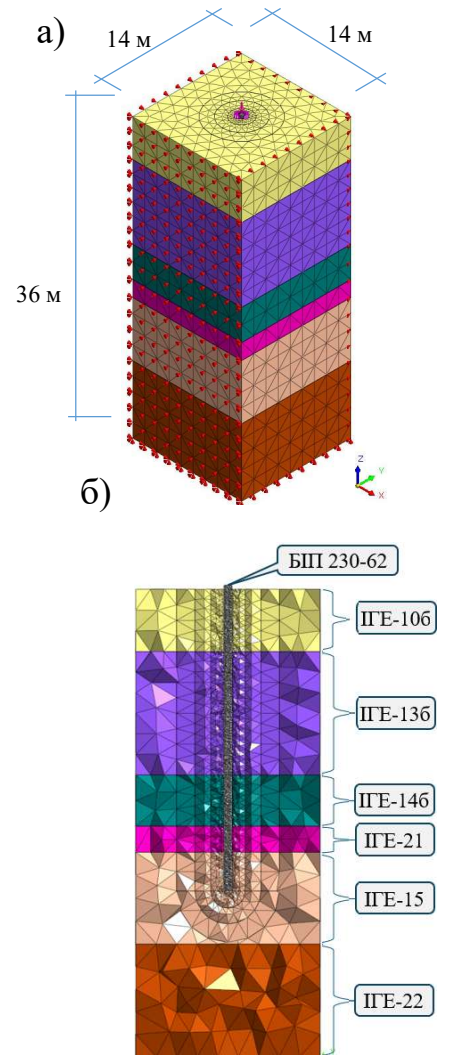


Рис.2. СЕ-модель: а - ISO; б - розріз

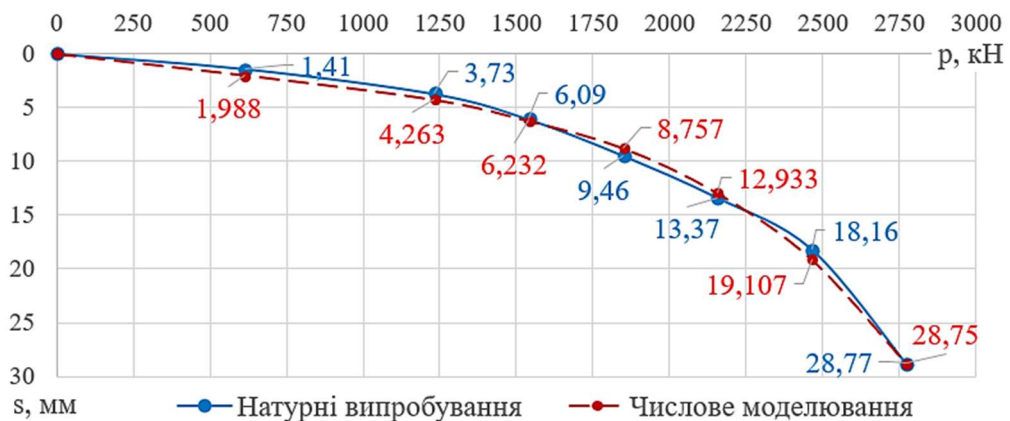


Рис. 3 Графік $S = f(p)$ за даними натурних випробувань палі та результатами числового моделювання випробування

Застосування ідентифікованих параметрів ґрунтового середовища при числовому моделюванні дозволяє дослідити зміну напружено-деформованого стану ґрунту під час взаємодії палі з оточуючим ґрунтом на всіх етапах навантажень.

Епюра поздовжніх зусиль (рис. 4-а) ілюструє зниження величини стискаючих зусиль з $N = 2773$ кН в оголовку палі до $N = 868$ кН на рівні підшви палі, що свідчить про передачу навантаження на ґрунт через бічну поверхню палі. Для заданих ґрунтових умов і геометричних параметрів палі, через бічну поверхню палі за даними числового моделювання передається на ґрунт до 70% від загального вдавлюючого навантаження на палю.

За результатами числового моделювання можна відслідкувати еволюцію формування ядра ущільненого ґрунту під підшвою палі. Помічено, що до 5-ї ступені навантаження на палю включно, приріст деформації під підшвою палі знаходився в межах 1...2 мм. Починаючи з ступені $N_6 = 2500$ кН спостерігається принципова зміна характеру поведінки ґрунту під вдавлюючим навантаженням, при цьому приріст деформації на наступних стадіях навантаження палі складає 6...7 мм, що свідчить про руйнування структури ґрунту та виникнення пластичної складової деформацій. Можна прослідкувати розвиток вертикальних переміщень ґрунтового масиву навколо стовбура палі, також осідання стовбура палі в ґрунтовому масиві на різних етапах навантаження (рис. 4-б). На ступенях навантаження $N_1 = 650$ кН ... $N_4 = 1900$ кН можна стверджувати про роботу палі по бічній поверхні. Починаючи із ступені $N_5 = 2200$ кН і на наступних етапах навантаження характерна поява різниці між деформаціями стовбура палі та ґрунту, що знаходиться в контакті з її бічною поверхнею. Наступні ступені навантаження на палю спричиняють збільшення різниці між осіданням стовбура палі та ґрунту вздовж її бічної поверхні, що свідчить про вичерпання несучої здатності по бічній поверхні та включення в роботу підшви палі. Для ступені навантаження $N_7 = 2800$ кН (значенню F_d за натурними випробуваннями палі статичним вдавлюючим навантаженням) можна побачити, що вертикальні переміщення ґрунту вздовж стовбура палі значно менші за відповідні значення для стовбура палі, і тільки під підшвою палі величини осідання палі та ґрунтового масиву ідентичні (однакові).

Було здійснено числове моделювання роботи палі в піщаних ґрунтах і отримано графіки залежності «осідання-навантаження» $S = f(p)$ для поширених геометричних розмірів бурових паль для житлових і цивільних будинків, а саме для діаметрів палі 420 мм, 620 мм і 820 мм, та довжин паль 12 м, 15 м та 18 м. Показано, що зі збільшенням діаметру палі та її довжини, лінійна ділянка графіку збільшується по довжині та зменшує кут нахилу до горизонталі. Наступна фаза роботи також характеризується зменшенням кута нахилу графіку при зростанні перерізу і довжини палі.

Різниця між аналітичною методикою визначення F_d та даними числового моделювання (рис. 5) має зростаючу тенденцію із залежністю від діаметру бурових паль:

- для паль діаметром 420 мм для розглянутих довжин $L = 12, 15, 18$ м очікувана несуча здатність палі по ґрунту, визначена аналітичним способом, має різницю із відповідною величиною за даними числового моделювання, близько 5%.
- для паль діаметром 620 мм несуча здатність за інженерним розрахунком, має похибку із даними моделювання в межах 15 ... 25%.
- для паль діаметром 820 мм різниця для несучої здатності палі, що визначена аналітичним способом, складає 35 ... 40% порівняно із даними числового моделювання.

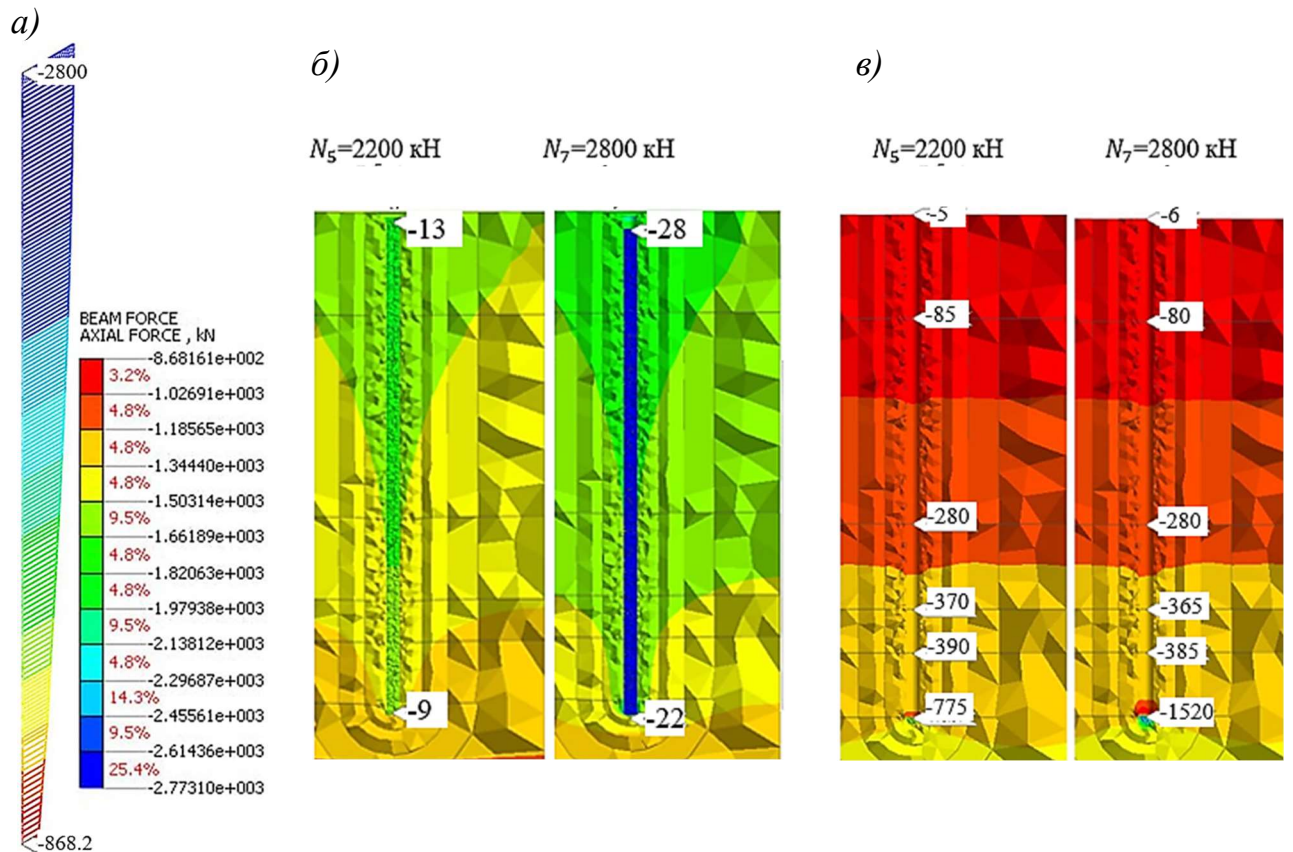


Рис. 4 Результати числового моделювання роботи палі в ґрунті: *а* – розподіл поздовжнього зусилля в стовбурі палі, N , кН; *б* - вертикальні переміщення стовбура палі і оточуючого ґрунту, s , мм; *в* - вертикальні напруження в ґрунті, σ_z , кПа

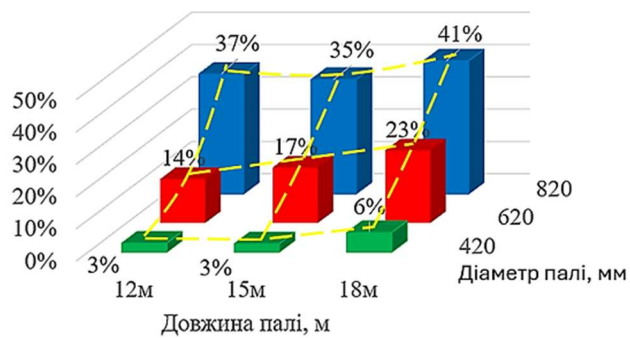


Рис. 5. Різниця між аналітичною методикою визначення F_d та моделюванням статичного випробування палі

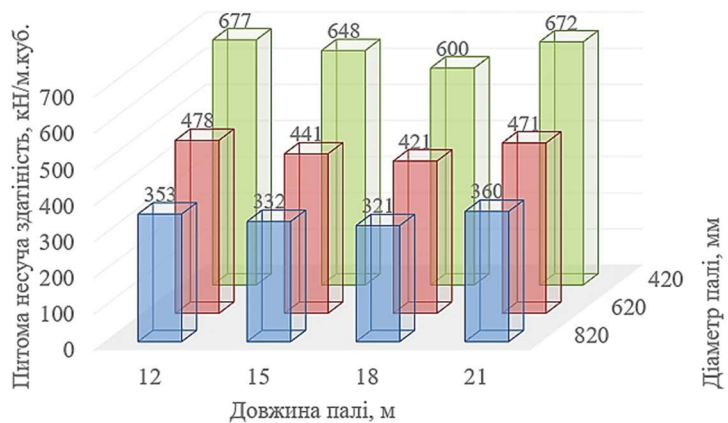


Рис. 6. Питома несуча здатність палей F''_d , кН/м³

$$F''_d = \frac{F_d}{V}$$

Для досліджених геометричних параметрів паль ($\varnothing$ 420, 620, 820 мм, $L = 12, 15, 18$ та 21 м) було визначено їх питому несучу здатність (рис. 6). Можна зробити висновок, що для заданих ґрунтових умов раціональним варіантом буде використання паль довжиною 18 м для розглянутих діаметрів бурових паль.

Запропонована методика дозволяє оцінити оптимальність проектних рішень конструкцій пальових фундаментів за величиною питомої несучої здатності.

Четвертий розділ присвячено впровадженню результатів дослідження на реальних об'єктах при проектуванні фундаментних конструкцій із бурових паль для житлових будинків. Для будівель було здійснено визначення напружено-деформованого стану для умов звичайної експлуатації за результатами числового моделювання спільної роботи будівлі з ґрунтовою основою, а також в рамках дослідження було виконано перевірку на стійкість споруди до ймовірного виходу з експлуатації несучої конструкції з використанням квазістатичного розрахунку та динамічного методу прямого інтегрування в часі.

При будівництві комплексу багатоквартирних житлових будинків з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями в Києво-Святошинському районі Київської області було застосовано запропоновану методику для розробки раціонального проектного рішення фундаментних конструкцій – було запроектовано пальовий фундамент із буронабивних паль діаметром 420 мм довжиною 12 м, що об'єднанні ростверками (рис. 7). Для секції будинку було виконано визначення напружено-деформованого стану для умов звичайної експлуатації за результатами числового моделювання спільної роботи будівлі з ґрунтовою основою, а також в рамках дослідження було виконано перевірку на стійкість споруди до аварійних впливів з використанням квазістатичного розрахунку та динамічного методу прямого інтегрування в часі. Метою даного дослідження була оцінка зміни напружено-деформованого стану елементів системи «основа – фундаменти - несучі конструкції» внаслідок виведення з експлуатації одного з вертикальних несучих елементів.

В зв'язку з тим, що передбачити всі можливі сценарії виходу з експлуатації конструкцій неможливо, то визначальним моментом в розрахунках на гіпотетичну локальну відмову елементу є вибір і узгодження можливих сценаріїв руйнування, що будуть максимально наближені до реальних умов роботи конструкцій та забезпечать розгляд найнесприятливіших умов руйнування конструкцій. Дослідження включало числове моделювання виходу з експлуатації несучої конструкції, що знаходиться біля входу в споруду подвійного призначення (СПП), а саме одного з пілонів в зоні входу в підвальне приміщення (рис. 7), яке використовується, як СПП.

Для врахування накопичення напружень і деформацій було отримано початковий напружено-деформований стан несучих конструкцій секції будинку для умов нормальної експлуатації за результатами розрахунку початкової стадії (повна конструктивна схема). Наступним етапом було виконання квазістатичного розрахунку. Локальна відмова елементу моделювалося зусиллями, що були визначені для цього елементу при розрахунку початкової розрахункової схеми (для умов нормальної експлуатації), прикладеними до відповідної розрахункової схеми, згідно сценарію аварійного впливу, з протилежним знаком. Коефіцієнт динамічності прийнято рівним $K_d = 2$, завантаження за схемою «pulldown».

Також було виконано розрахунок динамічним методом прямого інтегрування рівнянь руху в часі з врахуванням демпфування в нелінійній постановці. Розрахунок було реалізовано з урахуванням історії навантаження, завершальною стадією якого є автоматична генерація і додаток імпульсного навантаження в зазначений проміжок часу. Коефіцієнти Релея було визначено для врахування демпфування, в цьому випадку реакція системи залежить від швидкості навантаження та швидкості виходу з експлуатації конструкцій. При цьому були обрані власні частоти для двох домінуючих форм власних коливань, а саме №7 та №10 для врахування демпфування на основі модального аналізу системи. Цим частотам відповідають коефіцієнти Релея $\alpha = 1,138$ та $\beta = 0,002$. Час локальної відмови конструкції було призначено як $0,1T$ (від періоду власних коливань) для форми власних коливань №7, яка була обрана за критерієм максимальної подібності очікуваній реакції системи на вихід з експлуатації пілону згідно розглянутого сценарію гіпотетичної аварійної ситуації.

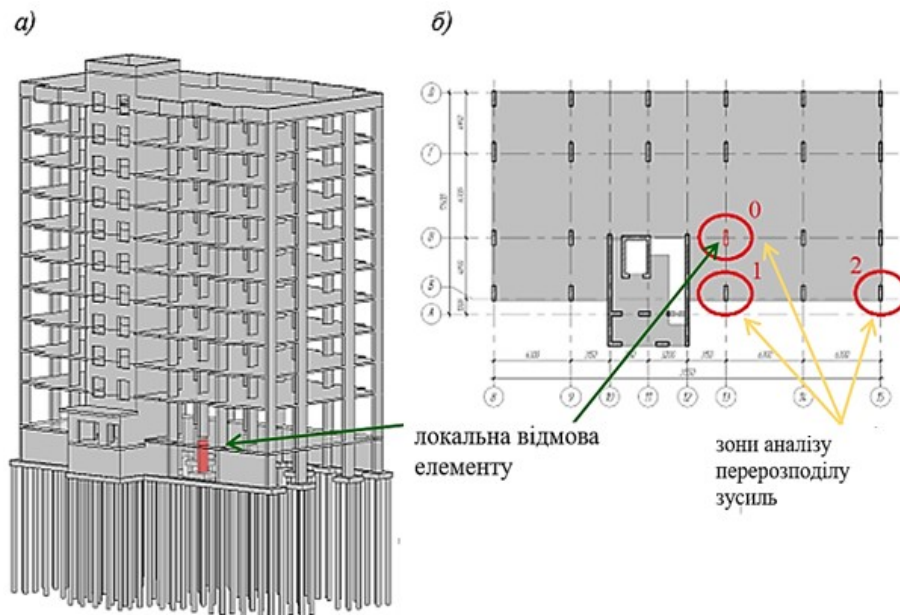


Рис. 7 Сценарій виходу з експлуатації конструкцій: а – відмова одного з пілонів другого ряду в зоні входу в підвальне приміщення; б - локалізація конструкції на плані 1-го поверху та обрані зони для аналізу НДС

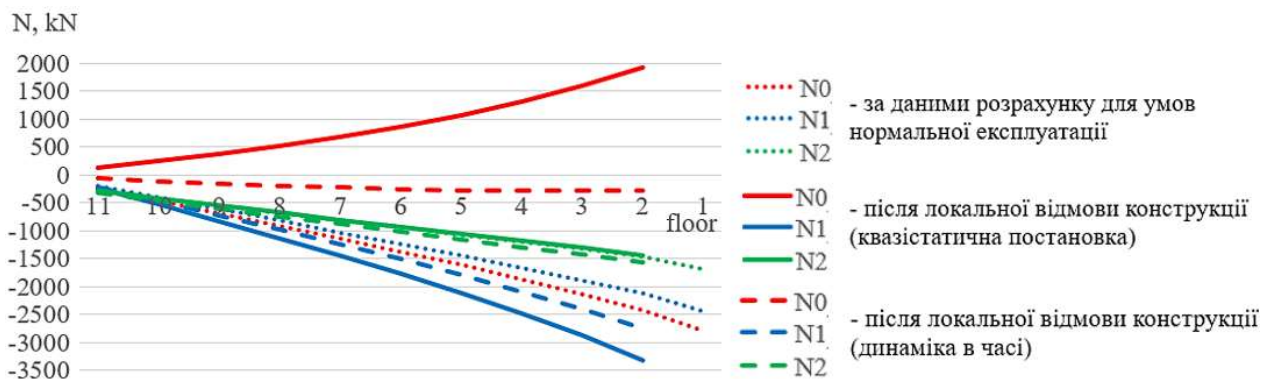


Рис. 8. Поздовжні зусилля N , кН у ланцюжку пілонів по висоті секції будинку (зони аналізу 0, 1, 2): для умов нормальної експлуатації та після локальної відмови конструкції (квазістатична постановка та динаміка в часі)

Аналіз результатів дослідження показав, що числове моделювання локальної відмови пілону підземного поверху спричиняє перерозподіл внутрішніх зусиль у вертикальних несучих конструкціях будинку. Після вилучення пілону з конструктивної схеми, навантаження розподіляється на сусідні пілони, також ядро жорсткості сприймає частину зусиль.

За результатами розрахунку у квазістатичній постановці зафіксовано якісну зміну зусиль, де замість стиску виник розтяг в ланцюжку пілонів, які розташовані вище видаленого (рис. 8), а у динамічній постановці – зафіксовано значне зменшення (на 70...90%) величини поздовжніх зусиль у цих пілонах. Тобто зафіксовано роботу каркасу секції за принципом висячої (вантової) схеми.

Поздовжні зусилля в оголовках паль в зоні гіпотетичного сценарію локальної відмови пілону для умов нормальної експлуатації за результатами числового моделювання отримано в діапазоні 650...800 кН. Для сценарію аварійного руйнування пілону за даними розрахунку у квазістатичній постановці навантаження на палі куца під видаленим пілоном зменшилося до 15 кН, а у динамічній постановці - навантаження на палі відповідного куца знаходяться в діапазоні 35...65 кН.

Зникнення (суттєве зменшення) навантаження на фундаментні конструкції внаслідок аварійного виходу з експлуатації пілону підвального поверху за результатами числового моделювання в квазістатичній та динамічній постановках показало зменшення величини осідання фундаментів під видаленим елементом з початкових 21 мм до 1 мм та 5 мм відповідно, що може бути інтерпретовано як висмикування паль відповідного куца пальових фундаментів секції будинку.

Результати розрахунку показали, що моделювання паль з використанням ланцюжка скінченних елементів перемінної жорсткості дає картину зміни напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій в зоні виходу з експлуатації вертикального несучого елемента, що не відповідає реальним умовам роботи навантаженого пальового фундаменту. За даними моделювання спостерігається ефект «висмикування» куца паль внаслідок зникнення навантаження на нього для етапу розрахунку локальної відмови пілону підвальної частини, що не відповідає реальним закономірностям взаємодії паль з ґрунтовим масивом при умові їх навантаження та подальшого розвантаження, коли нескельному ґрунту в навколопальовому просторі за умови його попереднього навантаження палями властиві значні пластичні незворотні деформації.

В реальних умовах пружна складова деформацій нескельної ґрунтової основи під навантаженням має місце, але її частка складає біля 10% від загальної деформації і набагато менша за пластичну складову, яка становить близько 90%. Тому результати розрахунків з використанням вищерозглянутої моделі взаємодії паль з основною дають неточні дані стосовно вертикальних переміщень пальових фундаментів і це може дезінформувати під час аналізу осідання фундаментів.

Згинальні моменти в ростверку куца паль під пілоном, що згідно розглянутого сценарію виводився з експлуатації, зменшилися до значень, близьких до нульових, як за результатами розрахунку у квазістатичній, так і у динамічній постановках. При цьому суттєвого впливу на перерозподіл моментів в ростверках інших куців паль не зафіксовано.

Споруда була розрахована за сценарієм локальної відмови елемента і за

результатами числового моделювання були застосовані заходи для збільшення її живучості. При цьому за критерій живучості була прийнята умова, що живучість конструкції забезпечена, якщо первинна відмова елементу не спричиняє руйнування інших конструкцій, на які перерозподіляється навантаження. За результатами виконаного дослідження для підвищення живучості та забезпечення захисту конструкцій будівлі від їх виходу з експлуатації прийнято рішення про збільшення площі армування на 30...35% для пілонів в зоні входу в споруду подвійного призначення та в радіусі впливу видаленого елементу з метою сприйняття цими елементами зростаючих зусиль при перерозподілі навантажень під час виходу з експлуатації сусіднього елементу будівлі та оцінкою несучої здатності елементів, які залишаються. В такому випадку для даного будинку виходу з експлуатації конструкцій не відбувається.

Аналогічні розрахунки було реалізовано для 9-поверхового панельного будинку з поперечно-стіною конструктивною системою, який має підземний рівень з монолітного залізобетону, де передбачено паркінг, який може використовуватися як споруда подвійного призначення.

Для секції будинку було виконано визначення напружено-деформованого стану для умов звичайної експлуатації за даними числового моделювання спільної роботи будівлі з ґрунтовою основою, а також в рамках дослідження на наступних етапах було виконано перевірку на стійкість споруди до ймовірного виходу з експлуатації вертикальної несучої конструкції (рис. 9) з використанням квазістатичного розрахунку та динамічного методу прямого інтегрування в часі. За даними моделювання впливу виходу з експлуатації стінової панелі в квазістатичній постановці відбувся перерозподіл напружень та деформацій в несучих конструкціях секції будинку.

Перерозподіл зусиль в несучих стінах підвального поверху виявив появу зон зі зміною знаку зусилля на протилежний (в радіусі впливу), а також локальне значне збільшення величини зусилля в точках-концентраторах напружень (рис. 10-а).

Ростверк під стіною панеллю, що виводиться з експлуатації згідно сценарію, за результатами числового моделювання має вертикальні переміщення в діапазоні -10...+6 мм, тобто очікується підняття фундаментних конструкцій (рис. 11-а), що не характерно взаємодії пальового фундаменту з ґрунтовим середовищем.

Спостерігається надмірно пружна реакція ґрунтової основи, що не відповідає реальним умовам роботи паль в дисперсному ґрунті при зменшенні або зникненні навантаження на палю, коли як відомо, величина пружних деформацій не перевищує 10% від загальної деформації дисперсного ґрунту, якому властиві незворотні пластичні деформації. Тому використання для моделювання підходів, де взаємодія паль з основою моделюється ланцюгом скінченних елементів перемінної жорсткості, для швидкоплинних процесів деформування та значного розвантаження основи потребує уточнення та не забезпечує адекватних даних про вертикальні переміщення паль після їх розвантаження.

Для застосованого підходу моделювання просторової роботи конструкцій будинку та їх спільної роботи з ґрунтовим масивом спостерігається ефект локального вигину фундаментних конструкцій внаслідок перерозподілу навантаження в надземних несучих конструкціях (робота паль на висмикування, локальний відрив ростверку від основи).

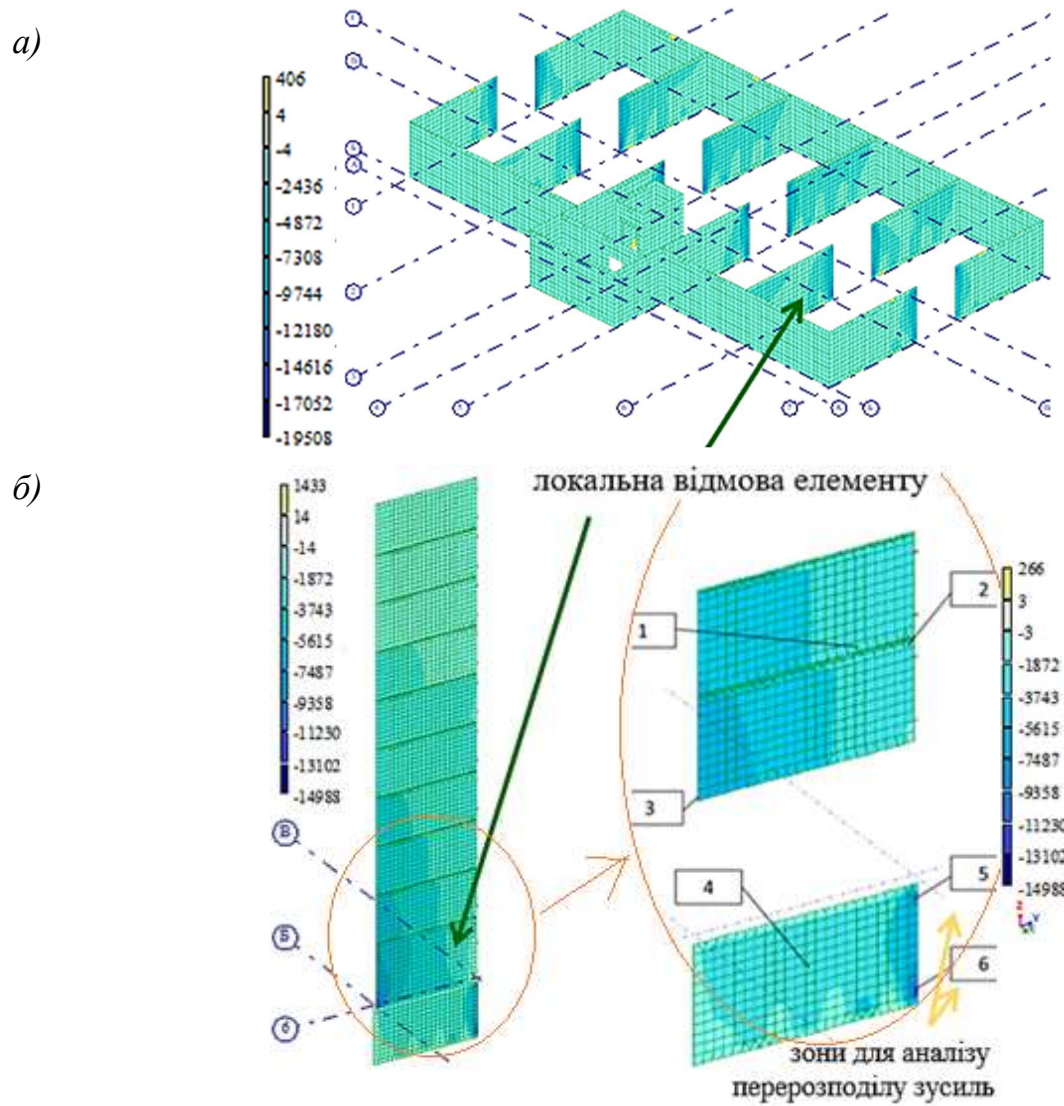


Рис. 9. Поздовжні зусилля N_y в стінах секції будинку для умов нормальної експлуатації, кН/м^2 : а – в стінах підвального поверху; б – в стінах по осі «б»

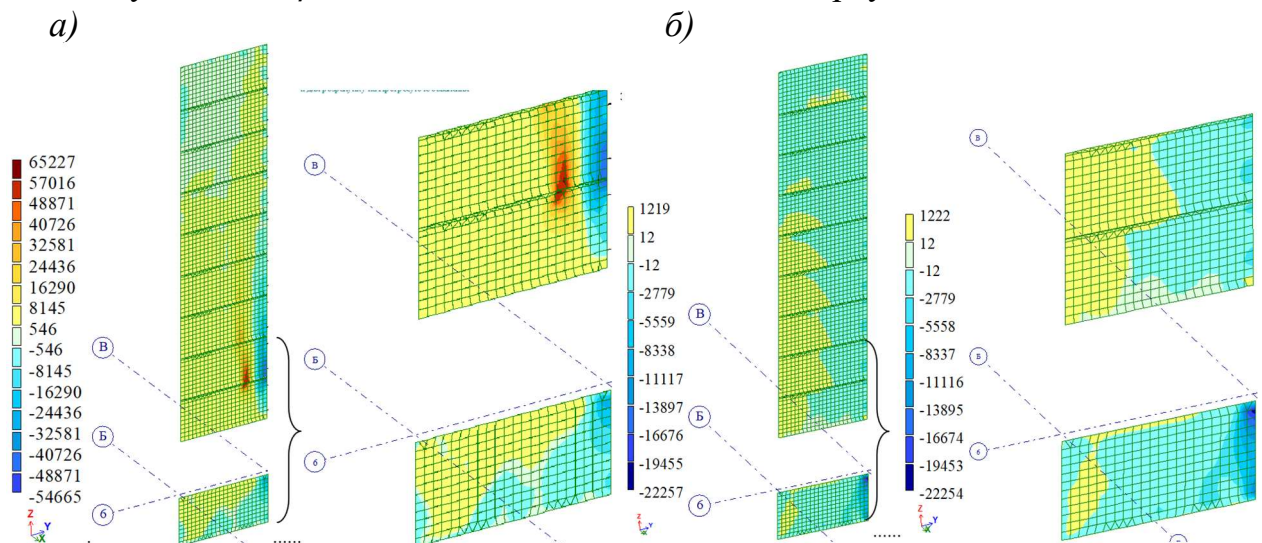


Рис. 10. Поздовжні зусилля N_y , кН/м^2 в стінах секції будинку: а – квазістатична постановка; б – динамічна постановка

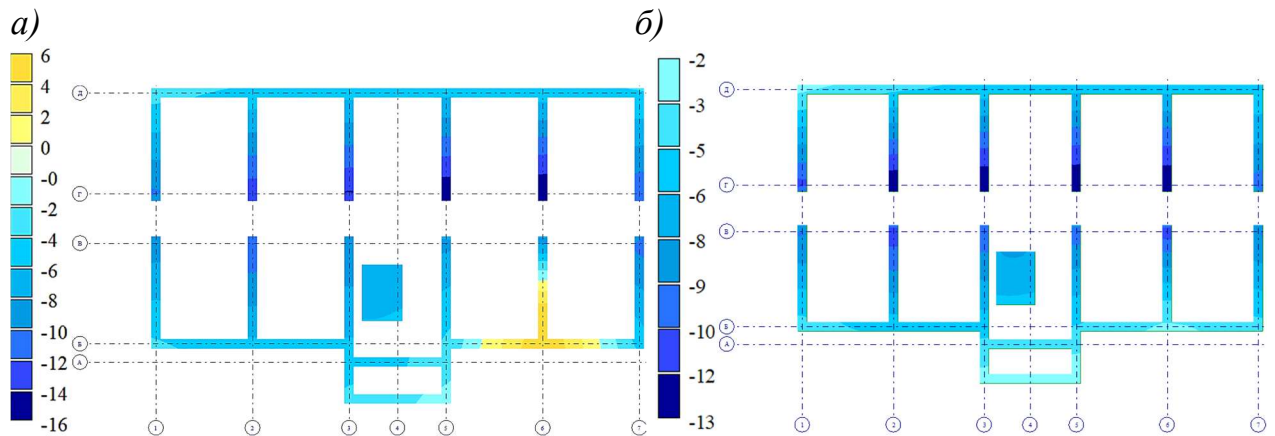


Рис. 11. Осідання ростверків пальових фундаментів для сценарію локальної відмови стінової панелі 1-го поверху (квазістатична постановка), s , мм:
 а – квазістатична постановка; б – динамічна постановка

Розрахунок динамічним методом прямого інтегрування рівнянь руху в часі було виконано з врахуванням демпфування в нелінійній постановці. При цьому було ураховано історію навантажень та на завершальній стадії відбувалося додавання імпульсного навантаження в зазначений проміжок часу.

Характер перерозподілу напружено-деформованого стану несучих конструкцій секції будинку, що відбувся за результатами розрахунку в даному випадку, суттєво відрізняється порівняно з квазістатичною постановкою.

Спостерігається поява зон зі зміною знаку зусилля в несучих стінах підвального поверху на протилежний (в радіусі впливу), а також локальне збільшення величини зусилля в точках-концентраторах напружень (рис. 10-б).

Максимальне значення осідання складає 13 мм (рис. 11), що відповідає збільшенню на 8% порівняно з умовами нормальної експлуатації. Ростверк під стіновою панеллю, що виводиться з експлуатації згідно сценарію, має вертикальні переміщення в діапазоні 3...12 мм, що відповідає збільшенню нахилу ростверку до центрального поздовжнього прольоту секції (відносна різниця осідань крайніх точок ростверку осей «б»-«Б-В» збільшується в 2 рази).

При цьому зафіксовано локальний вплив на величину зусиль у ростверках, а саме, у ростверку в осях «б»-«Б-В» під панеллю, що видаляється згідно сценарію виходу з експлуатації конструкції (рис. 12). За даними динамічної постановки розрахунку локальної відмови конструкції очікується зміна знаку згинальних моментів на протилежний на певних ділянках ростверку. За результатами числового моделювання значення згинальних моментів можуть збільшуватися до 2...5 разів, наприклад значення M_x збільшується з 3...10 (кН·м)/м до 20...30 (кН·м)/м, а M_y зростають з 40 (кН·м)/м до 80 (кН·м)/м порівняно з даними для умов нормальної експлуатації.

Аналіз результатів числового моделювання реалізованих постановок задач показав локальний вплив на внутрішні зусилля у ростверках пальових фундаментів. Зафіксовано зміну знаку зусиль на протилежний та суттєве збільшення величини, що можна побачити на рис. 13, де наведено порівняння епюр згинальних моментів для ділянки ростверку в осях «б»-«Б-В» для умов нормальної експлуатації та перевірки на ймовірне руйнування конструкції стінової панелі 1-го поверху у квазістатичній та динамічній постановці.

За даними числового моделювання ймовірної локальної відмови конструкції (стінової панелі 1-го поверху секції) у квазістатичній постановці прогнозований перерозподіл навантаження на оголовки паль показав, що в зоні впливу розвантаження паль складає 15...30% (рис. 13-а), для окремих паль навантаження може зменшитися до 50% (палі під стіною, що видаляється під час виконання перевірки).

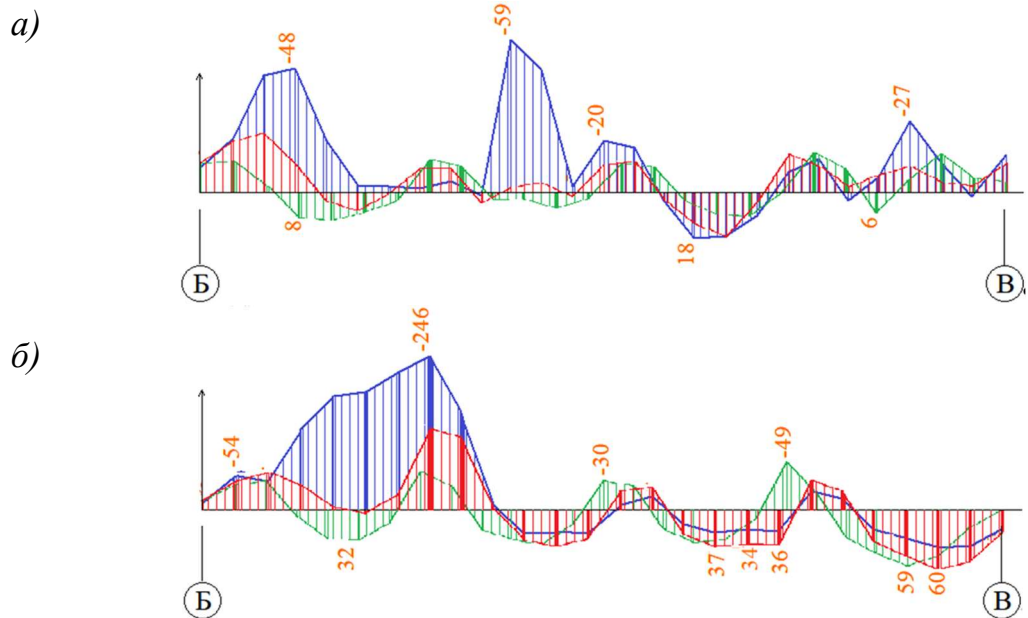


Рис. 12. Епюри згинальних моментів в ростверку секції в осях «б»-«Б-В», порівняння даних розрахунків (кН · м)/м : а – M_x ; б – M_y

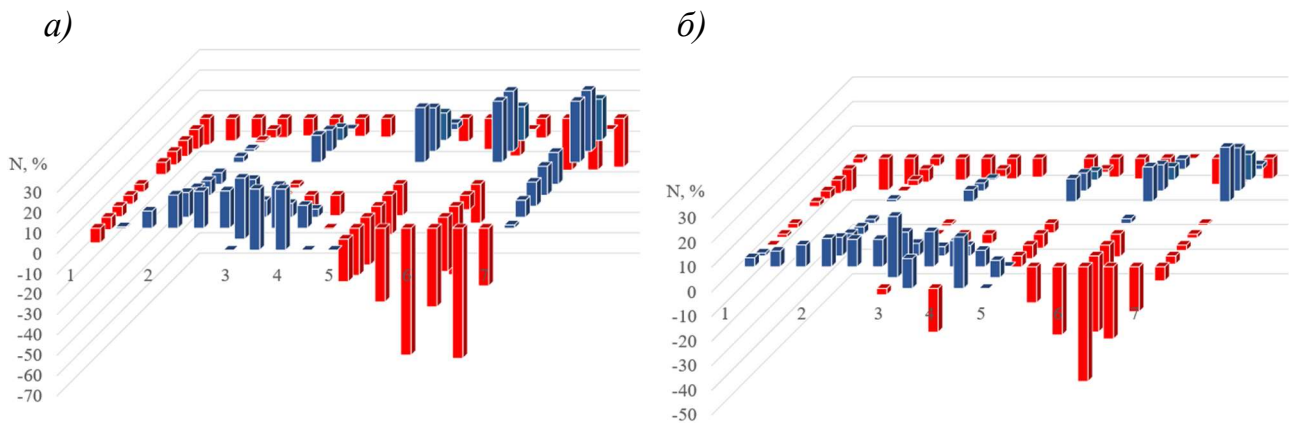


Рис. 13. Епюри згинальних моментів в ростверку секції в осях «б»-«Б-В», порівняння даних розрахунків (кН · м)/м : а – M_x ; б – M_y

Аналіз результатів динамічної постановки розрахунку показав схожий характер перерозподілу навантажень на палі: в зоні впливу та безпосередньо під конструкцією, що видаляється: прогнозоване розвантаження паль складало 15...45%. Аналогічно з даними розрахунків у квазістатичній постановці, решта паль центральної частини секції та контурні палі під найближчою зовнішньою несучою стіною (рис. 13-б) за даними числового моделювання отримали приріст навантаження, що складає 10...15%, а з наближенням до поздовжнього центрального перерізу секції і до локалізації конструкції, що видаляється, очікуваний приріст навантаження на оголовки паль сягає 40...50%.

ВИСНОВКИ

1. Отримано закономірність накопичення похибки визначення несучої здатності палі за аналітичним розрахунком. Для паль діаметром $\varnothing 420$ мм довжиною до 18 м отримано добру збіжність (близько 5%) з даними статичних випробувань; для паль діаметром $\varnothing 620$ мм – різниця склала 15...25% ($L=12...18$ м); для паль $\varnothing 820$ мм – похибка 35...40%.
2. Виконано ідентифікацію параметрів ґрунтового середовища для числового моделювання роботи паль в ґрунті, узгодження з експериментальними результатами не перевищило 10%.
3. Зафіксовано момент вичерпання несучої здатності по бічній поверхні палі і включення в роботу ґрунту під її підшовою за результатами числового моделювання з використанням ідентифікованих параметрів ґрунтового середовища.
4. Визначено питому несучу здатність паль для розглянутих геометричних параметрів (діаметр $\varnothing 420$; 620; 820 мм та довжина $L=12$; 15; 18; 21 м), запропоновано раціональний варіант розмірів паль в заданих ґрунтових умовах.
5. Розроблена методика дозволяє дослідити напружено-деформований стан будівельних конструкцій до і після виходу з експлуатації елементу системи «основа – фундамент – надземні конструкції», що забезпечує можливість оперативно прийняти рішення для застосування інженерних заходів.
6. Впроваджено застосування адаптованої методики на реальних об'єктах при проектуванні конструкцій палових фундаментів із бурових паль з урахуванням аварійних впливів, запропоновано заходи для підвищення міцності несучих конструкцій в потрібних зонах. Запроектовано раціональний варіант фундаментних конструкцій із бурових паль без зниження надійності проектного рішення

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

а) статті, що включені до наукових періодичних видань інших держав, та у наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Дослідження впливу методу моделювання основи плитного фундаменту на напружено-деформований стан конструкцій будівлі / О.Кашоїда, В.Жук, О.Гаврилюк // Опір матеріалів і теорія споруд: Науково-технічний збірник. – К.: КНУБА – 2025. – Вип. 114. – С. 217–230. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2025.114.217-230>
2. Гаврилюк О. Зміна напружено-деформованого стану елементів системи «основа – фундаменти - несучі конструкції» внаслідок можливого прогресуючого руйнування / О.Гаврилюк, Д.Нечипоренко, В.Жук, В.Носенко // Опір матеріалів і теорія споруд: Науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2024. – Вип. 112. – С. 273–284. <http://dx.doi.org/10.32347/2410-2547.2024.112.273-284> (Web of science, Index Copernicus)

б) статті в наукових фахових виданнях України:

3. Взаємодія фундаментів із бурових паль з основою / І.Бойко, О.Гаврилюк, О.Кашоїда, В.Жук // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2025. – Вип. 50. – С. 13–20. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.50.2025.13-20>
4. *Гаврилюк О.* Моделювання взаємодії палі з ґрунтовим середовищем з використанням нелінійної математичної моделі з модифікованим критерієм міцності Кулона-Мора / О.Гаврилюк, О.Кашоїда, В.Жук // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2024. – Вип. 49. – С. 43–54. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.49.2024.43-54>
5. *Гаврилюк О.* Напружено-деформований стан конструкцій будинку з урахуванням можливої локальної відмови елементу / О.Гаврилюк, Д.Нечипоренко, В.Жук // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2024. – Вип. 48. – С. 100–115. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.48.2024.100-115>
6. *Гаврилюк О.* Конструкції буронабивних паль: особливості технології влаштування / О.Гаврилюк, В.Жук, Т.Диптан // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2023. – Вип. 47. – С. 29–37. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.47.2023.29-37>
7. Числове моделювання взаємодії бурової палі та основи з врахуванням дилатансії ґрунту / І.Бойко, О.Кривенко, О.Гаврилюк // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2023. – Вип. 46. – С. 9–16. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.46.2023.9-16>
8. Вплив параметрів підпірних стін та насипних ґрунтів на стійкість схилів при новому будівництві житлових комплексів / Л.Скочко, В.Носенко, В.Підлуцький, О.Гаврилюк // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2020. – Вип. 40. – С. 65–75. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.40.2020.65-75>
9. Дослідження зміни несучої здатності бурових паль в залежності від методів її визначення / В.Підлуцький, О.Гаврилюк, В.Демідов // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2019. – Вип. 39. – С. 33–40. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.39.2019.33-40>
10. Визначення та порівняння несучої здатності паль в пісках середньої крупності / В.Л. Підлуцький, О.В. Гаврилюк // Будівельні конструкції. Теорія і практика: Збірник наукових праць. –К.: КНУБА – 2017. – Вип. 1. – С. 173–180.
11. Порівняння несучої здатності паль в пісках середньої крупності, визначеної за різними методиками / В.Л. Підлуцький, В.В. Жук, О.В. Гаврилюк // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2015. – Вип. 36. – С. 122–130.
12. Визначення несучої здатності бурових паль в піщаній основі / І.П. Бойко, О.В. Гаврилюк // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2014. – Вип. 35. – С. 60–67.
13. Чисельне моделювання взаємодії бурової палі з піщаною основою / І.П. Бойко, О.В. Гаврилюк // Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. –К.: КНУБА – 2013. – Вип. 34. – С. 57–63.

в) публікації по доповідям на міжнародних та вітчизняних конференціях:

14. *Гаврилюк О.* Аналіз впливу способів моделювання основи плитних фундаментів на розподіл напружень і деформацій у конструкціях будівель / *О.Гаврилюк, В.Жук, О.Кашоїда* // V Міжнародна науково-практична конференція «Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції» (БССП-2025). Робоча програма та тези доповідей. - К.: КНУБА, 2025. – С. 74-75. Робоча програма та тези конференції БССП МК 2025.pdf - Google Диск
15. Ідентифікація параметрів одиночної палі з використанням модифікованого закону Кулона – Мора у програмному комплексі «Midas GTS NX» / *О.Кашоїда, О.Гаврилюк, В.Жук* // International Scientific-Practical Conference of Young Scientists «BUILD MASTER CLASS-2024» Conference Proceedings. – Kyiv: KNUCA – 2024. – 223–224. https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/37/BMC-2024_DOI_978-617-520-936-3-1.pdf
16. Зміна несучої здатності бурових паль в залежності від методів її визначення та ґрунтових умов / *В. Демідов, В. Підлущкий, О. Гаврилюк* // International Scientific-Practical Conference of Young Scientists «BUILD MASTER CLASS» Conference Proceedings. – Kyiv: KNUCA – 2019. – С. 214 – 215. https://drive.google.com/file/d/1QAt7buPhwsZTFIGlxB8jffGrAfNCT3oa/view?usp=drive_link
17. Використання чисельного моделювання у проектуванні основ і фундаментів / *І.П. Бойко, В.С. Носенко, О.В. Гаврилюк* // САПР ALLPLAN. Інноваційне проектування в архітектурі і будівництві: Матеріали семінару Міжнародної науково-практичної конференції. –К.: КНУБА – 2014. – С. 13–16.

АНОТАЦІЯ

Гаврилюк О.В. Взаємодія фундаментів із бурових паль з основою при локальних пошкодженнях несучих конструкцій будівель. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі і споруди. – Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України, Київ, 2025.

В дисертації досліджується напружено-деформований стан конструкцій фундаментів із бурових паль та несучих конструкцій будівель з урахуванням можливих локальних пошкоджень конструктивних елементів.

Виконано оцінку достовірності аналітичної методики розрахунку несучої здатності бурових паль різних геометричних параметрів, виявлено закономірність росту похибки для розглянутих геометричних розмірів паль.

Приведено результати визначення несучої здатності бурових паль за даними числового моделювання з використанням ідентифікованих параметрів моделі ґрунтового середовища. Запропоновано оцінку раціональності проектного рішення конструкцій фундаментів із бурових паль за величиною питомої несучої здатності палі.

Досліджено напружено-деформований стан бурової палі, що дозволяє виявити перерозподіл навантаження між бічною поверхнею, подошвою палі і ростверком в процесі її взаємодії з ґрунтом основи.

Приведено результати числового моделювання взаємодії елементів системи

«грунтова основа – пальові фундаменти - несучі конструкції будівлі» з урахуванням ймовірного локального пошкодження несучих конструкцій каркасного і панельного будинку.

Показано можливість аналізувати напружено-деформований стан ґрунтів основи і конструкцій будинку, що забезпечує можливість виявити окремі аварійні зони для завчасного прийняття інженерних заходів щодо відновлення несучої здатності усіх елементів системи.

Ключові слова: несуча здатність палі, робота палі по бічній поверхні, напружено-деформований стан, ґрунтова основа, локальна відмова елементу, пошкодження несучих конструкцій, числове моделювання, взаємовплив.

ABSTRACT

Gavryliuk O.V. Interaction of foundations from bored piles with the base in case of local damage to the supporting structures of buildings. – Manuscript rights.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.23.01 – Civil Engineering Constructions, Buildings, and Structures. – Kyiv National University of Construction and Architecture of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

The dissertation investigates the stress-strain state of structures of foundations from bored piles and supporting structures of buildings, taking into account possible local damage to structural elements.

The reliability of the analytical method for calculating the bearing capacity of bored piles of various geometric parameters was assessed, and a regularity of error growth was revealed for the considered geometric dimensions of piles.

The results of determining the bearing capacity of bored piles according to numerical simulation data using the identified parameters of the soil environment model are presented. An assessment of the rationality of the design solution for foundations made of bored piles based on the specific bearing capacity of the pile is proposed.

The stress-strain state of the bored pile is investigated, which allows to identify the redistribution of the load between the lateral surface, the pile base and the grillage in the process of its interaction with the base soil.

The results of numerical modeling of the interaction of the elements of the system "soil base - pile foundations - supporting structures of the building" are presented, taking into account the probable local damage to the supporting structures of a frame and panel house.

The possibility of analyzing the stress-strain state of the base soils and building structures is shown, which provides the opportunity to identify individual emergency zones for the early adoption of engineering measures to restore the bearing capacity of all elements of the system.

Keywords: pile bearing capacity, pile lateral surface work, stress-strain state, soil base, local element failure, damage to load-bearing structures, numerical simulation, interaction.