

УДК 624.154.7

О. Т. Гнатюк*

к.т.н., доцент, ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2218-0295>

Кафедра будівельних конструкцій

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська область, Україна, 80381

В. М. Максимович

д.т.н., професор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0043-6333>

Кафедра будівельних конструкцій

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська область, Україна, 80381

Т. Ю. Осадчук

к.т.н., в.о. доцента, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2218-0295>

Кафедра будівельних конструкцій

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська область, Україна, 80381

Ю. М. Фабрика

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-1356>

Кафедра будівництва

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019

*автор-кореспондент, e-mail: OTHnatiuk@ukr.net

Експериментально-теоретичне дослідження роботи буронабивних мікропаль на дію вертикальних вдавлюючих навантажень

Цитувати як:

Гнатюк, О. Т., Максимович, В. М., Осадчук, Т. Ю., Фабрика, Ю. М. (2025). Експериментально-теоретичне дослідження роботи буронабивних мікропаль на дію вертикальних вдавлюючих навантажень. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 110-122. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-09)

© 2025, Гнатюк О. Т., Максимович В. М., Осадчук, Т. Ю. Фабрика Ю. М.

Тривалий період у науково-дослідній лабораторії кафедри будівельних конструкцій ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького виконувались експериментальні дослідження несучої здатності буронабивних залізобетонних паль з поширеною п'ятою, розроблених та впроваджених у реальну практику разом з ПП "БКФ"Основа" протягом останніх 10-15 років [1-6].

Відповідно до існуючих методик теоретичного розрахунку несуча здатність паль в цілому залежить від двох складових: від опору ґрунту основи під її нижнім кінцем (п'ятою) та від тертя по боковій поверхні її ствола [7]. З метою експериментальної перевірки цієї залежності на експериментальному полігоні

кафедри будівельних конструкцій було виготовлено 3 дослідних зразки мікропаль МП-1, МП-2 та МП-3. Всі досліджувані зразки були виготовлені у попередньо пробурених методом шнекового буріння свердловинах діаметром 200 мм з глибиною закладання 3 м, але різної конструкції.

Мікропаль МП-1 була виготовлена без поширення з влаштуванням в забій еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-2 - з поширеною п'ятою діаметром 350 мм, також з влаштуванням під нею еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-3 - в обсадній інвентарній трубі діаметром 200 мм, з поширеною п'ятою діаметром 350 мм без еластичної подушки.

Експериментальні дослідження виконувались за схемою статичного вертикального вдавлення способом ступінчасто-зростаючого навантаження [8]. За критерій міцності було прийняте вертикальне переміщення верхнього оголовка експериментальних зразків мікропаль більше ніж на 4 см. У результаті було встановлено, що згідно такого критерію несуча здатність становила 52,5кН для мікропалі МП-1, 57,5кН – для МП-2, 85кН – для МП-3.

Був проведений також теоретичний розрахунок осідання дослідних зразків мікропаль відповідно до вказівок [7]. Виконаний порівняльний аналіз даних на основі таблиць і графіків показав, що несуча здатність (деформативність) за даними експерименту на 29% для МП-1, 32% для МП-2, і 37,5% для МП-3 перевищує результати теоретичного розрахунку.

Ключові слова: експериментальні дослідження, теоретичний аналіз, буронабивні палі, вдавлюючі навантаження, опір ґрунту, тертя по боковій поверхні.

Вступ

У будівництві здавна використовують різні види пальових фундаментів, де застосовуються палі різного типу. Пальові фундаменти зарекомендували себе більш надійними в експлуатації, ніж фундаменти на природній основі. Надійні рішення для проектування будівель і споруд з пальовими фундаментами залежать від правильності визначення несучої здатності паль. У багатьох випадках необхідно визначати їх несучу здатність по бічній поверхні та під подошвою.

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Несучу здатність паль у сучасній будівельній практиці визначають різними способами, залежно від стадії розроблення проекту [9]. У початковій стадії проектування несучу здатність фундаментів визначають за фізико-механічними характеристиками ґрунтів розрахунковим методом. На стадії розроблення робочого проекту в основному застосовують польові контрольні випробування паль статичними навантаженнями [9,10].

Визначення несучої здатності паль і пальових фундаментів за властивостями ґрунтової основи розрахунковими методами виконують за розрахунком із використанням формул і табличних значень розрахункового опору ґрунту під нижнім кінцем і на бічній поверхні палі згідно з додатком Н та із застосуванням математичного моделювання роботи палі спільно з ґрунтовою основою [7].

Розрахунковий метод для визначення несучої здатності висячих набивних і бурових паль із вертикальними гранями оснований на застосуванні формули Н 3.1 [7], яка визначає складові загальної несучої здатності фундаменту, виготовленого без виймання ґрунту, за рахунок опору підшви фундаменту та опору тертя за бічною поверхнею.

Польові контрольні випробовування паль при будівництві проводять з метою перевірки відповідності несучої здатності паль розрахунковим навантаженням, які встановлені у проекті пального фундаменту [8]. Метод випробовування паль статичними навантаженнями полягає в ступінчастому завантаженні фундаменту вертикальним (горизонтальним, моментним) навантаженням і вимірюванні при цьому відповідної деформації [7,8].

Дослідженнями А. О. Бартоломея, Б. В. Бахолдіна, І. П. Бойка, В. Н. Голубкова, А. Л. Готмана, А. О. Григорян, Б. І. Далматова, А. А. Луги, Ю. Ф. Тугасенка та О. В. Новського, А. Bouafia, R. Katzenbach, G. Meyergof та ін. з тензопалями встановлені закономірності розвитку розподілу сил тертя вздовж бічної поверхні й під вістрям зі збільшенням навантаження аж до руйнування основи [11]. Характер розподілу сил тертя за бічною поверхнею залежить від ґрунтів основи, жорсткості і довжини палі. Підшва одиночних паль включається в роботу на перших же ступенях навантаження, та до повного включення сил тертя за бічною поверхнею частка навантаження, що сприймає вістря, зростає несуттєво. Після досягнення осідань, при яких сили тертя максимальні, частка навантаження на вістря поступово збільшується. При цьому опір всієї палі практично незмінний [12].

Провідними фахівцями ПП БКФ “Основа” спільно з кафедрою будівельних конструкцій ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького були розроблені і впроваджені у виробництво буронабивні залізобетонні мікропалі з поширеною п’ятою. Авторами статті були досліджені мікропалі різної конструкції: зі зміною довжини, армування, діаметру стовбура, поширення, способу виготовлення тощо. Для дослідження їх реальної роботи були проведені польові випробовування на об’єктах будівництва у різних ґрунтових умовах та проаналізовано їх розрахункову та експериментальну несучу здатність [3-6].

Проведений аналіз літературних джерел показав, що останнім часом була проведена велика кількість досліджень роботи різних видів паль у різних ґрунтових основах із визначенням їх несучої здатності і деформативності. Аналогічні дослідження буронабивних залізобетонних мікропаль з поширеною п’ятою, залежно від двох складових їх несучої здатності: опору ґрунту основи під їх п’ятою та сил тертя по боковій поверхні її ствола, приведені у цій статті [7].

Мета і завдання дослідження. Метою проведених досліджень є вивчення роботи натурних зразків залізобетонних буронабивних мікропаль з поширеною п’ятою та без неї, зокрема, для окремих складових загальної

несучої здатності: по бічній поверхні та під підшовою паль. Завданням описаних у статті досліджень є виготовлення дослідних зразків, польові натурні випробування їх на дію вертикального вдавлюючого навантаження, опрацювання результатів досліджень, експериментально-теоретичне обґрунтування роботи мікропаль такого типу на дію вертикальних вдавлюючих навантажень та залежності її несучої здатності від різних складових.

Матеріали та методи

Методикою досліджень передбачено виготовлено 3-х дослідних зразків буронабивних залізобетонних мікропаль МП-1, МП-2 та МП-3 та експериментально-теоретичне дослідження їх роботи в ґрунтових умовах випробувального полігону лабораторії кафедри будівельних конструкцій ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького на дію вертикальних вдавлюючих навантажень. Всі досліджувані зразки були виготовлені у попередньо пробурених методом шнекового буріння свердловинах діаметром 200 мм з глибиною закладання 3 м.

Мікропаль МП-1 була виготовлена без поширення з влаштуванням в забій еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-2 - з поширеною п'ятою діаметром 350 мм, також з влаштуванням під нею еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-3 - в обсадній інвентарній трубі діаметром 200 мм, з поширеною п'ятою діаметром 350 мм без еластичної подушки (рис. 1).

Бетонування паль виконували литим бетоном класу С 20/25 після встановлення у неї арматурних каркасів з поздовжніх стержнів Ø12 класу А 400 С на всю довжину палі та поперечної арматури з дроту Ø6 класу А 240 С з кроком 150 мм.

Згідно результатів інженерно-геологічних досліджень на випробувальному полігоні лабораторії кафедри будівельних конструкцій, несучою основою для паль служили такі ґрунти: шар ІГЕ - 2 – суглинок тугопластичний та шар ІГЕ - 3 супісок пластичний (рис. 2). Інженерно-геологічні характеристики для ґрунту шару ІГЕ - 2: природна вологість $W = 0,17$, число пластичності $I_p = 0,076$, показник текучості $I_L = 0,415$, щільність $\rho = 1,66 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт пористості $e = 0,933$, ступінь вологості $S_r = 0,88$, об'ємна вага $\gamma_1 = 16,6 \text{ кН/м}^3$, кут внутрішнього тертя $\varphi_1 = 17^\circ$, питоме зчеплення $c_1 = 15 \text{ кПа}$, модуль деформації $E = 8,5 \text{ МПа}$; для шару ІГЕ - 3: $W = 0,22$, $I_p = 0,06$, $I_L = 0,3$, $\rho = 1,8 \text{ т/м}^3$, $e = 0,7$, $S_r = 0,85$, $\gamma_1 = 18,0 \text{ кН/м}^3$, $\varphi_1 = 22,5^\circ$, $c_1 = 14 \text{ кПа}$, $E = 21 \text{ МПа}$. Підземні води на розвіданій

товщі ґрунту зустрінуті не були. Небезпечні геологічні процеси відсутні. Інженерно-геологічні нашарування ґрунтів показані на рис. 1.

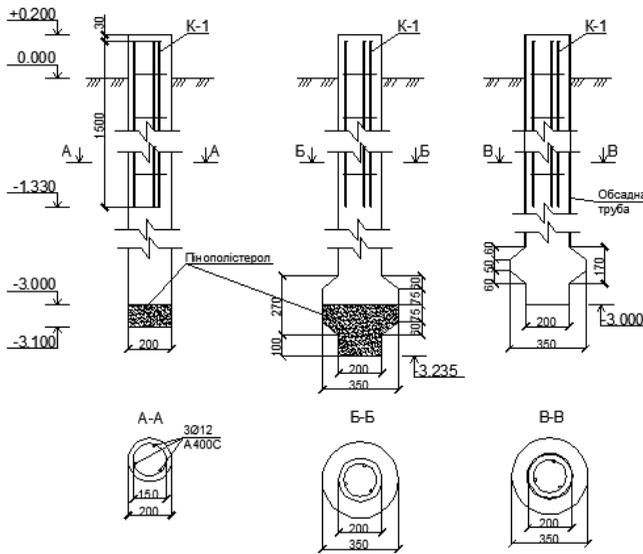


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків буронабивних мікропаль: МП-1, МП-2, МП3.

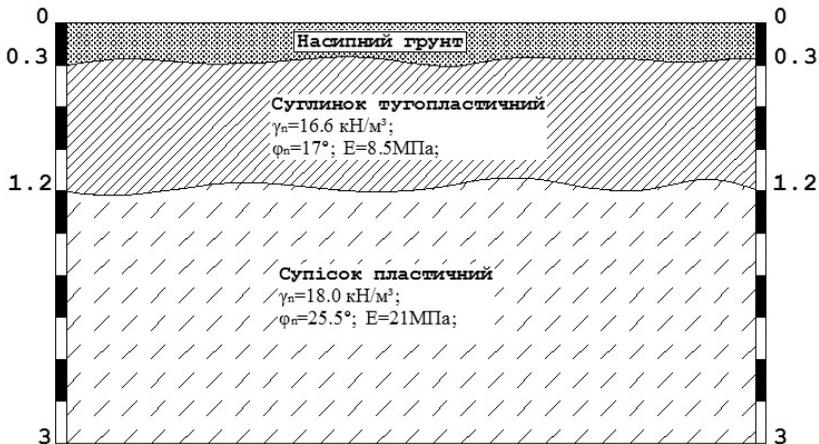


Рис.2. Інженерно-геологічний розріз ділянки випробувань дослідних зразків буронабивних залізобетонних мікропаль.

Польові експериментальні дослідження дослідних зразків мікропаль проводилося згідно з вимогами [8] за схемою статичного вертикального

вдавлювання. Навантаження на палі прикладалося монотонним способом ступінчато зростаючим статичним вдавлюючим навантаженням ступенями, згідно програми випробувань, але не більше 1/10 заданого найбільшого навантаження на палю, до значення, при якому загальне переміщення оголовка палі становило не менше 40 мм. Всі дані на кожному ступені навантаження фіксувались у журнал випробувань. В результаті були побудовані графіки осідання дослідних зразків, згідно яких експериментально визначена несуча здатність становила 52,5, 57,5 та 85,0 кН, відповідно для мікропаль МП-1, МП-2 та МП-3 (рис.3).

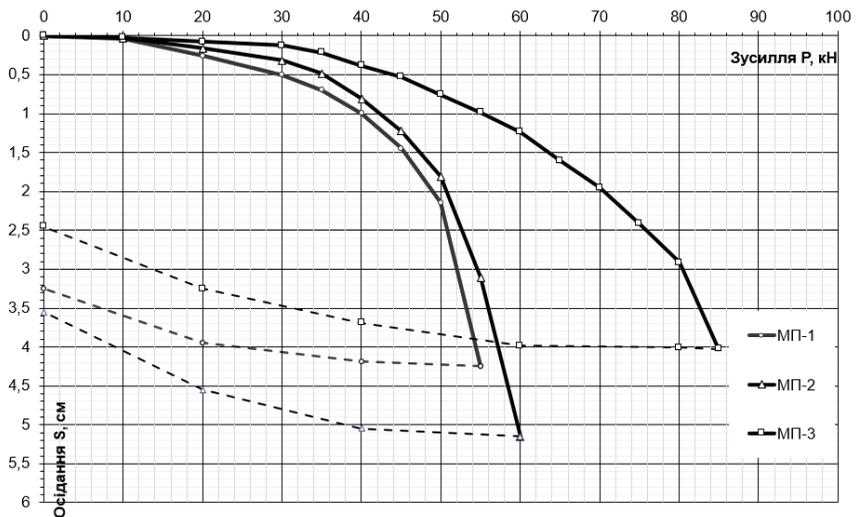


Рис. 3. Графік залежності осідання палі s (мм) від прикладеного навантаження P (кН).

Результати та обговорення

Визначення несучої здатності дослідних зразків буронабивних залізобетонних мікропалей з поширенням теоретичним методом проводилися за методикою діючих в Україні нормативних документів [7,8]. Визначення осідань мікропалей на кожному етапі ступінчато зростаючого статичного навантаження при проведенні експериментальних досліджень виконувалось способом розв'язанням задачі про переміщення стрижня в пружному півпросторі за додатком П [7].

Згідно розрахунку за формулою Н 2.3 [7] теоретично встановлена несуча здатність для мікропалей МП-1, МП-2 та МП-3 становила 33,63, 33,02

та 49,84 кН відповідно. Згідно розрахунку осідання одиночної палі під дією вертикального навантаження за формулою П.1.1 [7] несуча здатність для дослідних зразків МП-1, МП-2 та МП-3 буде становити 40,9, 40,7 та 61,5. У цьому випадку, як і для експериментальних досліджень для визначення несучої здатності приймається критерій, коли приймається значення навантаження на передостанній ступені при осіданні палі, рівному 40 мм.

Порівняння осідання дослідних зразків мікропалі, отриманих за результатами експериментальних досліджень та визначених теоретично, представлена у таблиці 1, а несучої здатності та допустимого навантаження на палю – у таблиці 2.

Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків осідання одиночної палі

Навантаження P , кН	Осідання, мм						Відношення S_e/S_t		
	Визначені експериментально, S_e			Розраховані теоретично, S_t					
	МП-1	МП-2	МП-3	МП-1	МП-2	МП-3	МП-1	МП-2	МП-3
0	0	0	0	0	0	0			
10	0,35	0,27	0,21	0,61	0,64	0,5	1,74	2,37	2,38
20	2,54	1,58	0,75	3,18	3,34	1,43	1,25	2,11	1,91
30	5,04	3,14	1,25	10,33	10,85	4,11	2,05	3,45	3,28
35	6,95	4,85	2,15	18,07	18,97	5,51	2,60	3,91	2,56
40	9,99	8,11	3,85	33,05	34,7	8,29	3,31	4,28	2,15
45	14,48	12,25	5,25	69,71	73,2	12,35	4,81	5,98	2,35
50	21,45	18,07	7,58			16,65			2,20
55	42,5	31,05	9,85			22,25			2,26
60		51,5	12,38			33,58			2,71
65			16,05			50,51			3,15
70			19,55			76,15			3,90
75			24,15						
80			29,15						
85			40,25						

Таблиця 2. Результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків

Показник	МП-1	МП-2	F_{d2}/F_{d1} (N_{d2}/N_{d1})	МП-3	F_{d3}/F_{d1} (N_{d3}/N_{d1})
Несуча здатність, кН: Експериментальна, F_{de}	54,4	57,2	1,05	84,9	1,56
Теоретична (за формулою Н 2.3 [4]), F_{dt}	33,63	33,02	0,98	49,84	1,48
Теоретична (за осіданням згідно формули П.1.1 [4]), F_{dt}^s	40,95	40,67	0,99	61,9	1,51
Допустиме навантаження, кН: Експериментальне, N_{de}	45,33	47,67	1,05	70,75	1,56
Теоретичне, N_{dt}	24,02	23,59	0,98	35,6	1,48
Теоретичне, N_{dt}^s	29,05	29,05	0,99	44,21	1,51
Відношення F_{de}/F_{dt}	1,62	1,73		1,70	
F_{de}/F_{dt}^s	1,33	1,41		1,37	
Відношення N_{de}/N_{dt}	1,89	2,02		1,99	
N_{de}/N_{dt}^s	1,55	1,64		1,6	

Одиночну палю у складі фундаменту і поза ним за несучою здатністю ґрунтів основи слід розраховувати з умови: $N < N_d = F_d/\gamma_k$, де N_d - розрахункове навантаження, що допускається на палю при визначенні їх кількості в пальному фундаменті; F_d - несуча здатність палі за властивостями ґрунтової основи; γ_k - коефіцієнт надійності, рівний 1,4 у випадку, якщо несуча здатність визначена за розрахунком і рівний 1,2 у випадку, коли несуча здатність визначена за результатами польових випробувань ґрунтів статичним навантаженням [7,8].

Висновки

З метою вивчення роботи залізобетонних буронабивних мікропаль з поширеною п'ятою та без неї, зокрема, для окремих складових загальної несучої здатності: по бічній поверхні та під підшовою пал'ю було проведено польові випробування 3-х дослідних зразків мікропаль діаметром 200 мм з глибиною закладання 3 м: МП-1 без поширення з влаштуванням в забій

еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-2 - з поширеною п'ятою діаметром 350 мм, також з влаштуванням під нею еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-3 - в обсадній інвентарній трубі діаметром 200 мм, з поширеною п'ятою діаметром 350 мм без еластичної подушки.

Отримані в результаті експериментальних та теоретичних досліджень дані, приведені в статті, дають можливість попередньо оцінити реальну несучу здатність буронабивних залізобетонних мікропалів.

Польові експериментальні дослідження дослідних зразків мікропалів проводилося згідно з вимогами [8] за схемою статичного вертикального вдавлювання.

Теоретично несуча здатність визначалася розрахунком за формулою Н 2.3 [7] та за осіданням одиночної палі під дією вертикального навантаження за формулою П.1.1 [7] з критерієм осідання палі, що не перевищує 40 мм.

Осідання одиночної палі, отримані на всіх етапах ступінчатого зростаючого статичного навантаження в результаті теоретичного розрахунку перевищували експериментальні їх значення в $1,25 \div 4,81$ рази для дослідного зразка МП-1, в $2,11 \div 5,98$ рази для МП-2 та в $1,91 \div 3,9$ рази для МП-3. Причому по мірі зростання навантаження перевищення також зростало, що свідчить про недостатнє врахування пластичної складової осідання.

Експериментальні значення несучої здатності в усіх випадках мають більші значення ніж визначені теоретично: в 1,62 при розрахунку за формулою власне несучої здатності та в 1,33 рази при розрахунку за осіданням одиночної палі для дослідного зразка МП-1; в 1,73 та 1,41 рази відповідно для МП-2; в 1,7 та 1,37 рази для МП-3. Відповідні значення для допустимого навантаження на палю становлять: 1,89 та 1,55 для МП-1; 2,02 та 1,64 рази для МП-2; 1,99 та 1,6 рази для МП-3. Проектування фундаментів з врахуванням експериментально визначених даних у перспективі дає можливість приймати більш економічні рішення.

Несуча здатність дослідних зразків мікропалів МП-1 та МП-2, що забезпечується тертям по боковій поверхні її ствола, є практично однаковою, тоді як несуча здатність МП-3, що забезпечується опором ґрунту основи під її нижнім кінцем, перевищує значення для МП-1 в 1,56 та 1,48 (1,51) рази відповідно для експериментальних даних і для теоретичного розрахунку. Такий факт вимагає приділити більшу увагу цій компоненті

несучої здатності при проектуванні буронабивних залізобетонних мікропаль з поширеною п'ятою.

Проведені дослідження вказують на необхідність удосконалення методів теоретичного розрахунку несучої здатності буронабивних залізобетонних мікропаль із застосуванням математичного моделювання їх роботи сумісно з ґрунтовою основою.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Hnatiuk, O. T., Onyskiv, B. M., & Mazepa, O. M. Declarative Patent for Invention No. 2003109615 Ukraine. Bored Micropile with an Enlarged Base. 4 p., ill.; published 26.05.2004, Bulletin No. 5.2.
2. Fabryka, Yu. M., Hnatiuk, O. T., & Lapchuk, M. A. Utility Model Patent No. 151365. IPC E02D 5/54 (2006.01). Ukraine. Published 13.07.2022, Bulletin No. 28. 2 p.
3. Hnatiuk, O., Lapchuk, M., Kosarchyn, V., Mazurak, A., Fabryka, Y. Definition of the bearing capacities of drilled reinforced concrete micropiles by the results of field tests. AIP Conference Proceedings, 2023, 2949(1), 020008.
4. Hnatiuk, O. T., Lapchuk, M. A., & Fabryka, Yu. M. Bearing capacity of bored reinforced concrete micropiles with different enlargement diameters according to field test results. *Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli i sporudy*, Rivne, 2022, pp. 167–174.
5. Hnatiuk, O., & Lapchuk, M. Bearing capacity of bored reinforced concrete micropiles with compacted toe under vertical loading. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo*, 2014, No. 15, pp. 101–104.
6. Hnatiuk, O., Lapchuk, M., & Kholod, P. Bearing capacity of bored micropiles with enlarged base in soils of different types. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo*, 2014, No. 15, pp. 73–79.
7. DBN V.2.1-10-2009. Foundations and Geotechnical Structures. Kyiv: Minregionbud Ukrainy, 2009. 104 p. (State standard of Ukraine).

8. DSTU B V.2.1–95 (GOST 5686-94). Soils. Methods of Field Testing with Piles. Kyiv: Ukrarkhbudinform, State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture, 1997. 57 p. (State standard of Ukraine).

9. Zotsenko, M. L., Kovalenko, V. I., Khilobok, V. H., & Yakovlev, A. V. Engineering Geology. Soil Mechanics, Foundations and Footings: Textbook. Kyiv: Vyshcha Shkola, 2004. 562 p.

10. Parfentieva, I. O., Vereshko, O. V., & Husachuk, D. A. Foundations and Geotechnics. Textbook for students of specialty 192 “Civil Engineering”. Lutsk: LNTU, 2017. 296 p.

11. Kapshiienko, Yu. Yu., Kapshiienko, A. V., & Blashchuk, N. V. Determination of the bearing capacity of friction piles along the shaft. *XLVI Scientific and Technical Conference of Subdivisions of Vinnytsia National Technical University (2017)*, Vinnytsia, 2017. Available at: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ftbtegp/index/pages/view/zbirn2017>

12. Bartolomei, A. A., Omelchak, I. M., & Yushkov, B. S. Prediction of Settlements of Pile Foundations. Moscow: Stroiizdat, 1994. 384 p.

Література

1. Гнатюк О.Т., Ониськів Б. М., Мазепа О. М. Деклараційний патент на винахід № 2003109615 Україна. Бурунабивна мікропалля з поширеною п'ятою. 4 С. Іл.; опубл. 26.05.04, бюл. № 5.

2. Фабрика Ю. М., Гнатюк О. Т., Лапчук М. А. Патент на корисну модель № 151365. МПК E02D 5/54 (2006.01). Україна, опубл. 13.07.2022, Бюл. № 28. 2с.

3. Hnatiuk, O., Lapchuk, M., Kosarchyn, V., Mazurak, A., Fabryka, Y. Definition of the bearing capacities of drilled reinforced concrete micropiles by the results of field tests. *AIP Conference Proceedings*, 2023, 2949(1), 020008.

4. Гнатюк О.Т., Лапчук М.А., Фабрика Ю.М. Несуча здатність бурунабивних залізобетонних мікропаль з різними діаметрами поширення за результатами їх польових випробувань. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі і споруди (збірник наукових праць)*. Рівне, 2022. С. 167-174. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i42.019>.

5. О. Гнатюк, М. Лапчук. Несуча здатність бурунабивних залізобетонних мікропаль з ущільненим забоем на дію вертикального навантаження. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2014. №15. С. 101 - 104.

6. Гнатюк О., Лапчук М. Холод П. Несуча здатність бурунабивних мікропаль з розширеною п'ятою у ґрунтах різного типу. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Архітектура і сільськогосподарське будівництво*. Львів, 2014. №15. С.73-79.

7. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 104 с.

8. Ґрунти. Методи польових випробувань палями ДСТУ Б В.2.1– 95 (ГОСТ 5686-94). Київ: Укрархбудінформ. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. 57 с.

9. Зоценко М. Л., Коваленко В. І., Хілобок В. Г., Яковлев А. В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 562с.

10. Парфентьева І. О., Верешко О. В., Гусачук Д. А. Основи та фундаменти. Навчальний посібник для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Луцьк: ЛНТУ, 2017. 296с.

11. Капшієнко Ю. Ю., Капшієнко А. В., Блашук Н. В. Визначення несучої здатності паль тертя по боковій поверхні. *Матеріали конференції «XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2017)»*, Вінниця, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/index/pages/view/zbirm2017>

12. Бартоломей А.А., Омельчак І. М., Юшков Б. С. Прогноз осідання палових фундаментів. Москва : Стройиздат, 1994. 384 с.

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 16.11.2025	Received 16.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 20.11.2025	Received in revised form 20.11.2025
Прийнято 24.11.2025	Accepted 24.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

O. T. Hnatiuk*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2218-0295>

Department of building structures

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, V. Velykiho St., 1, Dublyany, Lviv district, Lviv region, Ukraine, 80381

V. M. Maksymovych

D.Sc. in Engineering, Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0043-6333>

Department of building structures

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, V. Velykiho St., 1, Dublyany, Lviv district, Lviv region, Ukraine, 80381

T. Yu. Osadchuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2218-0295>

Department of building structures

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, V. Velykiho St., 1, Dublyany, Lviv district, Lviv region, Ukraine, 80381

Yu. M. Fabryka

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-1356>

Department of construction

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15, Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 7601

*corresponding author, e-mail: OTHnatiuk@ukr.net

Experimental and theoretical study of the operation of bored micropiles under the action of vertical compressive loads

How to Cite:

O. T. Hnatiuk, V. M. Maksymovych, T. Yu. Osadchuk, Yu. M. Fabryka (2025). Experimental and theoretical study of the operation of bored micropiles under the action of vertical compressive loads. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 110-122. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-09)

Abstract. For a long period, the research laboratory of the Department of Building Structures of the LNUVMB named after S. Z. Gzhitsky carried out experimental studies of the load-bearing capacity of drilled reinforced concrete piles with a spread heel, developed and implemented in real practice together with PP "BKF" Osnova" during the last 10-15 years [1-6].

In accordance with the existing methods of theoretical calculation, the load-bearing capacity of piles in general depends on two components: on the resistance of the soil of the base under its lower end (heel) and on the friction on the side surface of its trunk [7]. In order to experimentally verify this dependence, 3 prototypes of MP-1, MP-2 and MP-3 micropiles were manufactured at the experimental range of the Department of Building Structures. All studied samples were made in pre-drilled wells by the auger drilling method in wells with a diameter of 200 mm with a depth of 3 m, but of different construction.

The MP-1 micropile was manufactured without propagation with an elastic pillow 100 mm thick inserted into the butt; MP-2 - with a spread heel with a diameter of 350 mm, also with the arrangement of an elastic cushion under it with a thickness of 100 mm; MP-3 - in a casing inventory pipe with a diameter of 200 mm, with a common heel with a diameter of 350 mm without an elastic cushion.

Experimental studies were carried out according to the scheme of static vertical indentation by the method of step-increasing loading [8]. The vertical movement of the upper head of the experimental samples of micropiles by more than 4 cm was accepted as a strength criterion. As a result, it was established that according to this criterion, the load-bearing capacity was 52.5kN for micropiles MP-1 and 57.5kN for MP-2, 85kN for MP-3.

A theoretical calculation of the settlement of experimental samples of micropiles was also carried out in accordance with the instructions [7]. A comparative analysis of data based on tables and graphs showed that the load-bearing capacity (deformability) according to the experimental data exceeds the theoretical calculation results by 29% for MP-1, 32% for MP-2, and 37.5% for MP-3.

Keywords: experimental studies, theoretical analysis, bored piles, compressive loads, soil resistance, friction on the side surface.