

## Особливості роботи пальових кущів з коротких паль за даними числового моделювання

Ірина Маєвська<sup>1</sup>, Наталя Блащук<sup>2</sup>, Юлія Кремінська<sup>3</sup>

Вінницький національний технічний університет  
95, Хмельницьке шосе, Вінниця, Україна, 21000,

<sup>1</sup> irina.mayevskaja@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5999-6824

<sup>2</sup> blaschuk@vntu.edu.ua, orcid.org/0000-0001-9764-0271

<sup>3</sup> 1b16b.kreminska@gmail.com

DOI: 10.32347/2310-0516.2018.11.7-21

**Анотація.** При проектуванні нового пальового фундаменту є багато суперечливих питань. Одне із них це різниця в роботі груп з коротких паль та груп з довгих паль. Дослідами встановлено, що навантаження, яке сприймає пальовий фундамент, частково передається на ростверк, а частково - на палі і не завжди несуча здатність паль у складі пальового фундаменту відповідає несучій здатності одиночної палі.

Характер цього перерозподілу суттєво залежить від довжини палі, особливо це стосується роботи груп з коротких паль. На сьогоднішній день питання створення достовірної розрахункової моделі ґрунтової основи, що забезпечує достатню відповідність між результатами розрахунку і роботою натурних паль – все ще одна із найважливіших проблем фундаментобудування. Використання ресурсів несучої здатності паль є одним із передових способів досягнення економії при влаштуванні пальових фундаментів. Попередні дослідження показали, що при роботі куща з короткими палями група працює як суцільний ґрунто-пальовий масив. При підтвердженні цієї гіпотези можна було б зменшувати кількість паль в межах габаритів ростверку без суттєвої втрати несучої здатності куща.

Проведені комплексні числові дослідження розрахункової моделі стовпчастого пальового фундаменту за допомогою програмного комплексу Plaxis в залежності від геометричних параметрів (довжини та кількості паль). Здійснювалось варіювання кроком та кількістю паль при сталих розмірах ростверку. Розглянуто варіанти коротких та довгих паль, а також ґрунтового середовища з піщаних та глинистих ґрунтів. Аналізувались ступені реалізації несучої



**Ірина Маєвська**  
доцент кафедри  
будівництва, міського господарства  
та архітектури  
к.т.н., доц.



**Наталя Блащук**  
доцент кафедри  
будівництва, міського господарства  
та архітектури  
к.т.н., доц.



**Юлія Кремінська**  
магістр кафедри  
будівництва, міського господарства  
та архітектури

чої здатності паль і ростверку у складі пальового фундаменту для паль різної довжини.

Оцінено ефективність застосування коротких паль порівняно із довгими палями. Визначено, що короткі палі у складі куща працюють більш ефективно, ніж довгі. В випадку застосування коротких паль можна з метою економії матеріалів зменшити кількість паль в групі при збереженні розмірів ростверку з незначною втратою несучої здатності.

**Ключові слова.** Числове моделювання, новий пальовий фундамент, короткі палі, довгі палі, ростверк, модель.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використання ресурсів несучої здатності паль є одним із передових способів досягнення економії при влаштуванні пальових фундаментів. Попередні дослідження [1 – 5] показали, що при роботі куща з короткими палями група працює як суцільний ґрунто-пальовий масив. При підтвердженні цієї гіпотези можна було б зменшувати кількість паль в межах габаритів ростверку без суттєвої втрати несучої здатності куща. У літературі є пропозиції [6] щодо перетворення пальового фундаменту на умовний фундамент мілкого закладання не тільки для визначення його осідання, а і з метою визначення несучої здатності групи паль з низьким ростверком. Всі ці питання потребують подальших досліджень.

На сьогоднішній день всі аналітичні рішення, що використовуються для визначення напружень і переміщень в ґрунтовій товщі, будуються на теоріях лінійно деформованого стану [7]. У зв'язку з великими математичними труднощами, область застосування аналітичних методів досить сильно обмежена. Питання створення достовірної розрахункової моделі ґрунтової основи, що забезпечує достатню відповідність між результатами розрахунку і роботою натурних паль – все ще одна із найважливіших проблем фундаментобудування.

Розрахунковий комплекс Plaxis являє собою цільовий пакет геотехнічних програм для скінченно-елементного аналізу напруженого стану системи «будівля–основа» в плоскій і просторовій постановці. Численні роботи різних авторів [3, 8 – 10] доводять прийнятність одержаних результатів геотехнічних досліджень за допомогою цього комплексу.

## МЕТА РОБОТИ

У даній роботі поставлена задача дослідити реалізацію роботи пальового фундаменту з ґрунтовою основою в залежності від довжини, кількості, розміщення паль та ґрунтових умов. Дослідженнями розгляда-

ється однорідний піщаний та глинистий ґрунт основи.

## ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

При математичному моделюванні за початкову експериментальну модель нового пальового фундаменту були прийняті такі параметри:

- модель ґрунту – пружно-пластична модель Кулона-Мора;

- модель пальового фундаменту під колону – ростверк розміром в плані 2,4x2,4 м, товщиною 0,9 м і палі забивні поперечного перерізу 0,3 x 0,3 м;

- палі довжиною 3,0 м з кроком 3d, 4,2 d і 6d;

- палі довжиною 10,0 м з кроком 3d, 4,2d і 6d;

- величина навантаження, яка сприймається плитою ростверку, розраховується як добуток реактивного опору ґрунту, який знаходиться під подошвою ростверку, на площу ростверку (без врахування площі паль);

- величина навантаження, яка сприймається палями, розраховується як різниця загального навантаження на стовпчастий пальовий фундамент і величини навантаження, яка сприймається плитою ростверку.

Моделювання сумісної роботи ростверку і паль планується на однорідній піщаній та глинистій основі. Характеристики піщаного ґрунту:

пісок дрібний,  $\gamma = 18,6$  кН/м<sup>3</sup>,  $e = 0,67$ ,  $c = 2$  кПа,  $\varphi = 32^\circ$ ,  $E = 28$  МПа.

Характеристики глинистого ґрунту:

суглинок,  $\gamma = 18,5$  кН/м<sup>3</sup>,  $e = 0,75$ ,  $c = 23$  кПа,  $\varphi = 21^\circ$ ,  $E = 14$  МПа.

Варіювання кількістю паль здійснюється в межах сталих габаритів ростверка.

Програму моделювання наведено в табл. 1.

Додатково до програми моделювання включені такі дослідження:

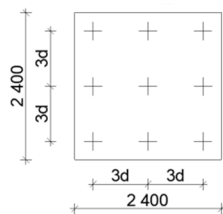
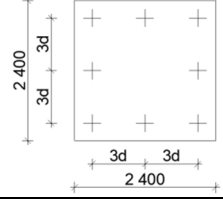
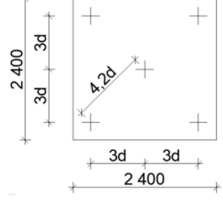
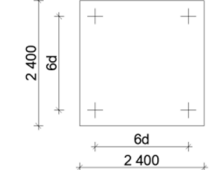
- моделювання роботи одиночних паль довжиною 3 та 10 м;

- моделювання роботи ростверку розмірами 2,4x2,4 м як фундаменту мілкого закладання;

- моделювання роботи умовного фундаменту мілкого закладання при довжині паль 3 та 10 м.

Табл. 1. Програма математичного моделювання роботи пальового фундаменту

Table 1. The program of mathematical modeling of the pile foundation

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль
1	L = 3 м, d = 0,3 м	
	L = 10 м, d = 0,3 м	
2	L = 3 м, d = 0,3 м	
	L = 10 м, d = 0,3 м	
3	L = 3 м, d = 0,3 м	
	L = 10 м, d = 0,3 м	
4	L = 3 м, d = 0,3 м	
	L = 10 м, d = 0,3 м	

При моделюванні умовного фундаменту він представляється як суцільний фундамент призматичної форми з розмірами в плані і по глибині, що відповідають розмірам умовного фундаменту, визначеними за рекомендаціями норм [7] для розрахунку осідання пальового фундаменту.

При вирішенні поставленої задачі були використані результати математичного моделювання пальового фундаменту із забивних паль за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D Foundation.

Для проведення моделювання були прийняті забивні палі із бетону C20/25 (B25),

довжиною 3 м та 10 м, поперечним перерізом 0,3x0,3 м.

Розміри змодельованого ґрунтового масиву для максимального зменшення впливу крайових ефектів на осідання палі прийнята в плані 20x20 м, та завтовшки 20 м. Одна з побудованих моделей ґрунтового масиву та розрахункова модель стовпчастого пальового фундаменту зображені на рис. 1 та 2.

На рис. 3 та 4 для прикладу зображені мозаїки вертикальних деформацій піщаного ґрунту при навантаженні пальового фундаменту розмірами 2,4 м x 2,4 м.

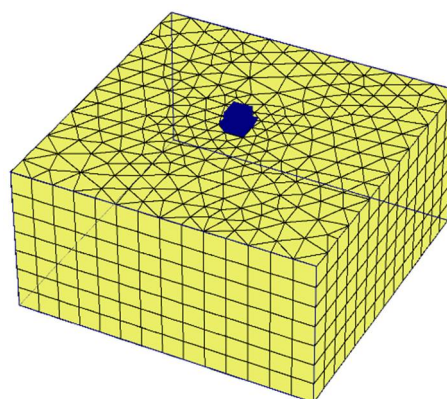


Рис. 1. Розрахункова модель ґрунтового масиву  
Fig. 1. Calculation model of the ground array

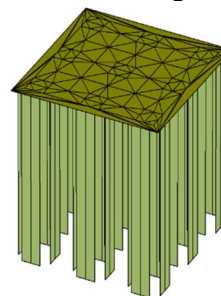


Рис. 2. Розрахункові моделі стовпчастого пальового фундаменту, палі довжиною 3 м при кроці 3d  
Fig. 2. Calculation models of columnar pile foundation, piles 3 m long with a step of 3d

Fig. 2. Calculation models of columnar pile foundation, piles 3 m long with a step of 3d

На рис. 5 представлений результат мозаїки вертикальних деформацій піщаного ґрунту при навантаженні умовного фундаменту, довжина паль 3 м та 10 м відповідно.

На рис. 6 та 7 представлені результати графіків залежності осідання-навантаження, визначених математичним моделюванням для дослідних пальових фундаментів. Також на графіках наведена крива, що відображає умовний фундамент.

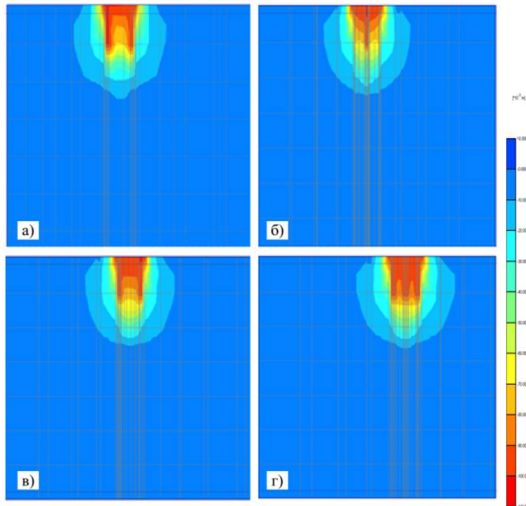


Рис. 3. Мозаїка вертикальних деформацій піщаного ґрунту при навантаженні пального фундаменту з розмірами ростверку 2,4 м x 2,4 м; довжина палів 3 м; кількість палів: а) 4 шт; б) 5 шт; в) 8 шт; г) 9 шт

Fig. 3. Mosaic of vertical deformations of sandy soil at loading of the pile foundation with the sizes of a grid of 2,4 m x 2,4 m; pile length 3 m; number of piles: a) 4 pcs; b) 5 pcs; c) 8 pcs; d) 9 pcs

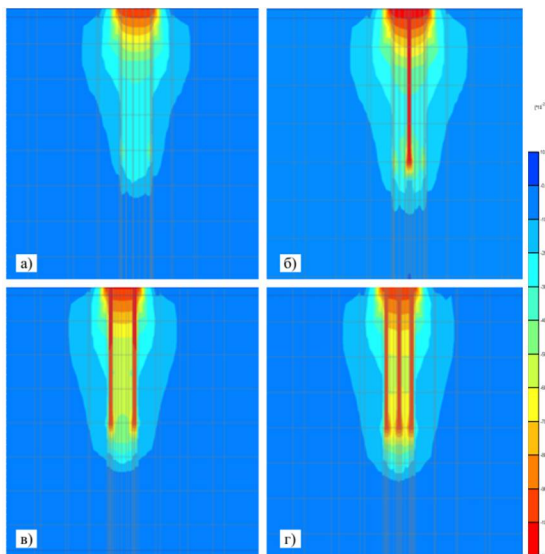


Рис. 4. Мозаїка вертикальних деформацій піщаного ґрунту при навантаженні пального фундаменту з розмірами ростверку 2,4 м x 2,4 м; довжина палів 10 м; кількість палів: а) 4 шт; б) 5 шт; в) 8 шт; г) 9 шт

Fig. 4. Mosaic of vertical deformations of sandy soil at loading of the pile foundation with the sizes of a grid of 2,4 m x 2,4 m; pile length 10 m; number of piles: a) 4 pcs; b) 5 pcs; c) 8 pcs; d) 9 pcs

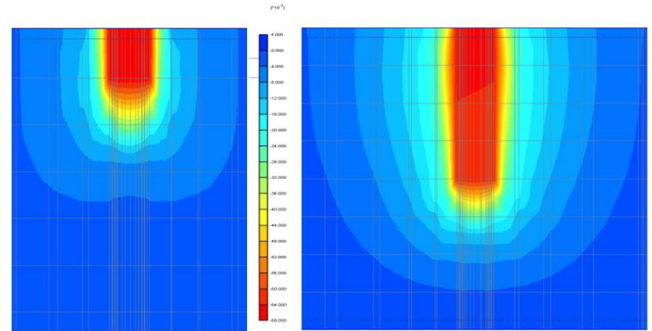


Рис. 5. Мозаїка вертикальних деформацій піщаного ґрунту при навантаженні умовного фундаменту при довжині палів 3 м та 10 м

Fig. 5. Mosaic of vertical deformations of sandy soil at loading of the conditional base at length of piles of 3 m and 10 m

З рисунків видно, що для коротких палів зменшення кількості палів в групі не призводить до суттєвої втрати несучої здатності, тоді як для довгих палів такі втрати є значними, особливо для глинистих ґрунтів.

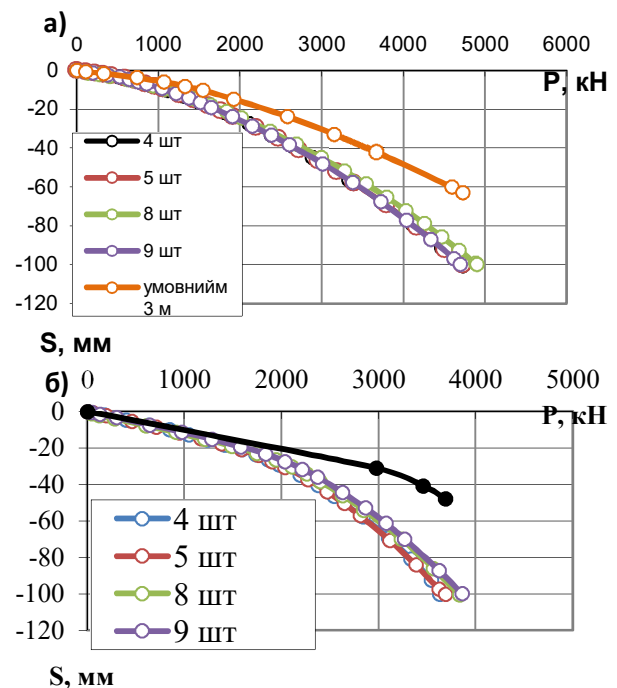


Рис. 6. Графіки залежності навантаження – осідання для паливих фундаментів з палів довжиною 3 м: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 6. Graphs of load dependence - subsidence for pile foundations with piles 3 m long: a- sandy soil; b - clay soil

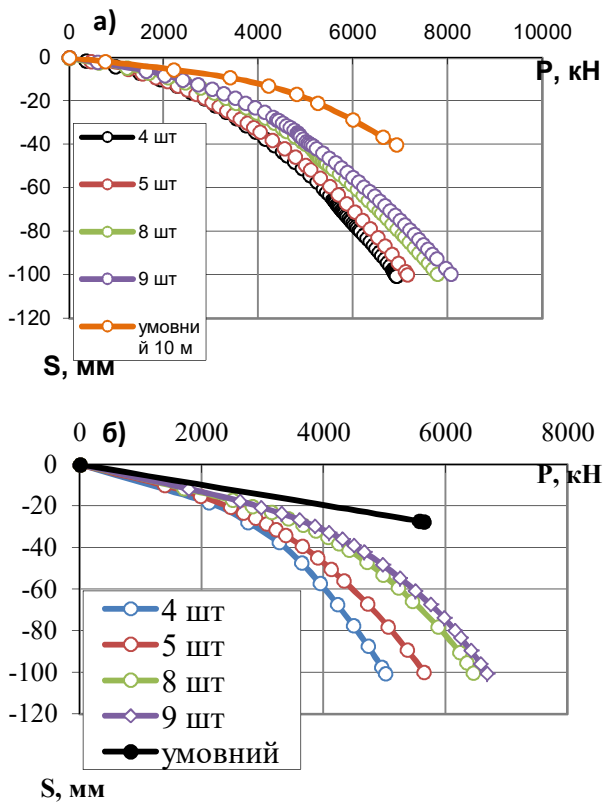


Рис. 7. Графіки залежності навантаження – осідання для паливових фундаментів з палів довжиною 10 м: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 7. Graphs of load dependence - subsidence for pile foundations with piles 10 m long: a- sandy soil; b - clay soil

Заміна куца з коротких палів умовним ґрунто-паливовим масивом призвела до незначного збільшення несучої здатності групи, для довгих палів поведінка умовного фундаменту суттєво відрізняється від поведінки паливового фундаменту, оскільки в роботу втягується ґрунтовий масив нижче нижніх кінців палів.

На рис. 8 представлені графіки залежності осідання-навантаження для одиночних палів довжиною 3 м та 10 м.

На рис. 9 представлений графік залежності осідання-навантаження для ростверку, як фундаменту мілкового закладання.

Для більш детального аналізу була визначена несуча здатність груп палів за результатами моделювання в Plaxis при осіданні 100 мм. Також було визначено навантаження, що сприймається ростверком у складі паливового фундаменту. Для порівняння наведені значення сумарної

несучої здатності палів як одиночних, несучої здатності ростверку як фундаменту мілкового закладання розмірами 2,4x2,4 м при такому ж осіданні. Результати моделювання наведено в табл. 2, 3. В останньому стовпчику несуча здатність куца представлена як сума несучих здатностей окремих його елементів.

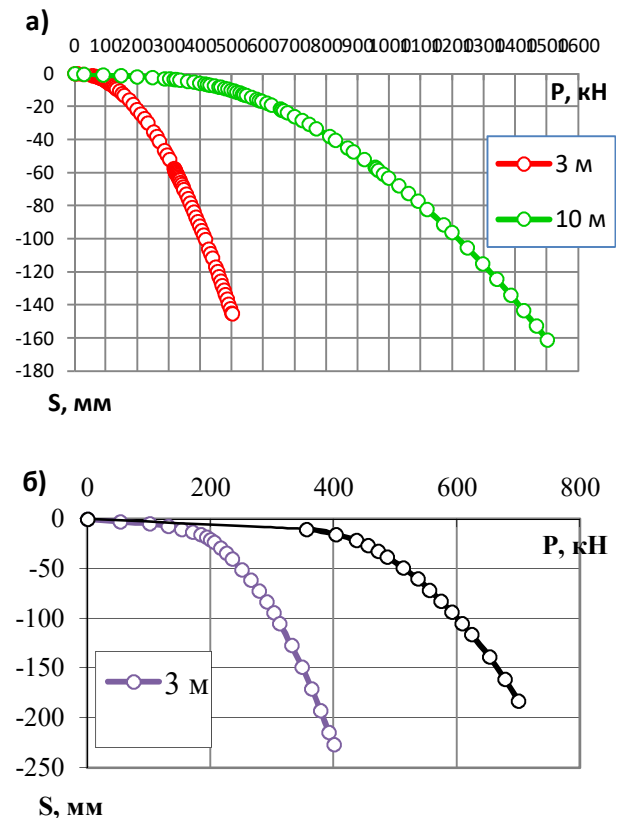


Рис. 8. Графік залежності осідання – навантаження для одиночних палів різної довжини: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 8. Graph of subsidence dependence - load for single piles of different lengths: a- sandy soil; b - clay soil

Аналіз результатів показує, що в випадку застосування коротких палів можна з метою економії матеріалів зменшити кількість палів в групі при збереженні розмірів ростверку з незначною втратою несучої здатності. Але перетворення паливового фундаменту на умовний з метою визначення несучої здатності доречно лише при кроці палів 3d, тобто при доволі частому їх розташуванні. Для довгих палів навіть при частому кроці палів умовний фундамент працює краще, ніж паливовий.



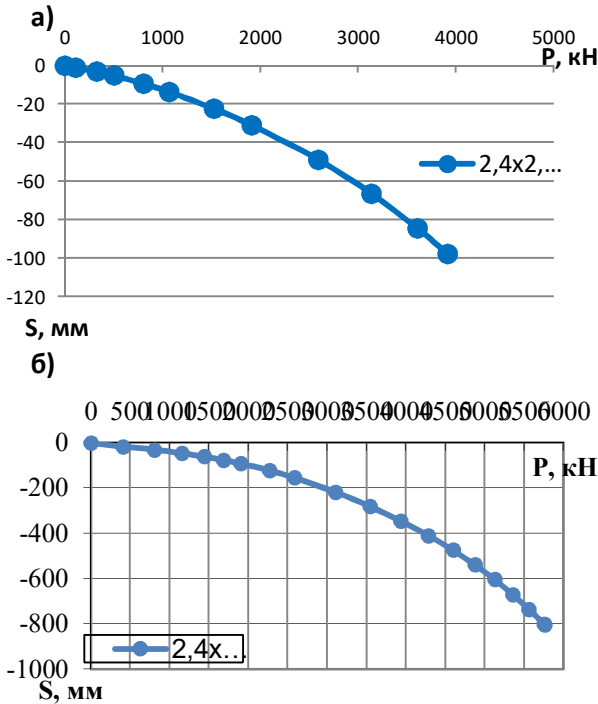


Рис. 9. Графік залежності осідання – навантаження для ростверку: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 9. Graph of subsidence dependence - load for the grid: a- sandy soil; b - clay soil

Табл. 2. Порівняння роботи пального фундаменту з плитою ростверку 2.4x2.4 м з роботою його окремих елементів при осіданні куща  $s = 100,0$  мм у піщаному ґрунті

Table 2. Comparison of the work of the pile foundation with the grid plate 2.4x2.4 m with the work of its individual elements during the subsidence of the bush  $s = 100.0$  mm in sandy soil

Довжина пал, мм	Кількість пал в кущі, шт	При роботі у складі фундаменту				При роботі кожного з елементів як окремого				
		Осереднене навантаження на палю фундаменту, кН	Сума зусиль в палях куща, кН	Навантаження, що сприймається ростверком, кН	Навантаження на кущ, кН	Частка ростверку, %	Несуча здатність одиночної палі, кН	Сума зусиль в палях, кН	Навантаження, що сприймається плитою ростверку без пал, кН	Навантаження на кущ, як сума окремих елементів кН
3 м	4	744,75	2979	1744	4723	37	415	1660	4000	5660
	5	589,4	2947	1776	4723	38		2075		6070
	8	508,75	4070	826	4896	17		3320		7320
	9	447,22	4025	669	4694	14		3735		7735
10 м	4	978,0	3912	3000	6912	43	1220	4880	4000	8880
	5	875,8	4379	2763	7142	39		6100		10100
	8	704,75	5638	2224	7862	28		9760		13760
	9	683,33	6150	1914	8064	24		10980		14980

Табл. 3. Порівняння роботи пального фундаменту з плитою ростверку 2.4x2.4 м з роботою його окремих елементів при осіданні куща  $s = 100,0$  мм у глинистому ґрунті

Table 3. Comparison of the work of the pile foundation with the grid plate 2.4x2.4 m with the work of its individual elements during the subsidence of the bush  $s = 100.0$  mm in clay soil

Довжина пал, мм	Кількість пал в кущі, шт	При роботі у складі фундаменту					При роботі кожного з елементів як окремого			
		Осереднене навантаження на палю фундаменту, кН	Сума зусиль в палях куща, кН	Навантаження, що сприймається ростверком, кН	Навантаження на кущ, кН	Частка ростверку, %	Несуча здатність одиночної палі, кН	Сума зусиль в палях, кН	Навантаження, що сприймається плитою ростверку без пал, кН	Навантаження на кущ, як сума окремих елементів кН
3 м	4	665,5	2662	967	3629	27	310	1240	2000	3240
	5	511,0	2555	1131	3686	31				
	8	418,8	3351	479	3830	13				
	9	392,7	3534	325	3859	8				
10 м	4	826,25	3305	1706	5011	34	600	2400	2000	4400
	5	791,6	3958	1687	5645	30				
	8	624,6	4997	1454	6451	23				
	9	595,2	5357	1325	6682	20				

На рис. 10 та 11 наведені графіки залежності несучої здатності пал та ростверку від кількості пал в групі.

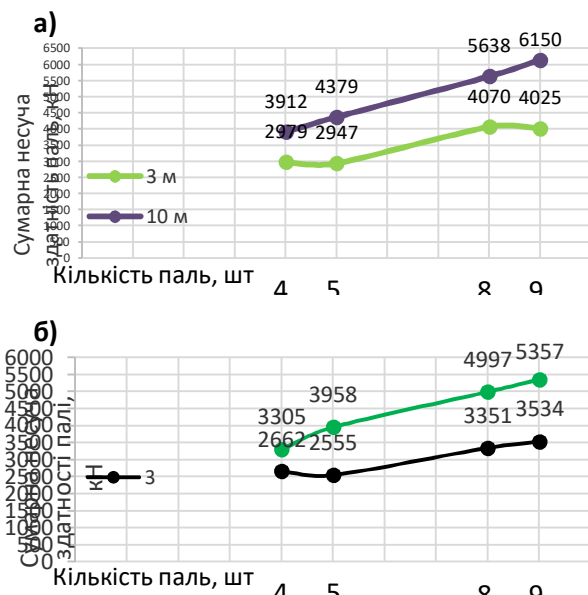


Рис. 10. Графік залежності сумарної несучої здатності паль у складі фундаменту від кількості і довжини паль: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 10. Graph of the dependence of the total bearing capacity of piles in the foundation on the number and length of piles: a-sandy soil; b - clay soil

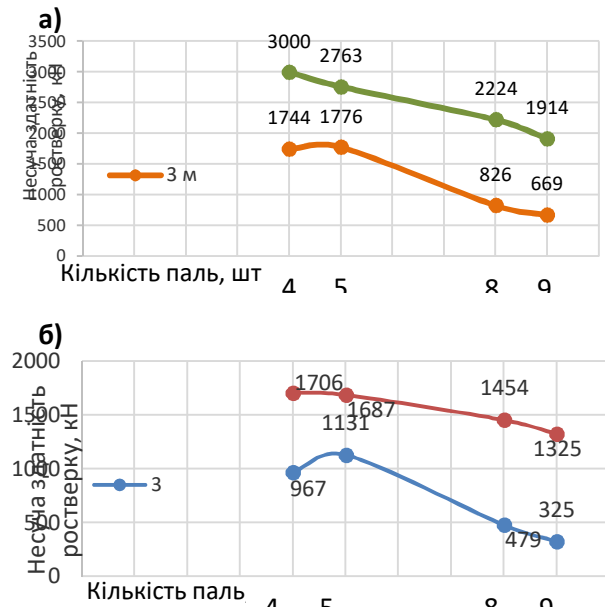


Рис. 11. Графік залежності несучої здатності ростверку від кількості та довжини паль: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 11. Graph of the bearing capacity of the grille on the number and length of piles: a- sandy soil; b - clay soil

На графіках 10 та 11 спостерігаємо, що сумарна несуча здатність паль у складі групи зростає при збільшенні кількості паль, але непропорційно збільшенню кількості, а несуча здатність ростверку, навпаки, зменшується.

Для кількісної оцінки характеру перерозподілу зусиль між елементами пального фундаменту при обробці результатів досліджень аналізувались такі параметри:

- частка ростверку у навантаженні на пального фундамент;
- ступінь реалізації несучої здатності паль при роботі у групі;
- ступінь реалізації тиску під ростверком.

Ступінь реалізації несучої здатності паль визначався як відношення несучої здатності палі у групі до несучої здатності одиночної палі. Ступінь реалізації тиску під ростверком - як відношення частки навантаження, яку

сприймає ростверк у складі фундаменту, до навантаження, яке сприймає плита ростверку, працюючи без паль.

На рис. 12 - 14 наведені результати обробки параметрів фізичного експерименту.

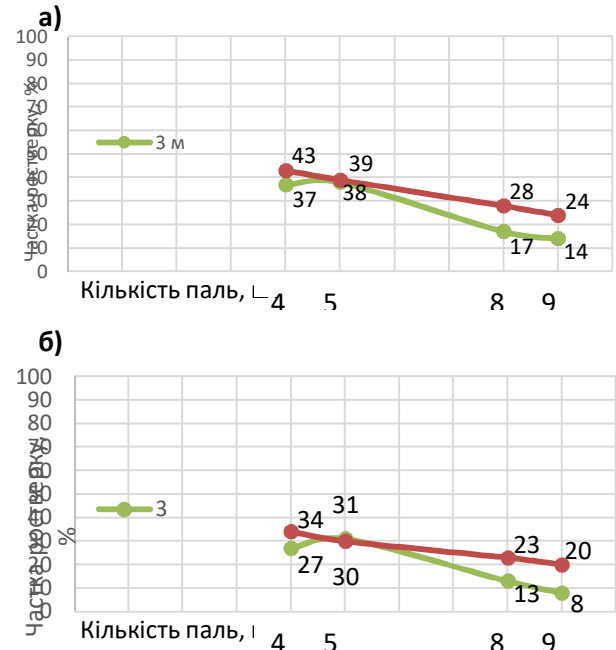


Рис. 12. Графік залежності частки ростверку у навантаженні на пального фундамент від довжини та кількості паль: а- піщаний ґрунт; б – глинистий ґрунт

Fig. 12. Graph of the dependence of the share of the grille in the load on the pile foundation on the length and number of piles: a- sandy soil; b - clay soil

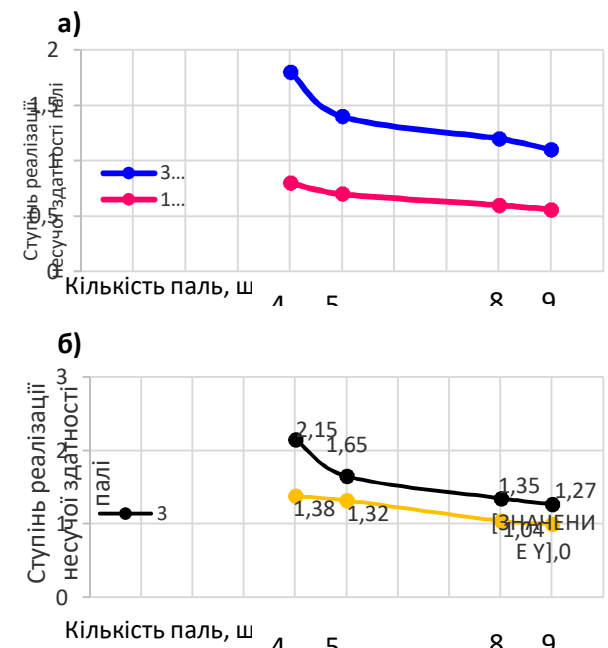


Рис. 13. Залежність ступеня реалізації несучої здатності паль у складі пального фу-

Fig. 13. Dependence of the degree of realization of bearing capacity of piles as a part of pile foundation on quantity and length of piles: a - sandy soil; b - clay soil

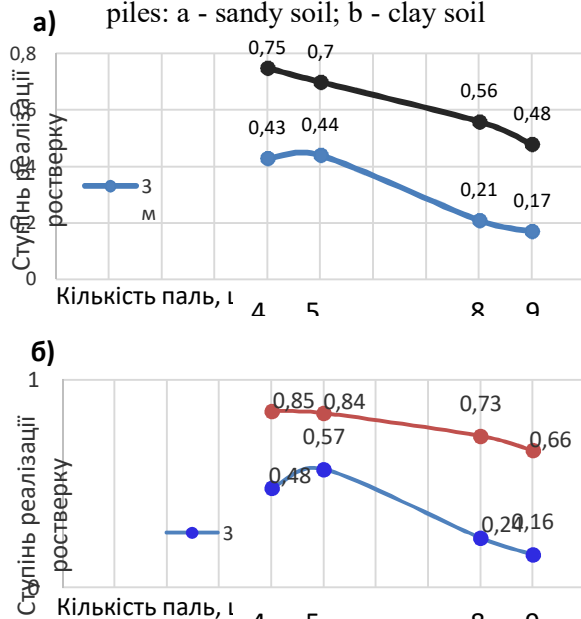


Рис. 14. Залежність ступеня реалізації тиску під підшвою ростверку у складі стовпчастого пальового фундаменту від кількості і довжини палей: а - піщаний ґрунт; б - глинистий ґрунт

Fig. 14. Dependence of the degree of realization of pressure under the sole of the grille as part of the columnar pile foundation on the number and length of piles: a - sandy soil; b - clay soil

Як бачимо частка ростверку у несучій здатності фундаменту зменшується із збільшенням кількості палей. Довжина палей впливає на частку ростверку несуттєво. При малій кількості палей частка ростверку практично не залежить від їх довжини.

Маючи тиск під підшвою ростверку в групі і несучу здатність ростверку як фундаменту мілкового закладання, а також несучу здатність одиночної палі і середнє навантаження на палю в групі, можна проаналізувати ступінь реалізації несучої здатності окремих елементів пальового фундаменту.

Із зменшенням кількості палей у групі краще реалізують себе як палі, так і ростверк. Ступінь реалізації тиску під ростверком знаходиться в межах 0,2-0,8, а от ступінь реалізації несучої здатності палей суттєво відрізняється для коротких і довгих палей. Дов-

гі палі у складі куща або реалізуються не повністю при кількості палей 9 шт. (крок 3d), або їх несуча здатність в групі наближається до несучої здатності одиночної палі. Для коротких палей ступінь реалізації несучої здатності палей перевищує одиницю. Отже, короткі палі працюють у кущі краще, ніж одиночні і тим краще, чим менше їхня кількість (і відповідно більша відстань між ними).

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Зменшення кількості палей в межах єдиного зовнішнього контуру призводить до несуттєвого зменшення несучої здатності куща. Отже, при відносній довжині палей ( $l/d$ ) 15 і менше можна зменшувати кількість палей при сталих габаритах ростверку без втрати несучої здатності.

2. Неврахування роботи ростверку у складі фундаменту дає занижені значення навантажень на кущ, а врахування роботи ростверку без коригування на перерозподіл зусиль між елементами куща при кучному розміщенні палей призводить до завищення несучої здатності куща.

Таким чином, при оцінці несучої здатності куща через несучі здатності його окремих елементів потрібно виходити із ступеня реалізації цих несучих здатностей у складі куща.

3. Заміна пальового фундаменту на умовний фундамент мілкового закладання не дає адекватних результатів ні за деформаціями, ні за несучою здатністю.

4. Частка ростверку у навантаженні на пальовий фундамент зменшується із збільшенням кількості палей і з збільшенням їх довжини.

5. При використанні коротких палей реалізація їх несучої здатності в групі перевищує одиницю (тобто вони працюють краще у кущі, ніж як одиночні).

6. Короткі та довгі палі у складі куща в глинистому ґрунті працюють більш ефективно, ніж в піщаному.

7. Короткі палі у складі куща працюють більш ефективно, ніж довгі. Для коротких палей ступінь реалізації несучої здатності пере-



вищує одиницю і знаходиться в межах 1,27-2,15, для довгих паль відповідний показник 0,6-1,38, збільшуючись по мірі зменшення кількості паль у групі.

8. При використанні коротких паль потенційна можливість ростверку сприймати навантаження не використовується в повній мірі, але збільшується при зменшенні кількості паль.

9. У випадку застосування коротких паль можна з метою економії матеріалів зменшити кількість паль в групі при збереженні розмірів ростверку з незначною втратою несучої здатності.

10. Результати визначення несучої здатності паль у програмному комплексі Plaxis 3D Foundation доцільно використовувати у проектній практиці для корегування значень, визначених теоретичним шляхом за рекомендаціями норм.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Цимбал С.Й., Карцева С.Л. Методика розрахунку пальових фундаментів з урахуванням роботи ростверку. Основи і фундаменти: міжвідомчий. наук.-техн. зб., КНУБА, 2004. Вип. 28. с. 121-130.
2. Малишев О.М., Цимбал С.О., Маєвська І.В., Блащук Н.В. Сумісна робота паль і ростверку у стовпчастому пальовому фундаменті. *Молодь в науці: тез. регіон. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих науковців ВНТУ, м. Вінниця, 2 січ. 2018. Вінниця, 2018.* URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/3694/31033103>.
3. Блащук Н.В., Маєвська І.В., Попович М.М. Перерозподіл зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві: зб. наук. пр. №1(24). Вінниця, 2018. С. 36-44.*
4. Маєвська І.В., Забаштанська Л.А., Кременська Ю.О. Вплив відносної довжини паль на напружено-деформований стан пальового фундаменту. *XLVIII науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання: зб. доп., м. Вінниця, 13-15 берез. 2019р. Вінниця, 2019. С. 200-206.* URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/index/pages/view/zbirn2019>.

5. Кременська Ю.О., Маєвська І.В. Фізичне моделювання пальових куштів з короткими та довгими палями. *Енергоефективність в галузях економіки України-2021: міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2021р. Вінниця, 2021.* URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/13939>.
6. Самородов А.В. Проектирование эффективных комбинированных свайных и плитных фундаментов многоэтажных зданий: Монография. Харьков: «Типография Мадрид», 2017. 204 с.
7. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. [Чинний від 2019 – 01 - 01]. Вид. офіц. Київ, 2019. 42 с.
8. Знаменский В. В., Рузаев А. М., Полинков И. Н. Взаимодействие низкого ростверка со сваями. *Вестник МГСУ. М., 2008. №2. С. 48-51.*
9. Зоценко М. Л., Лапін М. І., Петраш Р. В. Порівняльне оцінювання ефекту армування основи за даними штампових випробувань і математичного моделювання. *Будівельні конструкції, Том 1. Київ: НДІБК. 2008. №71. С.443-451.*
10. Червинский Я. Й., Дмитриев Д. А., Шуминский В. Д., Данилюк О. М. Численное моделирование устройства котлована и оценка напряженно-деформированного состояния окружающего грунтового массива на примере строительства офисного центра по ул. С. Струтинского, 13-15 в Печерском районе г. Киева. *Будівельні конструкції, Том 2. Київ : НДІБК. 2011. №75. С.178-184.*

#### REFERENCES

1. Tsybmal S.I., Kartseva S.L. (2004). Metodyka rozrakhunku palovykh fundamentiv z urakhuvanniam roboty rostverku [Method of calculating pile foundations taking into account the work of the grille]. *Osnovu i fundamenty: Mizhvidomchij naukovo-tekhnichnyj zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 28, 121-130 (in Ukrainian).*
2. Malyshev O.M., Tsybmal S.O., Maievska I.V., Blashchuk N.V. (2018). Sumisna robota pal i rostverku u stovpchastomu palovomu fundamenti [Joint work of piles and a grid in the columnar pile basement]. *Molod v nauksi: tez. rehion. nauk.-prakt. inter-net-konf. studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv VNTU, m. Vinnytsia* - URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/3694/31033103>.
3. Blashchuk N.V., Maievska I.V., Popovych M.M. (2018). Pererозpodil zusyly mizh elementamy stovpchastoho palovoho fundamentu. *Suchasni tekhnolohii, materialy ta konstruktсии v budivnytstvi: zb. nauk. pr. №1(24). Vinnytsia, 2018. S. 36-44.*

4. Maievska I.V., Zabashtanska L.A., Kreminska Yu.O. Vplyv vidnosnoi dovzhyny pal na napruzheno-deformovanyi stan palovoho fundamentu. XLVIII naukovo-tekhnichna konferentsiia fakultetu budivnytstva, teploenerhetyky ta hazopostachania: zb. dop., m. Vinnytsia, 13-15 berez. 2019r. Vinnytsia, 2019. S. 200–206. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/index/pages/view/zbirn2019>.
5. Kreminska Yu.O., Maievska I.V. Fizychni modeliuvannia palovykh kushchiv z korotkymy ta dov-hymy paliamy. Enerhoefektyvnist v haluziakh eko-nomiky Ukrainy-2021: mizhnar. nauk.-tekhn. konf., m. Vinnytsia, 23-25 lystop. 2021r. Vinnytsia, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egcu/egcu2021/paper/view/13939>.
6. Samorodov A.V. Proektyrovanye effek-tyvnykh kombynyrovannikh svainikh y plytnikh fundamentov mnohoetazhnykh zdanyi: Monohra-fyia. Kharkov: «Typhrafyia Madryd», 2017. 204 s.
7. DBN V.2.1-10:2018. Osnovy ta fundamenty sporud. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 2019 – 01 - 01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2019. 42 s.
8. Znamenskyi V. V., Ruzaev A. M., Polynkov Y. N. Vzaymodeistvye nyzkoho rostverka so svaiamy. Vestnyk MHSU. M., 2008. №2. S. 48-51.
9. Zotsenko M. L., Lapin M. I., Petrash R. V. Porivnialne otsiniuvannia efektu armuvannia osnovy za danymy shtampovykh vyprobuvan i matematychnoho modeliuvannia. Budivelni konstruktzii, Tom 1. Kyiv: NDIBK. 2008. №71. S.443-451.
10. Chervynskiy Ya. Y., Dmytryev D. A., Shumynskiy V. D., Danyliuk O. M. Chyslennoe modelyrovanye ustroystva kotlovana y otsenka napriazhenno-deformyrovannoho sostoiannya okruzhaiushcheho hruntovoho massyva na prymere stroytelstva ofysnoho tsentra po ul. S. Strutynskoho, 13-15 v Pecherskom raione h. Kyeva. Budivelni konstruktzii, Tom 2. Kyiv : NDIBK. 2011. №75. S.178-184.

### **Features of pile groups from short piles according to numerical modeling**

*Irina Maevska,  
Natalya Blashchuk  
Yuliia Kreminska*

**Summary.** There are many controversial issues when designing a new pile foundation. One of them is the difference between short piles and long piles. Research in the position, the load, which is a pile foundation, is partly transferred to the grid, and partly - on the pile and does not always have the possibility of a finger in the pile foundation corresponds to the failure of a single pile.

Complex numerical studies of the calculated model of the columnar pile foundation with the help of Plaxis software package depending on the geometric parameters (length and number of piles) were carried out. The pitch and number of piles were varied at constant grid sizes. Variants of short and long piles, as well as soil environment from sandy and clay soils are considered. The stages of realization of bearing capacity of piles and grid in the composition of the pile foundation for piles of different lengths were analyzed.

The efficiency of using short piles in comparison with long piles is estimated. It has been determined that short piles in the bush work more efficiently than long ones. In the case of short piles, in order to save materials, you can reduce the number of piles in the group while maintaining the size of the grille with a slight loss of load-bearing capacity.

**Key words.** Numerical modeling, new pile foundation, short piles, long piles, grid, model.