

**МЕХАНІКА ҐРУНТІВ ТА ФУНДАМЕНТИ**

УДК 624.153

DOI 10.31649/2311-1429-2019-1-43-52

**Н. В. Блащук  
І. В. Маєвська****ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ  
ОДНОРЯДНОГО СТРІЧКОВОГО ПАЛЬОВОГО  
ФУНДАМЕНТА**

Вінницький національний технічний університет

*Виконаний аналіз роботи паль та ростверку у складі однорядного стрічкового пальового фундаменту. Виконане фізичне (на маломасштабних моделях) та математичне моделювання пальових фундаментів з різними геометричними параметрами та в різних ґрунтах. Встановлені фактори, що впливають на перерозподіл навантаження між палями фундаменту та низьким ростверком і його загальну несучу здатність.*

*Встановлено, що перерозподіл навантаження між палями фундаменту і ростверком залежить від довжини і кроку паль. Визначено характерні залежності зміни частки несучої здатності низького ростверку та паль в складі стрічкового однорядного пальового фундаменту.*

*При збільшенні довжини паль частка навантаження, що сприймає ростверк, зменшується, і навпаки, навантаження на низький ростверк збільшується при збільшенні відстані між палями. Діапазон частки навантаження, що сприймається ростверком (3-45 %), несуттєво відрізняється від аналогічного діапазону для дворядних стрічкових та стовпчастих фундаментів, визначеного попередніми дослідженнями. Характер залежності частки навантаження низького ростверку при роботі фундаменту в піщаному та глинистому середовищах від довжини та кроку паль змінюється не суттєво.*

*Несуча здатність палі у складі фундаменту реалізується не повністю. По мірі зростання навантаження на фундамент осереднене навантаження на палю у складі фундаменту зростає. Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пальового фундаменту залежить від відносної довжини і кроку паль. Реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту підвищується із збільшенням кроку паль та із збільшенням їх відносної довжини. Не дивлячись на неповну реалізацію несучої здатності паль, загальна несуча здатність фундаменту перевищує суму несучих здатностей одиночних паль та ростверку.*

*Використання одержаних залежностей при розрахунках дозволить забезпечити при проектуванні економію матеріалів паль на величину до 30 %.*

*Ключові слова: стрічковий пальовий фундамент, ґрунтова основа, палі, ростверк, перерозподіл навантаження, частка ростверку.*

**Вступ**

В сучасних умовах, в зв'язку з реконструкцією, будівництвом будівель на слабких ґрунтах, актуальним питанням є використання економічних варіантів фундаментів. Багато будівель будуються на слабких ґрунтах, ґрунтах, не придатних для фундаментів мілкого закладання. Пальові фундаменти є найкращим рішенням у таких випадках.

За чинними нормами розміри пальових фундаментів визначаються розрахунком за принципом простого складання несучих здатностей одиночних паль, досі немає методики визначення несучої здатності низьких ростверків в складі пальового фундаменту [1]. Хоча відомо, що при цьому несуча здатність палі зменшується, а ростверк, в свою чергу, сприймає частину навантажень [2-5].

При кафедрі БМГА ВНТУ з 2005 року ведуться дослідження сумісної роботи паль і ростверку у складі пальового фундаменту як в умовах реконструкції, так і при новому будівництві. Для умов нового будівництва були досліджені такі типи фундаментів:

- стрічкові пальові фундаменти з дворядним розміщенням паль [2, 6];
- стовпчасті пальові фундаменти [7, 8].

Дослідження виконувались методом фізичного моделювання у дослідному лотку і методом математичного моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis.

Врахування реального перерозподілу зусиль між елементами пальового фундаменту дозволяє реалізувати резерви, закладені недосконалою методикою норм, і одержати економічний ефект від скорочення кількості паль при проектуванні.

Метою даної роботи є дослідження перерозподілу зусиль між елементами стрічкових пальових фундаментів з однорядним розміщенням паль.

### Результати досліджень

Дослідження для однорядного пальового фундаменту виконувались також методом фізичного моделювання на маломасштабних моделях у дослідному лотку і методом математичного моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis.

Фізичні дослідження роботи пальових фундаментів проводились у лабораторному лотку (розмір 1800 × 1200 × 1000 мм), який представлений на рисунку 1.



Рисунок 1 – Випробовування моделі фундаменту у дослідному лотку

Лоток заповнювався піском середньої крупності з заданою щільністю та вологістю. Враховуючи геометричні розміри лотка з піском, можливості упорної системи та можливість проведення після одного пересипання ґрунту випробування трьох моделей пальового фундаменту був прийнятий масштаб фізичного моделювання 1:15. Для моделювання натурних паль довжиною 3 м, 4,5 м та 6 м з поперечним перерізом 30×30 см виготовлені дерев'яні моделі з поперечним перерізом 20×20 мм, довжиною 200, 300 і 400 мм.

Модель стрічкового ростверку при однорядному розміщенні паль виконана з металу, її конструктивне рішення наведено на рис. 2.

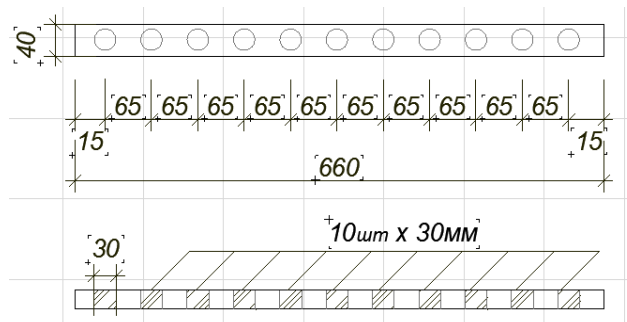


Рисунок 2 – Модель стрічкового ростверку при однорядному розміщенні паль

Навантаження на ростверк стрічкового пальового фундаменту від домкрату передавалось за допомогою встановленої зверху жорсткої балки (рис. 1). Величина навантаження на фундамент вимірювалась за допомогою динамометра.

Для замірювання зусиль в палях пальових фундаментів використовувались тензометричні наголовники. При дослідженнях варіювались довжина та крок паль. Додатково випробувались одиночні палі.

Було виконано дві серії дослідів при різному кроці паль у ростверку. Програма експерименту модельних випробувань представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

**Програма фізичних модельних випробувань**

Група дослідів	Крок паль у поздовжньому напрямку	Довжина паль, мм
1	3d	200
		300
		400
2	6d	200
		300
		400

При аналізі результатів визначались:

- частка навантажень, яке беруть на себе палі у складі пальового фундаменту;
- частка навантаження, що припадає на низький ростверк.

Результати дослідження представлено у вигляді графіків, що відображають залежність осідання стрічкового пальового фундаменту в цілому від ступеневого прикладання зовнішнього навантаження (рис. 3) і таблиці 2, де наведено навантаження, яке сприймають фундаменти при осіданні  $s = 2,5$  мм.

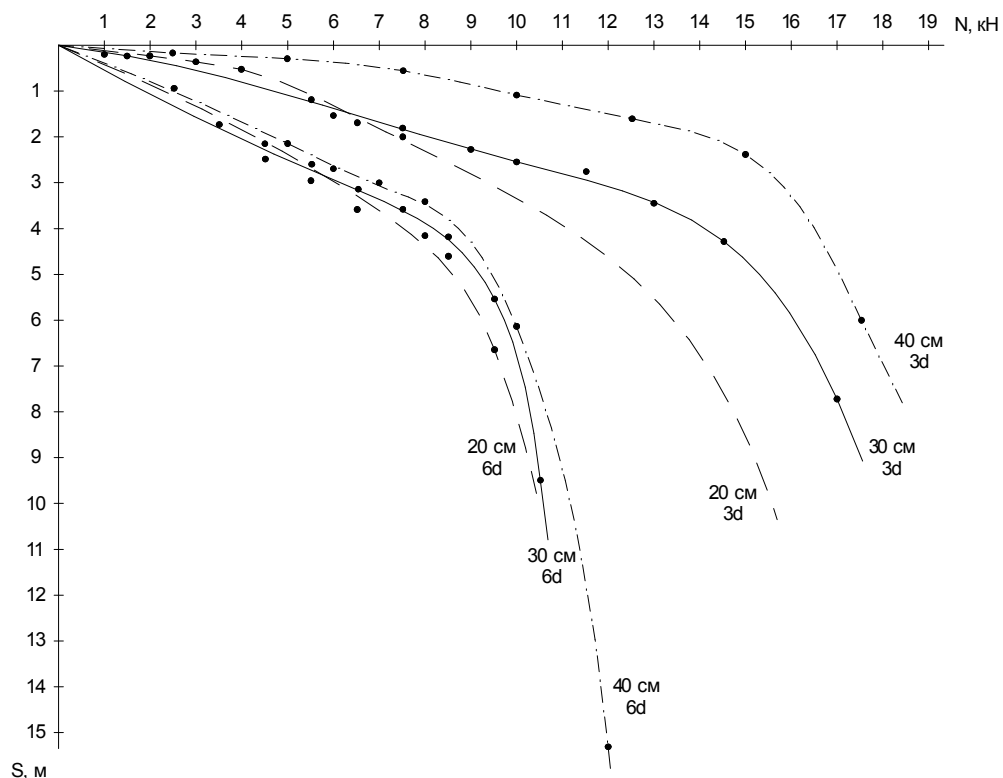


Рисунок 3 – Графіки осідання – навантаження для паль різної довжини при кроці 3d та 6d

Таблиця 2

**Несуча здатність моделей фундаменту при осіданні 2,5 мм, кН**

Крок паль	Довжина паль, мм		
	200	300	400
3d	7,8	10,0	15,2
6d	5,0	5,5	6,0

Для визначення частки несучої здатності низького ростверку у складі стрічкового пальового фундаменту від загальної несучої здатності фундаменту віднімаємо суму несучих здатностей паль. Результати наведені у таблиці 3 та на рис. 4.

Таблиця 3

**Частка навантаження, яку сприймає ростверк фундаменту при осіданні 2,5 мм**

Крок паль	Довжина паль, мм					
	200		300		400	
	кН	%	кН	%	кН	%
3d	3,6	46	4,0	40	4,1	27
6d	2,5	50	2,2	41	1,8	30

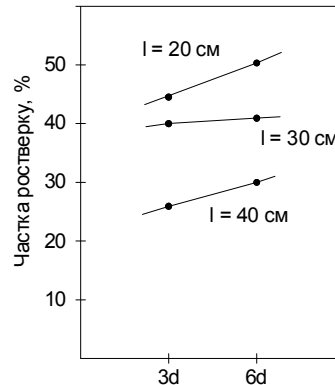


Рисунок 4 – Залежність частки, що сприймає ростверк стрічкового пальового фундаменту, від кроку паль різної довжини

Була проаналізована реалізація несучої здатності паль у складі пальового фундаменту у порівнянні з несучою здатністю одиночної палі. Результати наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

**Навантаження, яке сприймає палі, кН**

Крок паль	Довжина паль, мм					
	200		300		400	
	у складі фундаменту	одиночна	у складі фундаменту	одиночна	у складі фундаменту	одиночна
3d	0,39	0,6	0,54	0,7	1,0	0,8
6d	0,42	0,6	0,55	0,7	0,7	0,8

При незначних навантаженнях і відносно коротких палях їх несуча здатність реалізується не повністю, але по мірі збільшення навантаження і відповідно осідань групи палі все більше включаються у роботу. При коротких палях спочатку зусилля в палях збільшуються інтенсивно, а потім цей процес уповільнюється. Для довгих паль характерне інтенсивне втягування паль у роботу, частка ростверку при цьому зменшується. При збільшенні кроку паль їх несуча здатність реалізується в більшій мірі.

Математичне моделювання роботи пальових фундаментів різних типів виконувалось за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів. При математичному моделюванні варіювались не тільки геометричні параметри фундаментів, а і ґрунти різних типів, що служать основою для паль.

Моделльні експерименти розділено на такі підгрупи:

I - моделювання роботи стрічкового однорядного пальового фундаменту довжиною 11,3 м на однорідній піщаній основі, що влаштовані без виймання ґрунту, програму моделювання наведено в табл. 5.

Характеристики піщаного ґрунту: пісок дрібний,  $\gamma = 18,7$  кН/м<sup>3</sup>,  
 $c = 2$  кПа,  $\varphi = 32^\circ$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $E = 28$  МПа.

## Програма моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль
1	L=6 м, d=0,3 м	3d
		6d
		9d
		12d
2	L=9 м, d=0,3 м	3d
		6d
		9d
		12d
3	L=12 м, d=0,3 м	3d
		6d
		9d
		12d

II – моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту на однорідній основі (глинистий ґрунт), що влаштовані без виймання ґрунту, програму моделювання наведено в табл. 6.

Характеристики глинистого ґрунту: суглинок,  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 23 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 21^\circ$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $E = 14 \text{ МПа}$ .

Таблиця 6

## Програма моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль
1	L=9 м, d=0,3 м	3d
		6d
		9d
		12d

III - моделювання роботи поодиноких паль довжиною 6, 9, 12 та стрічкового фундаменту мілкого закладання розмірами  $0,5 \times 11,3 \text{ м}$  у піщаному та глинистому ґрунті відповідно.

Для чисельного моделювання було прийнято наступні вихідні дані:

- палі (поперечний розмір  $d=30 \text{ см}$ , довжиною 6, 9, 12 м) з кроком 3d (13 шт), 6d (7 шт), 9d (4 шт) та 12d (4 шт) (рис. 5);
- розміри ростверку в плані  $0,5 \times 11,3 \text{ м}$  (рис. 5).

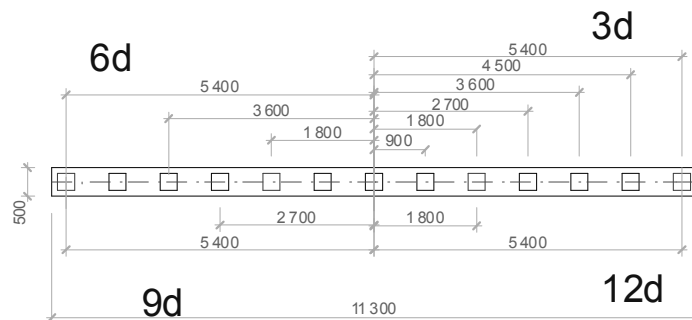


Рисунок 5 – Розміри ростверку в плані та розміщення паль при їх різному кроці при математичному моделюванні

При моделюванні роботи стрічкового пальового фундаменту були враховані наступні фази роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаментів (початкова фаза);
- влаштування стрічкового пальового фундаменту;
- робота стрічкового пальового фундаменту під дією вертикального навантаження.

На рис. 6 показано розрахункову модель однорядного стрічкового пальового фундаменту при довжині паль 12 м і кроці 3d.

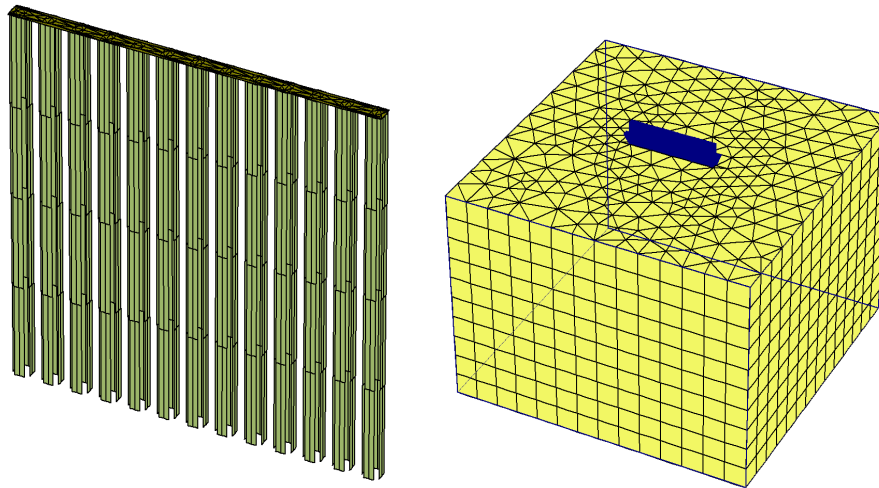


Рисунок 6 – Модель стрічкового пального фундаменту та розташування моделі під дією вертикального навантаження в масиві ґрунту в програмному середовищі PLAXIS 3D

Результати моделювання наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

Результати моделювання роботи стрічкового пального фундаменту при різному поздовжньому кроці і різній довжині палів

№	$a_i$ , м	$l_i$ , м	$F_i$ , кН/п.м	$F_{pi}$ , кН/п.м	$F_{pi}/F_i$ , %	ґрунт
1	0.9	6	825	118.9	14.4	Пісок дрібний
2	1.8	6	755	200.8	26.6	
3	2.4	6	650	222	34.2	
4	3.6	6	630	204.6	32.5	
5	0.9	9	1150	120.5	10.5	
6	1.8	9	1000	178.6	17.9	
7	2.4	9	810	216.7	26.8	
8	3.6	9	785	189.9	24.2	
9	0.9	12	1535	44.5	2.9	
10	1.8	12	1325	185.7	14.0	
11	2.4	12	1010	226.3	22.4	
12	3.6	12	960	191	19.9	
13	0.9	9	920.0	85.2	8.3	Суглинок
14	1.8	9	511.7	123	15.2	
15	2.4	9	375.6	149	22.1	
16	3.6	9	307.5	124	19.5	

Примітка:  $a_i$  – крок палів в поздовжньому напрямку, м;  
 $l_i$  – довжина палів, м;  
 $F_i$  – несуча здатність фундаменту в цілому, кН/п.м.;  
 $F_{pi}$  – несуча здатність ростверку, кН/п.м.;  
 $F_{pi}/F_i$  – частка несучої здатності ростверку, %.

На рисунку 7 наведено мозаїки деформацій система «палів – ростверк – основа» при різному кроці палів довжиною 9 м. З рисунку 7 видно, чим більша відстань між палями, тим краще включається в роботу ґрунт в міжпальовому просторі під подошвою ростверку і тим краще реалізує свою несучу здатність по ґрунту паля. Характер розвитку деформацій ґрунту в основі фундаменту суттєво змінюється при зміні відстані між палями, реактивний опір основи під подошвою ростверку зі збільшенням відстані між палями також збільшується.

На рис. 8 наведено залежність частки навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пального фундаменту від кроку для палів різної довжини в піску дрібному. Як видно з рисунку, із збільшенням довжини палів частка ростверку у несучій здатності стрічкового пального фундаменту зменшується, із збільшенням кроку палів – зростає.

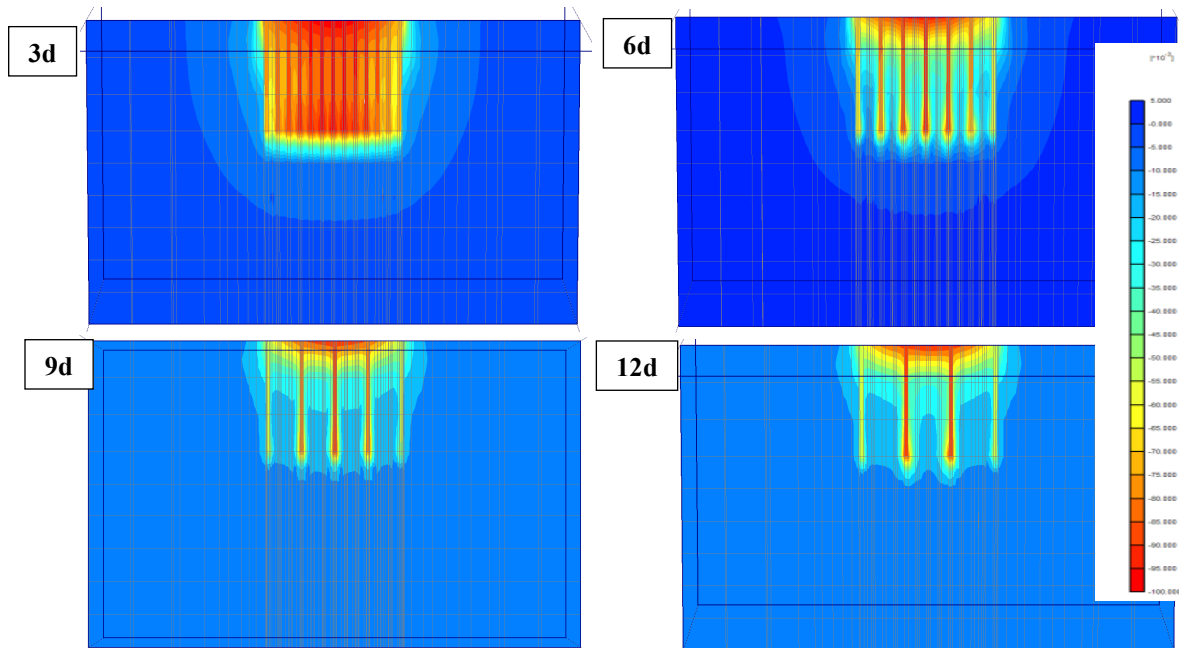


Рисунок 7 – Мозаїки деформацій системи «паль – ростверк – основа» при різному кроці паль у поздовжньому напрямку, довжина паль 9 м, ґрунт -пісок дрібний

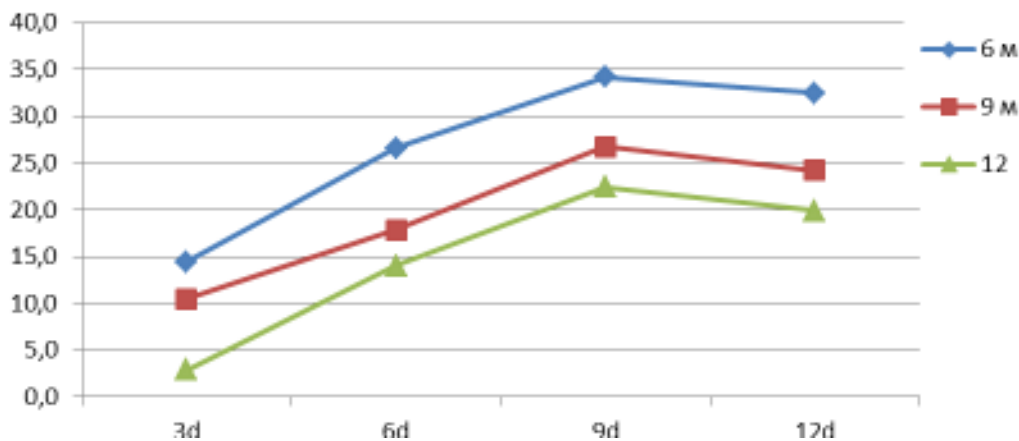


Рисунок 8 – Залежність частки, що сприймає ростверк стрічкового пального фундаменту, від кроку паль різної довжини (пісок дрібний)

На рис. 9 наведено залежність частки навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пального фундаменту від кроку для паль довжиною 9 м в різних ґрунтових умовах. Як видно з рисунку, залежності носять однаковий якісний характер, величина частки залежить від характеристик ґрунтової основи.

В таблиці 10 наведено наступні дані:

- навантаження, що сприймається стрічковим паливим фундаментом, ( $F_1$ ) за результатами моделювання в ПК Plaxis 3D Foundation;
- навантаження, що сприймається стрічковим паливим фундаментом, ( $F_2$ ) як алгебраїчна сума допустимих навантажень на палі (несуча здатність поодиноких паль визначалась при величині  $0,2 \cdot S$ : 429 кН – 6 м, 701 кН та 590 кН для піску дрібного та суглинку відповідно – 9 м, 1007 кН – 12 м), що визначена без урахування роботи ростверку;
- навантаження, що сприймається стрічковим паливим фундаментом, ( $F_3$ ), що визначене як алгебраїчна сума допустимого навантаження на поодинокі палі та стрічковий фундамент мілко закладання, що визначене моделюванням в Plaxis 3D. При визначенні  $F_3$  несуча здатність поодиноких паль визначалась при величині  $0,2 \cdot S$ .

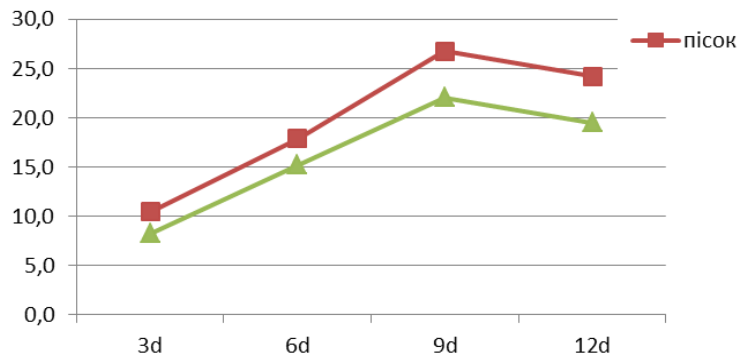


Рисунок 9 – Залежність частки, що сприймає ростверк стрічкового пальового фундаменту, від кроку паль довжиною 9 м в різних ґрунтах

Таблиця 10

**Порівняння несучої здатності пальового фундаменту в цілому із сумою несучої здатності його окремих складових, що працюють незалежно**

№ п/п	Довжина палі, м	Крок паль	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> /F <sub>1</sub>	Ґрунт
1	6	3d	825	530.3	0.6	493.5	0.6	Пісок дрібний
2	6	6d	755	302.5	0.4	265.8	0.4	
3	6	9d	650	226.5	0.3	189.8	0.3	
4	6	12d	630	188.6	0.3	151.9	0.2	
5	9	3d	1150	843.2	0.7	806.5	0.7	
6	9	6d	1000	471.0	0.5	434.2	0.4	
7	9	9d	810	346.9	0.4	310.2	0.4	
8	9	12d	785	284.9	0.4	248.1	0.3	
9	12	3d	1535	1195.2	0.8	1158.5	0.8	
10	12	6d	1325	660.5	0.5	623.8	0.5	
11	12	9d	1010	482.3	0.5	445.6	0.4	
12	12	12d	960	393.2	0.4	356.5	0.4	
13	9	3d	1030	714.1	0.7	678.8	0.7	Суглинок
14	9	6d	810	400.8	0.5	365.5	0.5	
15	9	9d	675	296.4	0.4	261.1	0.4	
16	9	12d	635	244.2	0.4	208.8	0.3	

**Висновки**

1. Несуча здатність однорядного стрічкового пальового фундаменту з низьким ростверком перевищує суму несучих здатностей одиночних паль.
2. Несуча здатність низького ростверку в системі пальового фундаменту:
  - збільшується, при збільшенні кроку між палями;
  - зменшується, при збільшенні довжини паль в системі пальового фундаменту;
  - характер залежності частки навантаження низького ростверку при роботі фундаменту в піщаному та глинистому середовищах, в залежності від довжини та кроку паль, змінюється не суттєво.
3. Робота палі в групі з низьким ростверком суттєво відрізняється від роботи одиночної палі. Як правило, несуча здатність палі у складі фундаменту реалізується не повністю. По мірі зростання навантаження осереднене навантаження на палю у складі фундаменту зростає.
4. Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пальового фундаменту залежить від відносної довжини і кроку паль. Реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту підвищується із збільшенням кроку паль та із збільшенням їх відносної довжини.
5. Характер залежності частки навантаження низького ростверку при роботі фундаменту в піщаному та глинистому середовищах, в залежності від довжини та кроку паль, змінюється



несуттєво. Врахування частки навантаження, що сприймається низьким ростверком (від 3 % до 45 %, в залежності від довжини та кроку паль, у складі фундаменту), значно підвищує несучу здатність пального фундаменту в цілому, що дозволяє економити матеріальні та трудові ресурси під час проведення будівельних робіт.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 та №2. - [Чинний від 2012-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).
2. Врахування роботи ростверку у складі стрічкових палових та підсилених палями фундаментів : монографія / І. В. Маєвська, Н. В. Блащук. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 168 с.
3. Бартоломей А. А. Прогноз осадок свайних фундаментов / А. А. Бартоломей, И. М. Омельчак, Б. С. Юшков – М., Стройиздат, 1994. – 377 с. – Библиогр.: с. 374.
4. Цимбал С.Й., Карцева С.Л. Методика розрахунку палових фундаментів з урахуванням роботи ростверку // Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 28, с. 121-130.
5. Сернов В. А. Совместная работа свай с ростверками в песчаных и глинистых грунтах: дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: 05.23.02 / Сернов Вячеслав Александрович. – Минск, 2010. – 181 с.
6. Маєвська І. В. Різниця в роботі пального фундаменту і підсиленого палями стрічкового фундаменту мілкового закладання за результатами фізичного моделювання / І. В. Маєвська, Н. В. Блащук, С. А. Цимбал // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві, н/т збірник ВНТУ, Вінниця. – 2016. – №1(20). – С.31-39.
7. Маєвська І.В. Вплив виду ґрунту на сумісну роботу паль і ростверка в кушовому пальному фундаменті / І.В. Маєвська, Н.В. Блащук, К.А. Чобанова // „Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві”, н/т збірник ВНТУ, Вінниця, 2013, №2, с.40-47.
8. Блащук Н. В. Перерозподіл зусиль між елементами стовпчастого пального фундаменту / Н. В. Блащук, І. В. Маєвська, М. М. Попович // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві, н/т збірник ВНТУ, Вінниця. – 2018. – №1(24). – С.36-44.

## REFERENCES

1. Osnovy ta fundamenti sporud: DBN V.2.1-10-2009 zi zminoyu №1 ta №2. – [Chynnyy vid 2012-07-01]. – K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009. – 161 s. – (Natsional’ni standarty Ukrayiny).
2. Urakhuvannya roboty rostverku u skladi strichkovykh pal’ovykh ta pidsylenykh palyamy fundamentiv : monohrafiya / I. V. Mayevs’ka, N. V. Blashchuk. – Vinnytsya : VNTU, 2013. – 168 s.
3. Bartolomey A. A. Prohnoz osadok svaynykh fundamentov / A. A. Bartolomey, Y. M. Omel’chak, B. S. Yushkov – M., Stroyizdat, 1994. – 377 s. – Byblyogr.: s. 374.
4. Tsymbal S.Y., Kartseva S.L. Metodyka rozrakhunku pal’ovykh fundamentiv z urakhuvannyam roboty rostverku // Osnovy i fundamenti. – K.: KNUBA, 2004. – Vyp. 28, s. 121-130.
5. Sernov V. A. Sovmestnaya rabota svay s rostverkamy v peschanykh y hlynistykh hruntakh: dys. na soyskanye nauchnoy stepeny kand. tekhn. nauk: 05.23.02 / Sernov Vyacheslav Aleksandrovych. – Mynsk, 2010. – 181 s.
6. Mayevs’ka I. V. Riznytsya v roboti pal’ovoho fundamentu i pidsylenoho palyamy strichkovoho fundamentu milkooho zakladannya za rezul’tatamy fizychnoho modelyuvannya / I. V. Mayevs’ka, N. V. Blashchuk, S. A. Tsymbal // Suchasni tekhnolohiyi, materialy ta konstruktsiyi v budivnytstvi, n/t zbirnyk VNTU, Vinnytsya. – 2016. – №1(20). – S.31-39.
7. Mayevs’ka I.V. Vplyv vydu ґruntu na sumisnu robotu pal’ i rostverka v kushchovomu pal’ovomu fundamenti / I.V. Mayevs’ka, N.V. Blashchuk, K.A. Chobanova // „Suchasni tekhnolohiyi, materialy ta konstruktsiyi v budivnytstvi”, n/t zbirnyk VNTU, Vinnytsya, 2013, №2, s.40-47.
8. Blashchuk N. V. Pereropodobil zusyly’ mizh elementamy stovpchastoho pal’ovoho fundamentu / N. V. Blashchuk, I. V. Mayevs’ka, M. M. Popovych // Suchasni tekhnolohiyi, materialy ta konstruktsiyi v budivnytstvi, n/t zbirnyk VNTU, Vinnytsya. – 2018. – №1(24). – S.36-44.

**Блащук Наталя Вікторівна** – к. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: vernatav@ukr.net. ORCID: 0000-0001-9764-0271.

**Маєвська Ірина Вікторівна** – к. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5999-6824.

**N. Blashchuk  
I. Maevska**

## REDISTRIBUTION OF EFFORTS BETWEEN ELEMENTS SINGLE ROLLER PILE FOUNDATION

Vinnytsia National Technical University

*The analysis of the work of piles and rafters in the structure of the one-row ribbon pile foundation is carried out. Physical (on small-scale models) and mathematical modeling of pile foundations with different geometric parameters and in different soils are performed. The factors that influence the redistribution of load between foundation pile and low rafters and its overall bearing capacity are established.*

*It is established that the redistribution of the load between the pile foundation and roaster is dependent on the length and pitch of the pile. The characteristic dependences of the change in the proportion of the bearing capacity of the low rafters and piles in the composition of the one-row pile foundation are determined.*

*With an increase in the length of the piles, the load fraction that perceives the grill is decreasing, and vice versa, the load on the low rafters increases with increasing the distance between the piles. The range of the load fraction, which is perceived by the roaster (3-45%), does not differ significantly from the same range for the two-row foundation and columnar foundations determined by previous studies. The nature of the dependence of the load fraction of the low rafters on the operation of the foundation in sandy and clay environments does not change significantly from length and step of piles.*

*The bearing capacity of the piles in the foundation is not fully realized. As the load on the foundation increases, the averaged load on the pile in the foundation grows. The degree of implementation of the bearing capacity of the piles in the pile foundation depends on the relative length and pitch of the pile. Implementation of the bearing capacity of piles in the foundation increases with increasing pile steps and increasing their relative length. Despite the incomplete implementation of the bearing capacity of the piles, the total bearing capacity of the foundation exceeds the sum of the bearing capabilities of single piles and rafters.*

*The use of obtained dependencies in calculations will allow to provide saving of materials of piles up to 30% during designing.*

*Keywords: pile foundation, soil foundation, piles, rafters, load redistribution, rafters part.*

**Blaschuk Natalya Victorivna** – Ph.D., assistant professor of building, urban planning and architecture Vinnytsia National Technical University.

**Maievska Irina Victorivna** – Ph.D., assistant professor of building, urban planning and architecture Vinnytsia National Technical University.

**Н. В. Блащук  
И. В. Маевская**

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ ОДНОРЯДНОГО ЛЕНТОЧНОГО СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА

Винницкий национальный технический университет

*Выполнен анализ работы свай и ростверка в составе однорядного ленточного свайного фундамента. Выполнено физическое (на маломасштабных моделях) и математическое моделирование свайных фундаментов с разными геометрическими параметрами и в разных грунтах. Установлены факторы, которые влияют на распределение нагрузки между сваями фундамента и низким ростверком и его общую несущую способность.*

*Установлено, что распределение нагрузки между сваями фундамента и ростверком зависит от длины и шага свай. Установлены характерные зависимости изменения доли несущей способности низкого ростверка и свай в составе ленточного однорядного свайного фундамента.*

*При увеличении длины свай часть нагрузки, которую воспринимает ростверк, уменьшается, и наоборот, нагрузка на низкий ростверк увеличивается при увеличении расстояния между сваями. Диапазон доли нагрузки, которая воспринимается ростверком (3-45 %), несущественно отличается от аналогичного диапазона для двухрядных ленточных и столбчатых фундаментов, определенного предыдущими исследованиями. Характер зависимости доли нагрузки низкого ростверка при работе фундамента в песчаной и глинистой среде от длины и шага свай изменяется несущественно.*

*Несущая способность сваи в составе фундамента реализуется не полностью. По мере возрастания нагрузки на фундамент осредненная нагрузка на сваю в составе фундамента возрастает. Степень реализации несущей способности сваи в составе свайного фундамента зависит от относительной длины и шага свай. Реализация несущей способности свай в составе фундамента повышается с увеличением шага свай и с увеличением их относительной длины. Несмотря на неполную реализацию несущей способности свай, общая несущая способность фундамента превышает сумму несущих способностей одиночных свай и ростверка.*

*Использование полученных зависимостей при расчетах позволит обеспечить при проектировании экономию материалов свай на величину до 30 %.*

*Ключевые слова: ленточный свайный фундамент, грунтовое основание, сваи, ростверк, распределение нагрузки, доля ростверка.*

**Блащук Наталья Викторовна** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

**Маевская Ирина Викторовна** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.