

# ПЕРЕВАГИ КОМПЛЕКСНОГО СТОВПЧАСТОГО ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ У ПОРІВНЯННІ З КЛАСИЧНИМИ ВАРІАНТАМИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Виконаний розрахунок просторової моделі стовпчастих фундаментів у програмному комплексі ЛІРА-САПР. Визначалась залежність зменшення кількості та довжини паль від розмірів ростверку та ґрунтових середовищ у порівнянні з класичними варіантами реалізації. Кількість або довжину паль можливо зменшити за рахунок кроку паль та розмірів ростверку без втрат несучої спроможності та виконання умов осідання споруд. Досягається збільшення несучої здатності палі за рахунок ростверку.

Виконаний порівняльний аналіз характеристик комплексних фундаментів з їх окремими елементами. При осіданні у 8 мм визначені переваги та недоліки покращених стовпчастих пальових фундаментів.

**Ключові слова:** стовпчастий пальовий фундамент, ростверк, забивна паля, перерозподіл навантажень, тиск підшви, несуча спроможність, осідання.

## Abstract

The spatial model of columnar foundations was calculated in the LIRA-SAPR software package. The dependence of reducing the number and length of piles on the size of the grillage and soil media was determined in comparison with classical embodiments. The number or length of piles can be reduced due to the pile spacing and grillage dimensions without loss of bearing capacity and fulfillment of the settlement conditions of structures. An increase in the bearing capacity of the pile is achieved due to the grillage.

A comparative analysis of the characteristics of complex foundations with their individual elements was performed. At a settlement of 8 mm, the advantages and disadvantages of improved columnar pile foundations are determined.

**Keywords:** columnar pile foundation, grillage, driven pile, load redistribution, sole pressure, bearing capacity, settlement.

## Вступ

У роботі стовпчастих пальових фундаментів з низьким ростверком при навантаженні працюють не лише палі, що вказано у чинних нормах [1]. У роботу також включається ростверк, що передає тиск своєю підшовою.

При кафедрі БМГА ВНТУ проводяться дослідження фундаментів та перерозподілу зусиль їх елементів [2 – 7]. Одним з них є дослідження зменшення кількості або довжини паль за рахунок роботи ростверку.

Програмний комплекс ЛІРА-САПР є найбільш поширеним на ринку для розрахунку різноманітних задач, де виконуватиметься просторовий розрахунок математичної моделі дослідження, що базується на методі скінченних елементів КЕ-51 та КЕ-57.

Доцільне розміщення паль та правильно підібраний розмір ростверку дає змогу підвищити ефективність та надійність стовпчастих пальових фундаментів та дати економічний ефект, тому ця тема дослідження є актуальною та набуває практичного значення.

## Програма чисельного моделювання роботи

Модель експерименту виконується на двох видах ґрунту: піщаний та глинистий.

Характеристики піщаного ґрунту: пісок дрібний,  $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$ ,  $e = 0,67$ ,  $c = 2 \text{ кПа}$ ,  $\phi = 32^\circ$ ,  $E = 28 \text{ МПа}$ ;

Характеристики глинистого ґрунту: суглинок,  $\gamma = 18,5 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 23 \text{ кПа}$ ,  $\phi = 21^\circ$ ,  $\nu = 0,30$ ,  $E = 14 \text{ МПа}$ .

Варіанти розрахункових моделей стовпчастих пальових фундаментів з кроком паль 3d, 5d, 7d зазначені у табл. 1, товщина ростверків становить 700 мм.

Таблиця 1 – Варіанти просторових розрахункових моделей з кроком паль 3d, 5d, 7d

Варіант фунда-менту	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль	Розмір ростверку
1.1	L = 3 м , В×Н = 0,3×0,3м	3d, 4 шт	1,4×1,4 м
2.1		5d, 4 шт	1,8×1,8 м
3.1		7d, 4 шт	3,2×3,2 м
1.2	L = 10 м , В×Н = 0,3×0,3м	3d, 4 шт	1,4×1,4 м
2.2		5d, 4 шт	1,8×1,8 м
2.3		7d, 4 шт	3,2×3,2 м

Також, виконані одиночні елементи фундаментів у відповідності до поданих у табл. 1 для розрахунку осідань від зусиль прикладених на них для порівняння несучих спроможності паль та тиску під подошвою ростверку.

### Результати чисельного моделювання

У результаті обчислень програмним комплексом ЛІРА-САПР, встановлено, що навантаження палі комплексного фундаменту з низьким ростверком переважає навантаження на одну палю, що дозволяє більш ефективно розподіляти навантаження.

1. При збільшенні кроку паль збільшується тиск під подошвою ростверку з 36,6% до 79,4%.
2. Навантаження на палю складають 80% від її несучої здатності.
3. Тиск під подошвою ростверку збільшується від виду ґрунту, оскільки розподілене навантаження залежить від несучої здатності палі.

### Порівняльний аналіз одиничних елементів з комплексними фундаментами

У порівнянні з одиничними палями, палі комплексного фундаменту довжиною 10 м несуть навантаження від 25% до 60% більше. При осіданні у 8 мм збільшився тиск під подошвою ростверку в 2-8 рази, що збільшує коефіцієнт використання ростверку. Порівняння тисків під подошвою ростверків з окремим ростверком та навантаження палі комплексних фундаментів з одиничною палею зображені на рис.1-2.

N, кН

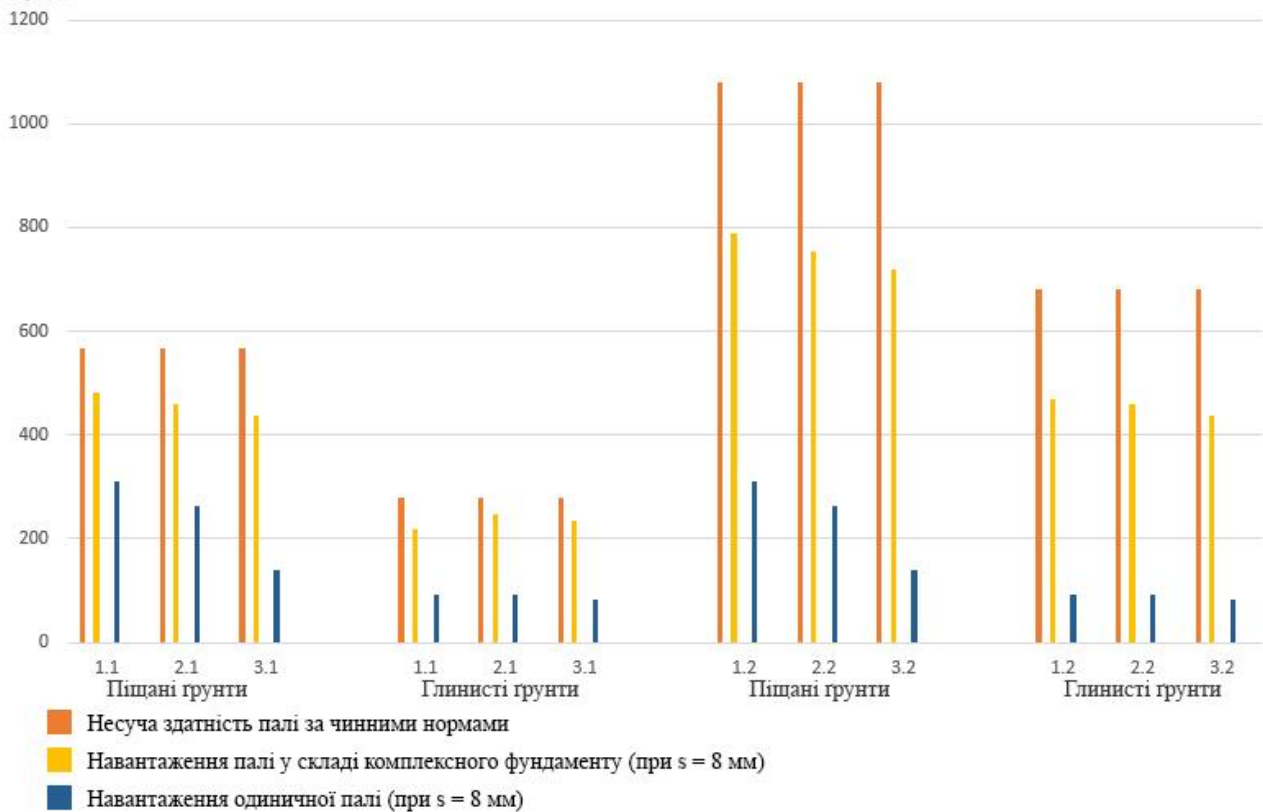


Рисунок 1 – Порівняння навантажень паль у складі комплексного фундаменту з одиничною палею

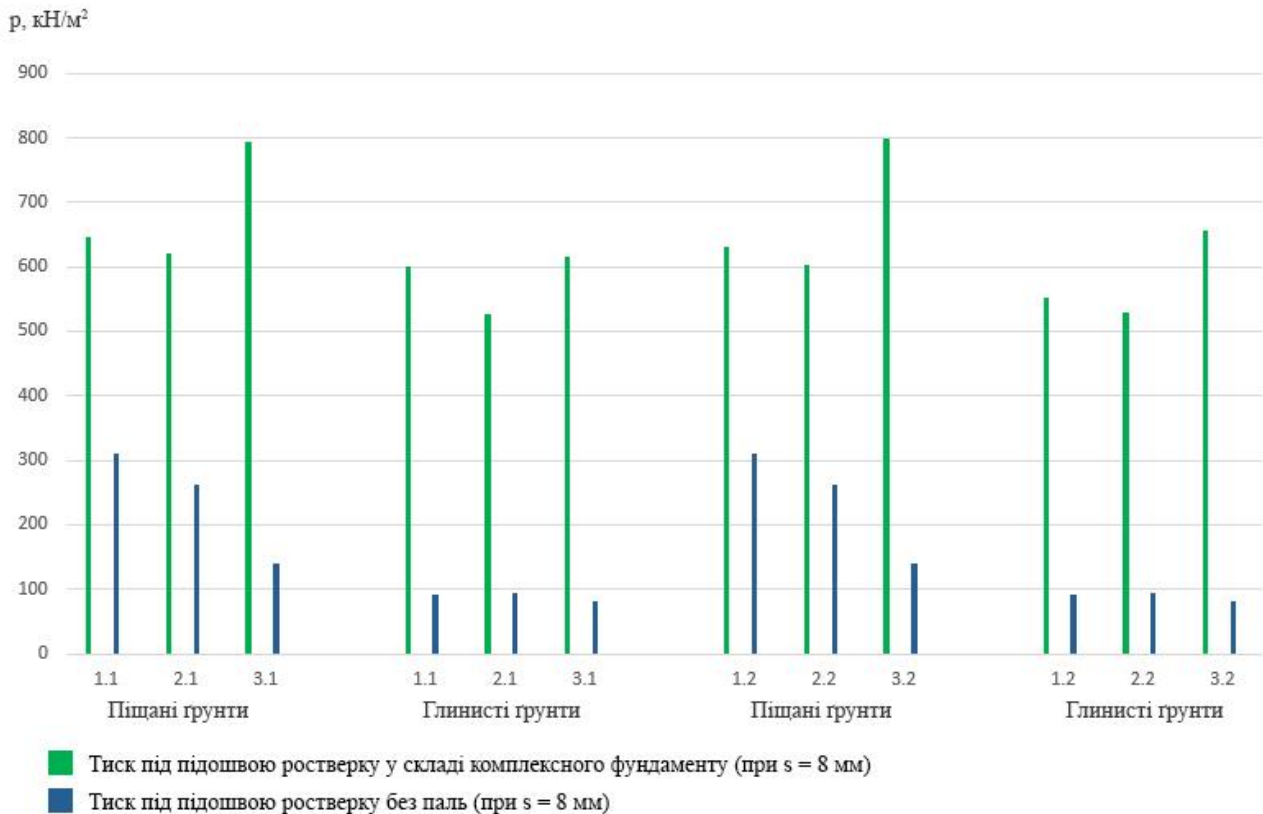


Рисунок 2 – Порівняння тиску під підшовою ростверків комплексних фундаментів з ростверком без паль

### Висновки

З ростом кроку паль у роботу фундаменту зростає використання ростверку у перерозподілі зусиль, що призводить до більш ефективного використання ростверку за рахунок зменшення кількості паль.

Комплексний фундамент збільшує можливе навантаження при тих самих осіданнях, що й в одиничних палях майже у 1,5 рази.

Зменшенням кількості паль, їх довжини і збільшенням їх кроку можна досягти більш раціонального варіанту стовпчастого фундаменту, у порівнянні з класичними сучасними конструктивними рішеннями.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною №1 та №2. [Чинний від 2012-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с. (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення).
2. Блащук Н.В. Маєвська І.В., Попович М.М. Перерозподіл зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту. Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві, н/т збірник ВНТУ, Вінниця : 2018. №1(24). С.36-44.
3. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Кремінська Ю. О. Особливості роботи пальових кушів з коротких паль за даними числового моделювання. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Київ, КНУБА, 2021. Вип.43. С. 30-39.
4. Маєвська І. В. Попович М.М., Кремінська Ю. О. Різниця в роботі коротких і довгих паль у складі стовпчастого пальового фундаменту за результатами фізичного моделювання. „Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві”, н/т збірник ВНТУ, Вінниця. 2022. №2(33). С. 108-118.
5. Кримняк Я. М., Маєвська І. В. Реалізація несучої здатності забивних паль і ростверку у стовпчастому пальовому фундаменті. Збірник матеріалів науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві - 2020», м. Вінниця, ВНТУ, 2020 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10890>

6. Колібаба В.В., Маєвська І.В. Робота бурових палів і ростверку у складі стовпчастого пального фундаменту // Тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», Вінниця, ВНТУ, 2021 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/11114>.

7. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота палів і ростверку у складі стовпчастих паливих фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2023. 182 с.

**Козуб Андрій Русланович** — магістр, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kozub.vntu@gmail.com](mailto:kozub.vntu@gmail.com).

**Шмундяк Олександр Юрійович** - аспірант, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [shmund@ukr.net](mailto:shmund@ukr.net).

**Маєвська Ірина Вікторівна** — доцент кафедри "Будівництва, міського господарства та архітектури". Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [irina.mayevskaja@gmail.com](mailto:irina.mayevskaja@gmail.com).

**Kozub Andrii Ruslanovich** - Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kozub.vntu@gmail.com](mailto:kozub.vntu@gmail.com).

**Shmundyak Oleksandr YU** — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [shmund@ukr.net](mailto:shmund@ukr.net)

**Maievskaya Irina Victorivna** – associate professor of the Department of "Building, Urban and Architecture". Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [irina.mayevskaja@gmail.com](mailto:irina.mayevskaja@gmail.com)