

# СУМІСНА РОБОТА ПАЛЬ І РОСТВЕРКУ У СТРІЧКОВОМУ ПАЛЬОВОМУ ФУНДАМЕНТІ. ЧАСТИНА 2. СТУПІНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПАЛІ ПО ГРУНТУ В СКЛАДІ СТРІЧКОВОГО ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Розроблена програма фізичного та математичного чисельного моделювання досліджень сумісної роботи низького ростверку та палі в складі стрічкового пальового фундаменту. Виконані спеціальні тензометричні датчики напружень для заміру деформацій в палях. Проведено ряд досліджень на маломасштабних моделях. Проведено чисельне математичне моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту.*

**Ключові слова:** стрічковий пальовий фундамент, ростверк, фізичне моделювання, модель, датчики напружень, ґрунтова основа, лоток, навантаження, деформації, датчики, паля.

## Abstract

*The program of physical and mathematical numerical simulation of research of joint work of low rafting and piles in the composition of the tape pile foundation has been developed. The special strain gauge sensors for strain measurement in piles are executed. A number of studies have been conducted on small-scale models. Numerical mathematical modeling of the work of the tape pile foundation was carried out.*

**Keywords:** ribbed pile foundation, griller, physical modeling, model, stress sensors, ground base, tray, load, deformation, sensors, pile.

**Актуальність проблеми.** Діючі на території України нормативні документи, рекомендують враховувати допустиме навантаження на стрічковий пальовий фундамент, як групу несучих здатностей одиночних палей, враховуючи роботу ростверку за рахунок реакції ґрунтової основи під його підшвою, але не враховуючи факторів, що впливають на реалізацію несучої здатності палі у складі стрічкового пальового фундаменту [1]. Тому запропоновано розробити фізичну модель та провести ряд експериментальних досліджень для встановлення закономірностей роботи палі у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Мета роботи** – оцінка роботи палі під навантаженням у складі стрічкового пальового фундаменту.

### Задачі дослідження наступні:

- виконати огляд експериментальних досліджень роботи пальових фундаментів під навантаженням та ступінь реалізації несучої здатності палі у їх складі;
- виконати аналіз методів розрахунку стрічкових пальових фундаментів з низьким ростверком;
- розробити програму випробувань на маломасштабних моделях та маломасштабну модель стрічкового пальового фундаменту;
- за результатами моделювання на маломасштабних моделях виявити якісну картину і особливості роботи палі у складі стрічкового пальового фундаменту;
- шляхом чисельного моделювання методом скінченних елементів виявити вплив фізико-механічних характеристик основи та роль геометричних параметрів стрічкових пальових фундаментів на ступінь реалізації несучої здатності палі по ґрунту у складі стрічкового пальового фундаменту;
- розробити практичні рекомендації щодо врахування ступеня реалізації несучої здатності палі по ґрунту у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Об'єкт дослідження** – робота висячої палі у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Предмет дослідження** – ступінь реалізації несучої здатності палі по ґрунту у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Узагальнений науковий результат** – визначення ступеня реалізації несучої здатності палі по ґрунту у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Узагальнений практичний результат** – визначення економічного ефекту від проектування стрічкового пальового фундаменту з урахуванням ступеня реалізації несучої здатності паль по ґрунту у його складі.

**Наукова новизна** полягає у вдосконаленні методики передачі навантаження на фундамент за рахунок урахування роботи ростверку у складі стрічкового пальового фундаменту.

**Практична цінність** наступна. Запропонована методика дозволяє більш точно визначати несучу здатність стрічкового пальового фундаменту, що дозволяє в цілому зменшити матеріалоемність фундаменту.

**Апробація результатів роботи.** Результати магістерської роботи апробовано на 2 науково-технічних конференціях.

**Публікації.** Результати магістерської роботи представлені в тезах науково-технічного збірника.

### **Програма та методика модельних експериментальних досліджень сумісної роботи стрічкового ростверку і паль в складі пальового фундаменту**

Щодо питання перерозподілу навантаження у системі «паль – ростверк – основа» для стрічкових пальових фундаментів, присвячено чимало наукових робіт.

Виходячи із аналізу літературних джерел, складено програму модельних досліджень (фізичного та чисельного) задля виявлення якісної оцінки та встановлення закономірностей сумісної роботи низького ростверку та паль в складі стрічкового пальового фундаменту в залежності від кроку та довжини паль, проведено фізичне моделювання на маломасштабних моделях у лабораторних умовах.

Фізичне моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту із забивними палями різної довжини заплановано провести у лотку розмірами 1800x1200x1000 мм. В якості ґрунтової основи використано – пісок середньої щільності.

Контроль щільності ґрунтової основи заплановано вести ваговим методом за допомогою способу «ріжучого кільця».

Згідно аналізу параметрів лотка для відображення непорушної картини напруженого стану в піщаній основі довкола моделі стрічкового пальового фундаменту, при цьому враховуючи розміри опорної рами для здійснення передачі навантаження, прийнято масштаб моделювання 1:15. Заплановано використати, в якості моделі ростверка – жорстку металеву плиту з отворами через  $3d=60$  мм. В якості паль, моделі з дерева із перерізом 20x20мм при довжині 200, 300 та 400 мм.

Для передачі навантаження на модель стрічкового фундаменту заплановано використати два автомобільні домкрати марки «Intertool».

Даний експеримент передбачає замір деформацій та навантажень на фундамент в цілому та тих, що припадають на кожну із паль в складі моделі стрічкового пальового фундаменту на кожному із етапів дослідження. На модель стрічкового пальового фундаменту буде прикладатися навантаження, величина якого контролюється за допомогою двох динамометрів. За допомогою прогиномірів, планується визначати осідання стрічкового пальового фундаменту, а також для заміру навантаження, що припадає на кожну із палей, застосовуються спеціально виготовлені наголовники (датчики напружень).

Зверху встановлюється жорстка металева балка для можливості передачі навантаження на модель стрічкового пальового фундаменту.

Задля порівняння та оцінки роботи окремої палі в складі стрічкового пальового фундаменту було зроблено фізичне моделювання поодиноких паль довжиною 200, 300 та 400 мм. При цьому паль в піщаному масиві влаштовувалась на відстані не менше  $12d$  від стінок лотка. Також необхідно відмітити, що при випробуванні окремо стоячої палі не були задіяні датчики напружень. В свою чергу навантаження передавалось на палю через важільну систему, що закріплювалась до стінок лотка. Співвідношення плечей важеля для занурених паль в залежності від розміщення їх в лотку знаходилось в межах від 5,2 до 5,3.

За результатами проведення дослідів отримано графіки залежності осідання від навантаження при різному кроці паль ( $3d$  та  $6d$ ), що дає змогу чітко проаналізувати аналітичні залежності, які необхідні для визначення допустимого навантаження, що сприймає паль в складі стрічкового пальового фундаменту, при зміні кроку та довжини паль.

Виконано аналіз залежності осідання – навантаження для поодиноких паль та усередненого значення для палі в системі стрічкового пальового фундаменту, при змінному кроці та довжині паль.

В результаті фізичного моделювання ступеня реалізації несучої здатності палі в складі стрічкового пальового фундаменту з'ясувалось, що при збільшенні довжини палі та зменшенні кроку частка, яку складає несуча здатність паль – збільшується.

Виконано чисельне математичне моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту, та досліджено НДС ґрунтової основи, за допомогою ПК «Plaxis 3D».

Програма вивчення ступеня реалізації несучої здатності паль по ґрунту в складі стрічкового пальового фундаменту передбачала наступні етапи:

- створення розрахункової схеми стрічкового пальового фундаменту;
- для порівняльної оцінки передбачено виконати моделювання роботи поодиноких паль під навантаженням;
- дослідження залежності ступеня реалізації несучої здатності паль по ґрунту в складі стрічкового пальового фундаменту від довжини паль, їх виду, кроку в поздовжньому напрямку, відстані між рядами паль;
- побудова графіків залежності «осідання-навантаження» та порівняння отриманих результатів з теоретичними розрахунками.

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.

Програма чисельного математичного моделювання, включала серії експериментальних досліджень поведінки фундаментних моделей під навантаженням в піщаному ґрунтовому середовищі, при різному кроці паль (3d, 6d, 9d та 12d ) та їх довжині (3 м, 6 м, 9 м, 12 м).

За результатами отриманих мозаїк помітно, що несуча здатність палі в складі стрічкового пальового фундаменту більша за несучу здатність поодинокі палі, це пояснюється накладанням напружено-деформованих зон від сусідніх паль і ростверку, що покращує міцнісні характеристики ґрунтової основи. Чим більша відстань між палями, тим більша несуча здатність окремої палі у складі стрічкового пальового фундаменту.

#### **Висновки**

Проведенні дослідження фізичного моделювання роботи висячої палі в складі стрічкового пальового фундаменту дозволили зробити такі висновки: частка, яку сприймають палі у складі стрічкового пальового фундаменту складає: 62,5% для палі довжиною 20 см, 51,5% для палі довжиною 30 см, 64,4% для палі довжиною 40 см при крокові 3d та 33,7% для палі довжиною 20 см, 25,2% для палі довжиною 30 см, 27,6% для палі довжиною 40 см, при крокові 6d;

Шляхом проведення чисельного математичного моделювання в ґрунтовому масиві для піщаних ґрунтів методом скінченних елементів виконано комплексний аналіз НДС системи «паля – ростверк – основа»: з'ясувалось, що при кроці 6d та більше палі у складі стрічкового пальового фундаменту несуть більше ніж одиночна паля тобто їх несуча здатність реалізується повністю, проте при кроці паль 3d несуча здатність палі реалізується не повністю.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. Зі змінами 1 та 2 – [Чинні від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011 – 161 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Маєвська І. В. Урахування роботи ростверку у складі стрічкових пальових та підсилених палями фундаментів : монографія / І. В. Маєвська, Н. В. Блащук. – Вінниця : ВНТУ, 2013. -168 с.
3. Маєвська І. В. Результати модельних досліджень стрічкових фундаментів мілкого закладання, що підсилюються палами / І. В. Маєвська, Н. В. Блащук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: УНІВЕРСМ- Вінниця. – 2009. – №2(7). – С.64–69.

*Дерманський Вадим Анатолійович* – магістрант, група Б-16мі, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця: [dermanski94@gmail.com](mailto:dermanski94@gmail.com).

Науковий керівник: *Блащук Наталя Вікторівна* – канд. техн. наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

*Vadim A. Dermansky* – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia: [dermanski94@gmail.com](mailto:dermanski94@gmail.com).

Supervisor: *Natalya V. Blashchuk* – Ph. D. (Eng.), Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

