

# СУМІСНА РОБОТА ПАЛЬ І РОСТВЕРКУ У СТРІЧКОВОМУ ПАЛЬОВОМУ ФУНДАМЕНТІ. ЧАСТИНА 1. ВПЛИВ НИЗЬКОГО РОСТВЕРКУ НА РОБОТУ СТРІЧКОВОГО ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Представлені програма та методики модельних експериментальних досліджень сумісної роботи стрічкового ростверку і паль в складі пальового фундаменту. Виготовлено пристрої для вимірювання зусиль в палях. Проведено ряд модельних досліджень. Виконано чисельне математичне моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту.*

**Ключові слова:** стрічковий фундамент, ростверк, паля, модель, ґрунтова основа, лоток, навантаження, деформації, напруження.

## Abstract

*The given program and techniques of model experimental investigations of the tape grillage and piles common work, which act as a part of a pile foundation. The devices for metering the pile forces have been suggested. A number of model studies have been conducted. A numerical mathematical modeling of the tape pile foundation is performed.*

**Keywords:** tape foundation, grillage, pile, model, soil base, tray, load, deformation, tension.

**Актуальність проблеми.** Попри те, що в будівництві будівель і споруд стрічкові пальові фундаменти застосовують дуже давно і в різному ґрунтовому середовищі, залишається ще доволі багато невирішених питань. В діючих нормах досі немає методики визначення несучої здатності низьких ростверків в складі стрічкового пальового фундаменту [1]. Хоча відомо, що при цьому несуча здатність палі зменшується, а ростверк, в свою чергу, сприймає частину навантажень [2]. Тому пропонується розробити фізичну модель та провести модельні експериментальні дослідження сумісної роботи стрічкового фундаменту у взаємодії з палями.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана згідно до теми:

- № 60К1 «Визначення напружено-деформованого стану будівельних конструкцій. Удосконалення методів розрахунку основ та фундаментів».

**Мета і задачі дослідження.** Метою досліджень є вирішення питання сприйняття та перерозподілу навантажень на фундамент між низьким ростверком та палями.

### Задачі дослідження:

- провести огляд раніше проведених експериментальних досліджень сумісної роботи паль і ростверку у стрічковому пальовому фундаменті;
- проаналізувати методи розрахунку стрічкових пальових фундаментів з низьким ростверком;
- проаналізувати характер сумісної роботи стрічкового ростверку і паль, що змодельовано на маломасштабних моделях;
- прояснити як впливають фізико-механічні властивості основи, та яку роль відіграють геометричні параметри стрічкових пальових фундаментів при визначенні частки несучої здатності низького ростверку у складі системи стрічкового пальового фундаменту, що змодельовані за допомогою методу скінчених елементів;
- виконати чисельне математичне моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту та дослідити напружено-деформований (НДС) стан ґрунтової основи, за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ).

**Об'єкт дослідження** – стрічковий пальовий фундамент.

**Предмет дослідження** – частка навантаження, що сприймає стрічковий ростверк, при сумісній роботі з палями.

*Методи дослідження* – моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту на маломасштабних моделях, що знаходяться під дією зовнішнього статичного навантаження; стандартні методи, що дозволяють визначити властивості ґрунту в лабораторних умовах; чисельний метод скінченних елементів для моделювання напружено-деформованого стану основ у фізично-і геометрично-нелінійній постановці.

**Наукова новизна:**

- дістало подальшого розвитку визначення частки несучої здатності низького ростверку, у роботі з ґрунтом, в системі стрічкового пальового фундаменту;
- виявлено вплив типу ґрунту на частку роботи ростверку;
- досліджено характер впливу геометричних факторів на роботу стрічкового пальового фундаменту;

**Практична цінність роботи:**

- виявлено фактори, що визначають величину несучої здатності системи стрічкових пальових фундаментів;
- методика розрахунку використана для проектування дев'ятиповерхового житлового будинку, що знаходиться в кварталі №6 мікрорайону «Поділля» міста Вінниці.

**Особистий внесок здобувача** представлений у вигляді фізичних експериментальних досліджень, проведених на маломасштабних моделях, та чисельного математичного моделювання, за допомогою методу скінченних елементів, сумісної роботи стрічкового пальового фундаменту.

Результати, що представлені в даній магістерській кваліфікаційній роботі, отримані здобувачем самостійно.

**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**

Питанню розподілу навантаження в системі «паль – ростверк – основа» для стрічкових пальових фундаментів, присвячено чимало наукових робіт.

Огляд літературних джерел та аналіз результатів раніше проведених модельних експериментальних досліджень, показав, що низький ростверк в складі стрічкового пальового фундаменту здатний сприймати до 50 % усього загального зовнішнього навантаження. Відсоткове значення цієї величини залежить від ряду факторів: довжина та крок паль, механічні властивості ґрунтової основи, інтенсивність навантаження.

Враховуючи аналіз літературних джерел, розроблено програму модельних досліджень для виявлення особливостей сумісної роботи низького ростверку і паль, що змодельовано на маломасштабних моделях.

Фізичне моделювання роботи стрічкового фундаменту із забивними палями проведено у лабораторному лотку, розмірами 1800 мм × 1200 мм × 1000 мм. В якості ґрунту використано пісок середньої крупності. Масштаб моделювання прийнято 1:15. В якості моделей паль використано дерев'яні палі квадратного перерізу 20 мм × 20 мм, довжиною 200 мм, 300 мм, 400 мм. Моделлю стрічкового фундаменту прийнято жорсткі металеві ростверки.

Зовнішнє навантаження на систему фундаменту прикладено за допомогою двох автомобільних домкратів. Величина прикладання навантаження контролювалася динамометром.

Навантаження, що передається на кожну палю, визначалося за допомогою спеціальних тензометричних наголовників, а переміщення контролювалось прогиномірами.

В якості наголовників для паль використано відрізки металевої труби. Усі датчики спаяно в єдину систему і протарировано.

Програма експерименту складалася з трьох серій дослідів, при змінному кроці паль у ростверку та довжині самих паль.

В результаті проведення експерименту отримано графіки залежності осідання від навантаження, що дає змогу чітко проаналізувати аналітичні залежності, які необхідні для визначення допустимого навантаження, що сприймає ростверк, при зміні кроку та довжини паль.

Для адекватної оцінки однієї палі в системі стрічкового пальового фундаменту, виконано експеримент з фізичного моделювання поодинокі палі різної довжини. Навантаження на поодинокі палі передавалося за допомогою важільного пристосування. Співвідношення плечей важільної системи прийнято 1:5,3.

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

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

Для визначення частки несучої здатності низького ростверку в системі пальового фундаменту, створено вихідну розрахункову схему стрічкового пальового фундаменту та проведено його математичне моделювання. Також виконано чисельне математичне моделювання характеру поведінки поодиноких паль. Геометричні характеристики паль прийнято такі ж, як і в складі системи стрічкового пальового фундаменту. В результаті проведено порівняння роботи моделей фундаментів з роботою поодиноких паль.

Програма чисельного математичного моделювання, включала серії експериментальних досліджень поведінки фундаментних моделей під навантаженням в різних ґрунтових середовищах (піщане, глинисте), при різному кроці паль (3d, 6d, 9d) та їх довжині (3 м, 6 м, 9 м, 12 м).

Дослідження показали, що низький ростверк, у складі стрічкового пальового фундаменту, починає включатися в роботу поступово, паралельно з палями. Мозаїки деформацій, які отримано під час моделювання роботи фундаменту, свідчать про те, що ґрунт міжпальового середовища, краще включається в роботу зі збільшенням кроку паль.

### **Висновки**

В результаті проведеного фізичного моделювання, визначено залежність зміни несучої здатності стрічкового пальового фундаменту, та частки несучої здатності низького ростверку в складі системи фундаменту (у кількісному та відсотковому значеннях), при різному кроці та довжині паль.

Частка навантаження, що сприймається низьким ростверком, у змодельованому стрічковому пальовому фундаменті складає:

- при кроці паль 3d: 28,1 % (для паль довжиною 200 мм); 51,5 % (для паль довжиною 300 мм); 34,3 % (для паль довжиною 400 мм);
- при кроці паль 6d: 60,7 % (для паль довжиною 200 мм); 75,1 % (для паль довжиною 300 мм); 71,7 % (для паль довжиною 400 мм).

В результаті проведеного чисельного математичного моделювання, отримано залежності осідання від навантаження ґрунтової основи, при різному кроці та довжині паль у складі фундаменту.

Виявлено залежності зміни частки несучої здатності низького ростверку:

- при збільшенні довжини паль, частка навантаження, що сприймає ростверк, зменшується;
- навантаження на низький ростверк збільшується, при збільшенні кроку між палями;
- характер залежності частки навантаження низького ростверку, при роботі фундаменту в піщаному та глинистому середовищах, змінюється не суттєво.

Результати чисельного математичного моделювання підтвердили результати отримані під час проведення фізичного випробування фундаментів на маломасштабних моделях.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проєктування : 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. Результати модельних досліджень стрічкових фундаментів мілкового 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.

**Сірик Ігор Вікторович** – магістрант, група Б-16мі, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sirykigor3@gmail.com.

Науковий керівник: **Маєвська Ірина Вікторівна** — канд. техн. наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Ihor V. Siryk** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sirykigor3@gmail.com.

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