

*I.V. Маєвська, к.т.н., доцент*

*Н.В. Блащук, к.т.н., доцент*

*Т.О. Бондар, магістрант*

*Вінницький національний технічний університет*

## **ПОЛПШЕННЯ РОБОТИ ҐРУНТОВОЇ ПОДУШКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЖОРСТКОЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПЛИТИ**

*Запропоновано для зменшення глибини котловану і збільшення ефекту від ґрунтової подушки використання бетонної плити в її основі. Наведено результати фізичного та чисельного моделювання роботи стовпчастого фундаменту на ґрунтовій подушці.*

**Ключові слова:** фундамент, слабкі ґрунти, ґрунтова подушка, горизонтальне армування основи.

*I.V. Маєвская, к.т.н., доцент*

*Н.В. Блащук, к.т.н., доцент*

*Т.А. Бондарь, магистрант*

*Винницкий национальный технический университет*

## **УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ ГРУНТОВОЙ ПОДУШКИ С ПОМОЩЬЮ ЖЕСТКОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛИТЫ**

*Предложено для уменьшения глубины котлована и увеличения эффекта от ґрунтовой подушки использование бетонной плиты в ее основании. Приведены результаты физического и численного моделирования работы столбчатого фундамента на ґрунтовой подушке.*

**Ключевые слова:** фундамент, слабые ґрунты, ґрунтовая подушка, горизонтальное армирование основания.

*I.V. Mayevska, Ph.D*

*N.V. Blashchuk, Ph.D*

*T.O. Bondar, Graduate*

*Vinnytsya National Technical University*

## **IMPROVEMENT WORK OF SOIL PILLOWS THROUGH HARD HORIZONTAL PLATE**

*Proposed use in concrete slab on ground of soil pillow to reduce the depth of excavation and increase the effect of soil pillow. The results of physical and numerical modeling of pier foundation on the soil pillow.*

**Keywords:** foundation, soft soils, soil pillow, horizontal reinforcing the basics.

**Вступ.** При розміщенні будівлі на основі, що включає шари слабких ґрунтів, деформації яких можуть бути неприпустимими для надфундаментних конструкцій, у практиці проектування використовують попереднє ущільнення слабких ґрунтів або влаштування пальових фундаментів, що призводить до суттєвого збільшення вартості робіт нульового циклу [1]. Для зниження вартості запропоновано метод улаштування ґрунтової подушки з бетонною плитою в основі.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій** стосовно ґрунтових подушок, в основі яких розміщено бетонну плиту, показав, що:

– розміри бетонної плити в основі ґрунтової подушки повинні бути більшими, ніж розміри підшви фундаменту;

– визначати осідання фундаменту на ґрунтовій подушці, що підстиляється бетонною плитою, згідно із чинними нормами [2] із застосуванням теорії пружності не можна, також не придатна для цього розрахунку теорія пружності для багатошарових середовищ;

– розрахунок фундаменту на ґрунтовій подушці, що підстиляється бетонною плитою, має ґрунтуватися на даних експериментальних досліджень або даних чисельного моделювання;

– не доведено економічну доцільність використання бетонних плит в основі ґрунтових подушок порівняно зі звичайними ґрунтовими подушками.

**Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми.** Виконані експериментальні дослідження не висвітлили повною мірою особливості роботи фундаменту на ґрунтовій подушці, в основі якої влаштовано бетонну плиту, під навантаженням.

**Постановка завдання.** У зв’язку із цим необхідними є фізичні та чисельні дослідження напружено-деформованого стану (НДС) систем «фундамент – ґрунтова подушка – бетонна плита» й «фундамент – ґрунтова подушка».

**Основний матеріал і результати.** Для обґрунтування цього методу будівництва на основах, складених слабкими ґрунтами, було проведено фізичне та чисельне моделювання.

Фізичне моделювання виконувалось у лотку розмірами  $1,2 \times 1,8 \times 1,0$  м з моделями фундаментів безпосередньо на пухкому піску і на ґрунтових подушках з ущільненого піску з використанням підстиляючої плити та без неї. Прийнятий масштаб фізичного моделювання 1:15. Розміри підшви моделей фундаментів (металеві)  $10 \times 10$  см,  $15 \times 15$  см і  $20 \times 20$  см, що відповідає розмірам фундаментів  $1,5 \times 1,5$  м,  $2,25 \times 2,25$  м та  $3 \times 3$  м відповідно.

Проведено п’ять дослідів (рис. 1) з такими конструктивними рішеннями:

- 1) фундамент  $10 \times 10$  см на слабкій основі (рис. 1, а);
- 2) фундамент  $20 \times 20$  см на слабкій основі (рис. 1, б);
- 3) фундамент  $20 \times 20$  см на ґрунтовій подушці (рис. 1, в);
- 4) фундамент  $10 \times 10$  см на ґрунтовій подушці, що підстиляється плитою (рис. 1, г);
- 5) фундамент  $15 \times 15$  см на ґрунтовій подушці, яка підстиляється плитою (рис. 1, д).

Ґрунтова подушка влаштовувалась із щільного піску середньої крупності товщиною 7 см, що в масштабі моделювання відповідає 1 м. Піщана подушка попередньо влаштовувалась у спеціальній обоймі й переносилася на місце дослідів з метою збереження властивостей пухкого піску основи під подушкою.

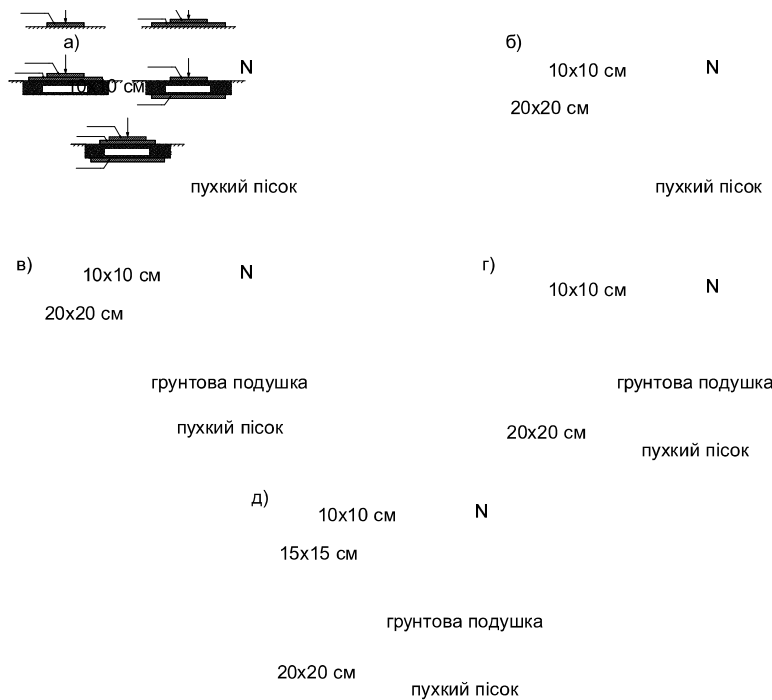


Рис. 1. Конструктивні рішення фундаментів для фізичного моделювання

Для передачі й вимірювання навантаження використовувалися відповідно автомобільний домкрат та динамометр. Як опорну систему для домкрата використано металеву раму. Моделі в усіх дослідках завантажувалися ступенями по 50 – 100 кг за стандартною методикою до руйнування основи.

На рис. 2 наведено графіки залежності «осідання – навантаження» для всіх виконаних дослідів.

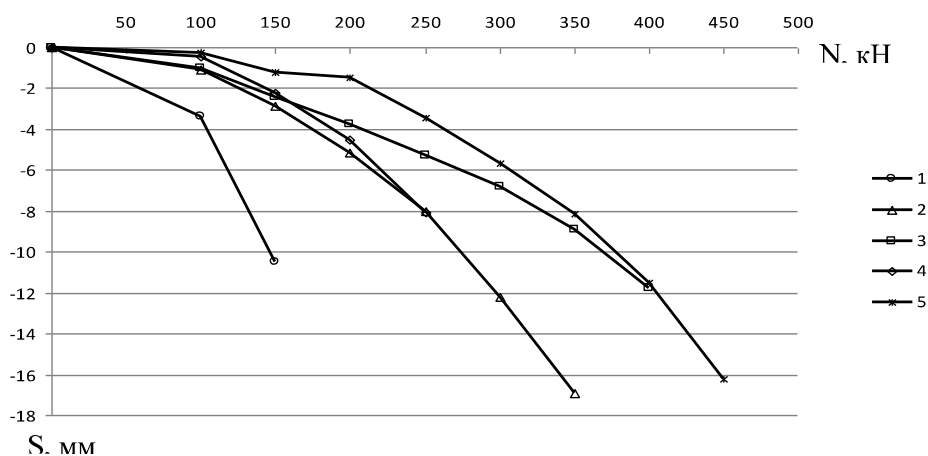


Рис. 2. Графіки залежності «осідання – навантаження»: 1 – фундамент 10×10 см на слабкій основі; 2 – фундамент 20×20 см на слабкій основі; 3 – фундамент 20×20 см на ґрунтовій подушці; 4 – фундамент 10×10 см на ґрунтовій подушці, що підстиляється плитою; 5 – фундамент 15×15 см на ґрунтовій подушці, яка підстиляється плитою

При збільшенні розмірів підшови фундаменту з 10×10 см до 20×20 см навантаження на фундамент у цілому зросло з 150 до 350 кг.

При застосуванні традиційної ґрунтової подушки (без підстиляючої бетонної плити) та розмірах підшви 20×20 см навантаження збільшилося до 400 кг, і досягається воно при менших загальних деформаціях.

При моделюванні роботи фундаменту розмірами 10×10 см на ґрунтовій подушці, що підстиляється бетонною плитою, загальне навантаження не дуже значне (250 кг), але загальні деформації менші.

При незначній зміні розмірів підшви фундаменту (від 10×10 см до 15×15 см) ефективність застосування ґрунтової подушки з підстиляючою плитою збільшується.

Чисельне моделювання НДС систем «фундамент – ґрунтова подушка – бетонна плита» та «фундамент – ґрунтова подушка» виконувалося в програмному комплексі Plaxis 3DFoundation, обґрунтування використання якого для розрахунків фундаментів мілкого закладання наведено в роботі [3].

При чисельному моделюванні було прийнято такі передумови і параметри:

- модель ґрунту основи – пружно-пластична модель Кулона – Мора;
- основа однорідна, ґрунт – суглинок ( $\gamma = 16 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 10 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 10^\circ$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $E = 8 \text{ МПа}$ );
- модель стовпчастого фундаменту;
- ґрунтова подушка – піщана ( $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 1 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 35^\circ$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $E = 32 \text{ МПа}$ ) товщиною 1 м;
- бетонна плита товщиною 150 мм, що влаштовується в основі ґрунтової подушки;
- розміри розрахункової області в плані 40х40 м.

При моделюванні роботи стрічкового пальового фундаменту було враховано такі фази роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаментів (початкова фаза);
- влаштування плити в основі ґрунтової подушки, ґрунтової подушки та стовпчастого фундаменту;
- робота фундаменту під дією вертикального навантаження.

На рис. 3 показано характер розподілення вертикальних напружень під підшовою фундаменту.

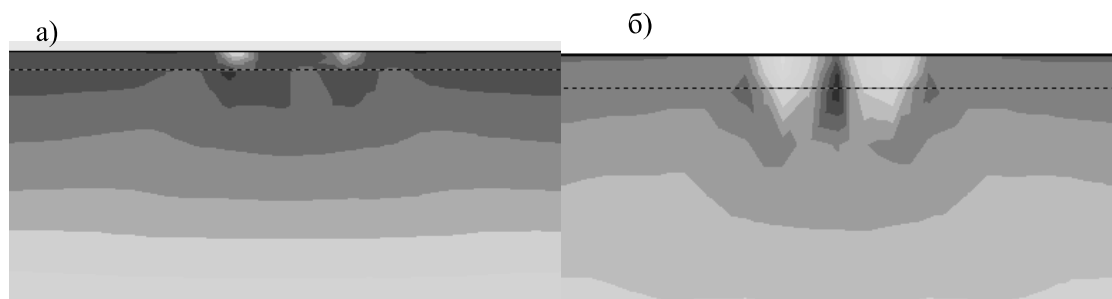


Рис. 3. Характер розподілення вертикальних напружень під підшовою фундаменту:  
а) ґрунтова подушка; б) ґрунтова подушка, що підстиляється бетонною плитою

На першому етапі чисельного моделювання виконано моделювання роботи фундаменту розмірами 1,5×1,5 м на ґрунтовій подушці без та з

бетонною плитою в основі. При навантаженні на фундамент 300 кН осідання склало 14,33 та 10,72 мм відповідно, що підтвердило позитивний ефект від улаштування бетонної плити в основі ґрунтової подушки.

На другому етапі для визначення доцільності використання ґрунтової подушки з бетонною плитою в основі виконано моделювання роботи фундаменту розмірами підшви 3×3 м на ґрунтовій подушці, що підстиляється бетонною плитою, та підібрано розміри фундаменту на ґрунтовій подушці без бетонної плити в основі при сталій величині навантаження.

При навантаженні 2160 кН осідання фундаменту на ґрунтовій подушці з бетонною плитою в основі склало 86,41 мм. Необхідні розміри фундаменту на ґрунтовій подушці без бетонної плити в основі 4,8×4,8 м, величина осідання 88,3 мм при навантаженні 2160 кН. Витрати бетону для влаштування бетонної плити в основі 3,75 м<sup>3</sup>, витрати на влаштування фундаменту у варіанті без плити в основі ґрунтової подушки більші на 3,5 – 4 м<sup>3</sup> порівняно з фундаментом на ґрунтовій подушці з бетонною плитою в основі. З урахуванням того, що для влаштування бетонної плити використовується бетон низького класу, наприклад С8/10, а для влаштування фундаменту – бетон С16/20 або С20/25 з армуванням, економічну доцільність застосування бетонної плити в основі ґрунтової подушки обґрунтовано.

#### **Висновки:**

1. Чисельним моделюванням за методом скінченних елементів досліджено НДС систем «фундамент – ґрунтова подушка – бетонна плита» та «фундамент – ґрунтова подушка».

2. При фізичному моделюванні встановлено, що наявність бетонної плити в основі ґрунтової подушки зменшує загальні деформації основи під фундаментом. Це також підтверджено результатами чисельного моделювання.

3. Улаштування бетонної плити в основі ґрунтової подушки дозволяє зменшити розміри підшви фундаменту та досягнути більш економічних рішень при проектуванні фундаментів на ґрунтових подушках.

#### *Література*

1. Довнарівч, С.В. *Способы строительства на слабых грунтах без их упрочнения* / С.В. Довнарівч // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. – 1991. – № 5. – С. 8 – 11.

2. ДБН В.2.1-10-2009. *Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування* [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).

3. Маєвська, І.В. *Урахування роботи ростверку в складі стрічкових пальових та підсилених палями фундаментів: монографія* / І.В. Маєвська, Н.В. Блащук. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 168 с.

*Надійшла до редакції 03.10.2013*

*© І.В. Маєвська, Н.В. Блащук, Т.О. Бондар*