

## ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень роботи стрічкових фундаментів з армованою ґрунтовою основою, які забезпечують підвищення несучої здатності фундаменту та дають можливість економії матеріалів.*

**Ключові слова:** фундаменти, мілке закладання, стрічкові, ущільнення, геосинтетичні матеріали, георешітки, армогрунт, несуча здатність.

### *Abstract*

*The results of theoretical and experimental studies of the operation of strip foundations with a reinforced soil base, which ensure an increase in the load-bearing capacity of the foundation and provide an opportunity to save materials, are given.*

**Keywords:** foundations, shallow laying, tape, compaction, geosynthetic materials, geogrid, reinforced soil, bearing capacity.

### **Вступ**

Сьогодні знаходять широке використання фундаменти мілкового закладання. По методу влаштування такі фундаменти бувають збірними, збірно-монолітними і монолітними; по конструкції - стрічковими, стовпчастими та плитними; по виду основи – фундаменти на природній та на штучній основі. Несуча здатність таких фундаментів забезпечується опором ґрунтів основи під подошвою, за винятком фундаментів у витрамбованих котлованах [1], в роботі яких приймає участь бокова поверхня. Використання фундаментів у витрамбованих котлованах обмежено технологією влаштування, яка передбачує динамічні впливи на ґрунт основи при їх влаштуванні.

Основна перевага фундаментів мілкового закладання мінімальна ресурсомісткість – за рахунок цього досягається економічний ефект економії, як на матеріалах, так і на трудомісткості, а також, це зменшує власну вагу конструкції, що робить їх ефективнішими у конструктивному плані.

Однак, незважаючи на високі техніко-економічні показники, багато дослідників займаються дослідженнями шляхів підвищення несучої здатності таких фундаментів за рахунок включення в роботу з конструкцією фундаменту максимального об'єму ґрунту та за рахунок армування основи.

Метою роботи є аналіз існуючих способів підвищення несучої здатності фундаментів мілкового закладання, дослідження та розробка технології їх влаштування.

### **Результати дослідження**

У сучасному фундаментобудуванні актуальними залишаються такі питання, як: питання підвищення ефективності фундаментів за рахунок коригування розрахункових схем основи; зміна геометрії традиційних фундаментів; покращення характеристик ґрунтів основи фундаментів, розробка полегшених конструкцій фундаментів та нових методів їх розрахунків замість старих.

Фундаменти мілкового закладання широко використовують в будівництві. На сьогоднішній день виділяють такі способи оптимізації фундаментів мілкового закладання: створення ефективного тіла фундаменту, створення ефективною подошви фундаменту. Разом з тим, великий об'єм досліджень проводяться з метою покращення роботи ґрунтів основи, що безпосередньо впливає на ефективність фундаментів.

До фізичних та хімічних способів, які використовуються в будівництві, слід віднести: силікатизацію, цементизацію, смолізацію, глинізацію, бітумізацію. У ґрунт ін'єктуються різні розчини, синтетичні та полімерні смоли. Дані способи використовують в залежності від виду ґрунтів основи. Тут ін'єк-

тори можуть встановлюватися під різним нахилом та у будь-якій площині – вертикально чи горизонтально. Ще використовують механічні способи, електрохімічні та термічні [2]. Серед механічних способів цікавість викликає спосіб армування ґрунтів основ. Основу армоґрунту складають армуючі матеріали. У 60-70-х роках минулого століття в якості армуючих елементів в основному застосовувалися металеві смуги та сітки. Починаючи з 80-х років, все ширше стали застосовувати різні геосинтетичні матеріали. Вони володіють необхідними характеристиками міцності, легко транспортуються і укладаються, дешеві у виробництві та досить довговічні. В основному геосинтетика використовується для влаштування протяжних об'єктів, де відношення ширини споруди набагато менше її довжини. Широке застосування армований ґрунт знайшов при будівництві насипів, підпірних стін та гребель [3].

Для фундаментів використовують армовані ґрунтові подушки (рис.1) в яких покращення властивостей ґрунтів основи нижче підшви фундаменту.

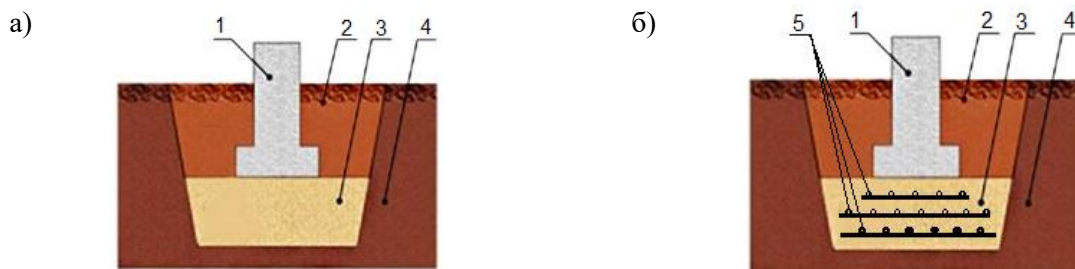


Рис. 1. Загальний вигляд піщаної подушки: а) – неармована; б) – армована  
1 – фундамент; 2 – зворотна засипка; 3 – піщана подушка; 4 – слабкий ґрунт; 5 – геосітки

Як показано на рис. 1 покращення властивостей ґрунтів проходить під підшовою фундаменту, ґрунт вище підшви фундаменту не включається в роботу.

Авторами була висунута пропозиція включити в роботу фундаменту мілкого закладання ґрунт зворотної засипки, який після армування, та ущільнення придасть фундаменту мілкого закладання властивості фундаменту у витрамбованих котлованах, що дозволить скоротити затрати на влаштування фундаментів.

В лабораторії механіки ґрунтів кафедри БМГА ВНТУ проведено ряд модельних досліджень для перевірки розробок авторів. Роботи проводилися в два етапи – отримання якісних показників та отримання кількісних показників роботи фундаменту мілкого закладання під навантаженням.

На першому етапі модельні експерименти виконувались в експериментальному лотку, розміром 0,5×0,4×0,012 (м) з прозорими стінками, що створювало умови спостереження роботи конструкції фундаменту і ґрунту основи. Загальний вигляд лотка і процес випробування показано на рисунку 2.



Рис. 2. Випробування моделей фундаментів

В якості ґрунтової основи використовували дрібний пісок, маловологий, насипної щільності з коефіцієнтом пористості  $e = 0,65 - 0,75$ . Ґрунт засипався в лоток пошарово. Шар світлого ґрунту товщиною 10 мм чергувався з шаром темного товщиною 2 мм. Навантаження прикладалася ступенями по 2 Н. Нова ступінь навантаження прикладалася після стабілізації осідання від попередньої. Осідання штампа вимірювалися на кожному ступені навантажування. Після випробування штампа ґрунт укладався заново з відповідним ущільненням і використовувалася інша конструкція влаштування фундаментів.

Характер деформацій ґрунту навколо фундаментів в процесі навантаження при випробуваннях показано на рисунку 3. При навантаженні фундаменту виконаного по звичайній технології і з армованою зворотною засипкою спостерігаються деформації ґрунту вище і нижче підшви фундаменту. При чому при рівній величині навантаження спостерігається різні величини деформацій.

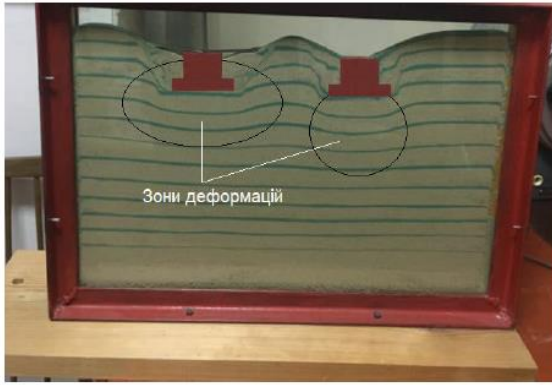


Рис. 3. Характер деформацій ґрунту

При влаштуванні армованої засипки ґрунт засипки ущільнюють і щільність його завжди вище природної щільності навколишнього ґрунту, що дозволяє працювати засипці разом з конструкцією фундаменту.

На другому етапі модельних досліджень були проведені штампіві випробування моделі стрічкового фундаменту мілко закладання з неармованою і з армованою зворотною засипкою.

Обладнання для модельного експерименту включало: експериментальну установку, ручну трамбівку, набір ріжучих кілець, будівельний рівень.

Установка складалася з лотка розмірами 1200×1200×900 (h) мм, опорної рами, двох рам для кріплення 2-х прогиномірів, моделі стрічкового фундаменту з плоскою підшоивою і вставок, гідравлічного домкрату. Вертикальні переміщення моделей стрічкового фундаменту фіксувалися за допомогою 2-х прогиномірів, зібраних на базі індикаторів годинникового типу ИЧ-10.

Стінки лотка і дно виконано зі сталі товщиною 3 мм. Загальний вигляд експериментальної установки наведено на рис. 4.



Рис. 4. Загальний вигляд експериментальної установки

1 – силові кутники 50×50, 2 – лоток з піском, 3 – рама для кріплення прогиномірів, 4 – стінка лотка, 5 – модель стрічкового фундаменту, 6 – модель стрічкового фундаменту, 7 – індикатор годинникового типу ИЧ-10

Ґрунт в лоток вкладався і ущільнювався пошарово шляхом відсіпання шарів товщиною 10 - 15 см і ущільнення кожного шару ручним трамбуванням до необхідної щільності з контролем кожного шару. Контроль однорідності укладання ґрунтової основи здійснювався шляхом відбору ґрунтових кілець з кожного шару основи для виконання стандартних лабораторних випробувань, спрямованих на визначення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунту, та виміром щільності ґрунту.

Навантаження на штамп передавалася за допомогою гідравлічного домкрату. Домкрат спирався у спеціально виготовлену металеву упорну балку. Вимірювання осідання штампу здійснювалося за допомогою двох індикаторів часового типу ИЧ-10 як середнє арифметичне двох вимірів.

З метою вивчення впливу армуючих елементів проводилося випробування влаштування фундаментів по відомій технології і технології розробленій авторами.

Основні положення щодо проведення штампових випробувань були прийняті за ДСТУ Б В.2.1-7-2000 [4]. Навантаження на штамп прикладалася ступенями, рівними 10 кПа, до досягнення граничного навантаження. Від одного ступеня навантаження до іншого перехід відбувався після умовної стабілізації осідання, що дорівнює 0,1 мм за 1 годину.

Проведені випробування стрічкових фундаментів влаштованих за відомою технологією і запропонованою авторами дозволили отримати результати ефективності армування зворотної засипки.

Отримано графік залежності «осідання-тиск по підшві штамп» (рис. 5) з аналізу якого можна зробити висновок про те, що застосування армованої зворотної засипки, як способу покращення роботи слабкої основи дозволяє знизити її деформованість в середньому на 35% порівняно з неармованою основою в аналізованому діапазоні тисків.

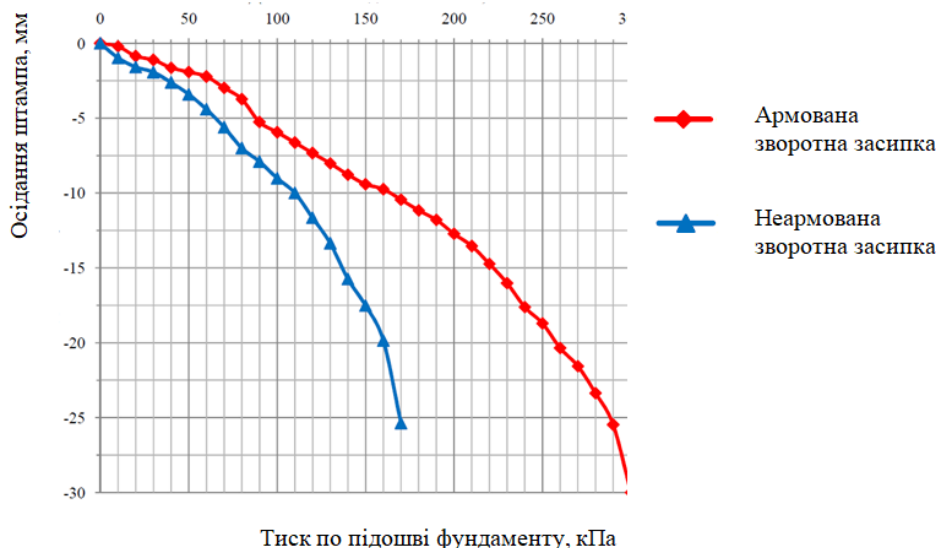


Рис. 5. Графік залежності «осідання-тиск по підшві штамп»

### Висновки

Встановлено, що включення в роботу ґрунту зворотної засипки і впровадження в тіло зворотної засипки армуючих геосинтетичних матеріалів дозволяє знизити осідання штампів при однакових значеннях ступенів тиску в порівнянні з неармованою зворотною засипкою. При використанні георешітки ця величина досягає – 20% в порівнянні з неармованою зворотною засипкою.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Готман А.Л., Миткина Г.В., Шеменков Ю.М., Исследование вертикально нагруженных фундаментов в вытрамбованных котлованах и расчет их несущей способности, «Основания, фундаменты и механика грунтов», 1996. № 5, С. 19–23.
2. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. [Чинний від 2014.01.01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 88 с.
3. Haza E., Gotteland Ph., Gourc J. P. Design method for local load on a Geosynthetic reinforced soil structure. Geotechnical and Geological Engineering. 2000. Т. 18. № 4. Рр. 243-267.
4. ДСТУ Б В.2.1-7-2000. Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості. [Чинний від 2001.01.03]. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2001. 85 с.

**Балган Богдан Русланович** — студент групи Б-21м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [bogdanbalgan@gmail.com](mailto:bogdanbalgan@gmail.com)

**Попович Микола Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [popovychnick@gmail.com](mailto:popovychnick@gmail.com)

**Balgan Bohdan R.** — student of group B-21m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : [bogdanbalgan@gmail.com](mailto:bogdanbalgan@gmail.com)

**Popovych Mykola M.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [popovychnick@gmail.com](mailto:popovychnick@gmail.com)