УДК 624.15

**Ю. М. Гедзь**
**М. М. Попович**

# ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація***

*Представлені результати експериментального дослідження несучої здатності короткої гвинтової палі. Дослідження зроблено на фізичних моделях паль однієї довжини та різних розмірів гвинтових лопатей. Для вирішення поставленого завдання було створено випробувальний лоток з необхідними завантажувальною та реперною системами. За отриманими експериментальними даними зроблено якісний аналіз підвищення несучої здатності палі за рахунок пропонованого конструктивного рішення.*

**Ключові слова:** гвинтові палі, випробувальний лоток, наконечник, несуча здатність, ґрунт.

***Abstract***

*The results of an experimental study on the load-bearing capacity of a short screw pile are presented. The research was conducted using physical models of piles with a constant length but varying screw blade dimensions. To address the objective, a test tank equipped with the necessary loading and reference systems was constructed. Based on the experimental data obtained, a qualitative analysis was performed regarding the enhancement of the pile's load-bearing capacity resulting from the proposed design solution.*

**Keywords***: screw piles, test tank, tip, load-bearing capacity, soil.*

## Вступ

Останніми роками дедалі пріоритетнішим напрямом у будівництві стає зведення будівель, споруд для об'єктів агропромислового та промислового призначення (логістичні центри, склади, тепличні комплекси, літні павільйони та ін.). Такі швидко споруджувані будівлі часто класифікуються як тимчасові, оскільки мають невеликий термін служби (10 – 20 років). Розглянуті будівлі легко та швидко монтуються завдяки особливостям конструктивних рішень. На сьогоднішній день у багатьох зарубіжних країнах на частку будівель, що швидко зводяться, припадає до 30% від усього обсягу будівництва. Швидко споруджувані тимчасові будівлі, виконані з використанням нових технологій та сучасних конструкцій, характеризуються низькою питомою вагою будівельних конструкцій, що дозволяє значно зменшити навантаження на основу. Для вдосконалення конструктивних рішень фундаментів швидко споруджуваних тимчасових будівель застосовують, як правило, гвинтові металеві палі довжиною до 3 м і діаметром лопатей до 0,4 м. Перевагами фундаментів з гвинтових паль є: відсутність земляних робіт і мінімальне порушення структури ґрунту при їх вкручуванні, висока продуктивність у порівнянні з «традиційними» рішеннями та ін. Ефективність гвинтових паль зростає, якщо в їх конструктивному рішенні використовуються не одна, а кілька лопатей.

## Результати дослідження

Гвинтові палі відрізняються від традиційних паль тим, що вони, як правило, виготовляються з високоміцної сталі та мають гвинтові лопаті, закріплені на стовбурі з певним кроком; крім того, вони оснащені загостреним наконечником, що полегшує їх заглиблення в ґрунт [1]. Існують різні типорозміри гвинтових паль, розроблені для конкретних умов експлуатації; вони різняться між собою діаметрами стовбура та лопатей, відстанню між лопатями, а також глибиною заглиблення. Спочатку гвинтові палі використовувалися переважно як анкери — тобто були розраховані на сприйняття розтягувальних навантажень (наприклад, для опор ліній електропередачі або підземних трубопроводів). Згодом сфера їх застосування розширилася: тепер їх використовують і для конструкцій, що зазнають стискальних та бічних навантажень [2].

Розуміння переваг і недоліків гвинтових паль є важливим для визначення умов, за яких їх застосування є найбільш доцільним і вигідним порівняно з іншими традиційними методами влаштування пальових фундаментів.

До основних переваг гвинтових паль належать: простота монтажу; відсутність потреби у громізд-

кому обладнанні; висока швидкість встановлення (що дозволяє майже одразу після монтажу розпочинати навантаження); можливість використання в умовах обмеженого доступу; можливість демонтажу та повторного використання; мінімальна потреба у водовідведенні; висока несуча здатність на виривання та прийнятна — на стиск; придатність для використання на схилах; низький рівень шуму й вібрації під час монтажу, а також економічна ефективність [3, 4].

Schmidt і Nasr [3] зазначають, що певні ґрунтові умови — наприклад, наявність скельних порід, корінних порід або валунів — є несприятливими для використання гвинтових паль. Проте існують способи нівелювання цих недоліків: зокрема, у разі зіткнення зі слабкими скельними породами можна використовувати наконечник із гострішою формою, що полегшує заглиблення палі в грунт.

Зрештою, саме сукупність відповідних переваг і недоліків визначає доцільність застосування гвинтових паль у тих чи інших умовах.

Останнім часом досягнуто значного прогресу в підвищенні осьової несучої здатності гвинтових паль та вдосконаленні процесів їхнього влаштування [4]. Цей висновок підтверджують інші дослідники, які зазначають, що розвиток технологій сприяє ширшому використанню гвинтових паль як анкерів та елементів фундаментів споруд. Водночас досі бракує методів розрахунку гвинтових паль, що потребує подальших досліджень [2]. Отже, очевидно, що необхідні подальші наукові розробки, аби забезпечити подальший розвиток технологічних і конструктивних особливостей гвинтових паль та її широке впровадження в інженерній практиці.

На кафедрі БМГА Вінницького національного технічного університету в лабораторії механіки ґрунтів, основ та фундаментів провели дослідження ефективних конструкцій фундаментів, зокрема з використанням гвинтових паль. Результатом досліджень стала розробка нових конструктивних та технологічних рішень фундаментів, що володіють підвищеною ефективністю. В лабораторних умовах оцінювався вплив конструктивного рішення гвинтової палі на її несучу здатність у піщаному ґрунті у таких варіантах конструктивного виконання: 1 - гвинтова однолопатева паля (варіант 1); 2 - гвинтова дволопатева паля (варіант 2); 3 - гвинтова трьохлопатева паля (варіант 3); 4 - гвинтова трьохлопатева паля з різними діаметрами лопатей (рис. 1).

Проведені лабораторні дослідження технології влаштування і запропонована нова технологія влаштування ефективного пальового фундаменту. Моделі гвинтових паль загвинчували на глибину 0,5 м вручну. При встановленні контролювалася вертикальність і глибина занурення за один оборот, яка повинна бути не менш міжвиткового розташування лопаті, щоб запобігти буксування гвинтової лопаті в ґрунті.



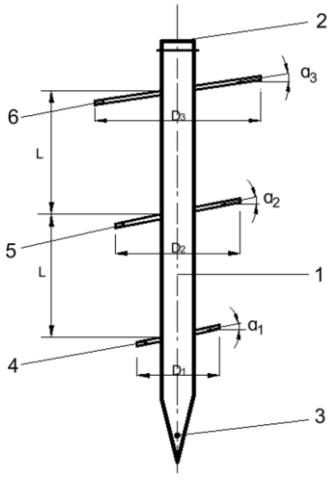



Рис. 1. Модельна гвинтова паля.

Конструкція гвинтової палі пояснюється кресленням, де зображено загальну схему пристрою: 1 - поздовжній вал; 2 - задній верхній кінець валу (пристосований для зчеплення з приводним вузлом); 3 - передній нижній кінець валу (наконечник для проникнення в землю); 4 - нижня (перша) спіральна пластина мінімального діаметра $D_1$ з кутом нахилу спіралі $\alpha_1$; 5 - середня (друга) спіральна пластина проміжного діаметра $D_2$ з кутом нахилу спіралі $\alpha_2$; 6 - верхня (третя або кінцева) спіральна пластина максимального діаметра $D_3$ з кутом нахилу спіралі $\alpha_3$; L — лінійний крок встановлення спіральних лопатей (однакова відстань між робочими поверхнями суміжних спіральних пластин уздовж осі валу).

Навантаження до гвинтової палі прикладали ступенями, величиною не більше 1/10 від очікуваного граничного навантаження. Кожну ступінь витримували до умовної стабілізації деформації ґрунту. За критерієм умовної стабілізації прийняли значення осадки палі не більше 0,1 мм за останні 2 години спостережень. Фіксацію вертикальних переміщень проводили одразу після прикладання навантаження, потім послідовно знімали чотири відліки через 1 хв, 5 хв, 10 хв, 15 хв і далі через 15 хв після прикладання ступені навантаження. Експериментальні дані занесені в журнали випробувань. За граничне значення тримальної здатності прийняли навантаження, перед зривом палі, який характеризувався інтенсивним ростом осадки, не затухаючої у часі, при прикладанні останньої ступені. В експеримен-

тах виділили основні визначальні величини: осідання палі S, мм, при заданій ступені навантаження і часткове значення граничного опору палі $F_u$, кН. Мінімальна повторюваність випробувань для кожного досліду – два (якщо відносна різниця в їх результатах не перевищила 10%). Якщо різниця в результатах перевищила 10%, то проводилося по три випробування. У подальшому при оцінці результатів випробувань приймалися їх середні значення. Загальний вид контрольно-вимірювального обладнання для проведення випробувань та схема прикладання навантажень показано на рис. 2.

В процесі досліджень потрібно було вирішити ряд питань технології влаштування та конструктивних особливостей пальового фундаменту. На рис. 3 показано графік залежності «навантаження – осідання», що підтверджує теоретичні розробки та пропозиції авторів.



Рис. 2. Випробування моделі палі

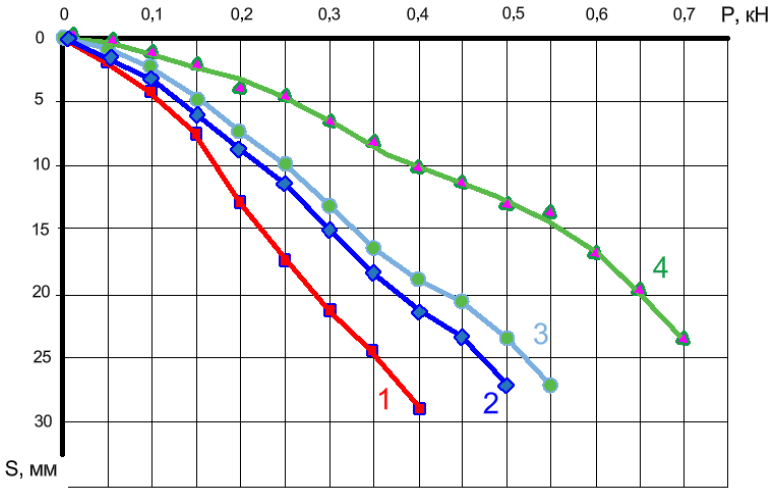



Рис. 3. Графік залежності «навантаження – осідання»

**Висновки**

Завдяки тому, що лінійний крок встановлення спіральних пластин (L) є суворо однаковим, ґрунт затискається між спіральними пластинами порційно та рівномірно. Навколо верхньої частини палі формується штучно спресована зона підвищеної щільності, яка надійно утримує фундамент від осідання під навантаженням.

Ефективність влаштування фундаментів з пропонованих гвинтових паль підвищується через реалізацію спрямованого поршневого ефекту верхньою спіральною пластиною. Під час закручування палі верхня спіральна пластина через менший кут нахилу гвинта примусово продавлює та каскадно пресує ґрунтову товщу вниз і в радіальні боки на фіксованих проміжках, створюючи навколо валу високощільну штучну конусоподібну ґрунтову основу, що підвищує несучу здатність фундаменту на стискання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arup Geotechnics, 2005. Design of Screw Piles: Assessment of Pile Design Methodology. Ove Arup & Partners Ltd, London.
2. Livneh, B., Naggar, M.H.M., 2008. Axial testing and numerical modelling of square shaft helical piles under compressive and tensile loading. Can. Geotech. J. 45 (8), 1142–1155.
3. Schmidt, R., Nasr, M., 2004. Screw piles: uses and considerations. Struct. Mag., 29–31.
4. Sakr, M., 2009. Performance of helical piles in oil sand. Can. Geotech. J. 46 (9), 1046–1061.

Рекомендовано до опублікування Кафедрою промислового та цивільного будівництва

***Гедзь Юрій Миколайович*** **–** студент групи Б-25мз, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yuragedz@gmail.com

***Попович Микола Миколайович*** **–** к.т.н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: popovychnick@gmail.com

***Yuriy Hedz*** **–** student of group B-25mz, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : yuragedz@gmail.com

***Mykola Popovych*** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: popovychnick@gmail.com