УДК 624.15

МОДЕЛЮВАННЯ НДС ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ З БАГАТОВИТКОВИХ ПАЛЬ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Сєдін Володимир, докт. техн. наук проф.; **Волнянський Юрій**, аспір.;
Ковба Владислав, канд. техн. наук, доц.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. Сьогодні сталеві багатовиткові палі є прекрасною альтернативою традиційному бетонному фундаменту і можуть успішно конкурувати з ним за рахунок економічності та технології процесу їх влаштування [1]. Багатовиткові палі використовуються там, де необхідна велика швидкість зведення фундаменту, тому їх активно використовують у всьому світі як високоефективні фундаменти для конструкцій сонячних панелей.

Числове моделювання напружено-деформованого стану основ фундаментів з багатовиткових паль за допомогою сучасних розрахункових програмних комплексів, може значно спростити і пришвидшити визначення несучої здатності цих фундаментів та подальшої деформації їх основ, надавши при цьому достатньо точні результати для потреб проектування.

Мета дослідження. У зв'язку з вищевикладеним виникає необхідність створити числову модель для проведення моделювання напружено-деформованого стану основи фундаментів з багатовиткових паль в поєднанні з надземною конструкцією сонячних панелей. Також є необхідним провести моделювання конструкції сонячних панелей на фундаментах з коротких залізобетонних паль, які також є розповсюдженим варіантом фундаментів подібних конструкцій, для подальшого порівняння результатів моделювання.

Основне дослідження. Числове розв'язання поставленої задачі вирішувалось з використанням МСЕ у ПК Plaxis 2D, із застосуванням пружно-пластичної моделі роботи зі зміцненням ґрунту (Hardening Soil Model) [2].

Програмний комплекс Plaxis 2D було обрано через можливість моделювання та розрахунку паль в поєднанні з надземною конструкцією. Шляхом числового моделювання та розрахунку однакових задач в Plaxis 3D та Plaxis 2D, а також подальшого їх порівняння вдалось адаптувати раніше створену пружно-пластичну модель роботи зі зміцненням ґрунту (Hardening Soil Model) для моделювання роботи багатовиткової палі. Дана модель була створена раніше в Plaxis 3D для проведення моделювання напружено-деформованого стану основи багатовиткової палі при її статичному осьовому навантаженні.

При проведенні моделювання обох варіантів конструкцій фундаментів у розрахункову область було включено масив ґрунту, складений з трьох ІГЕ, конструкція сонячної панелі і навантаження, що відповідає проектному навантаженню конструкції.

Моделювання виконувалося у наступній послідовності:

- створення геометричної моделі ґрунту;
- створення геометричних моделей паль;
- створення геометричної схеми надземної конструкції;
- поетапне навантаження надземної конструкції.

Під час моделювання поставленої задачі, основна увага була приділена створенню числової моделі багатовиткової палі. Багатовиткова паля моделювалась за допомогою двох паль різного діаметру з'єднаних по довжині: фрагмент палі без видків Ø76мм;

фрагмент палі з витками Ø106 мм (рис. 1 *б*). Для виконання розрахунку залізобетонних паль були використані палі Ø300 мм.

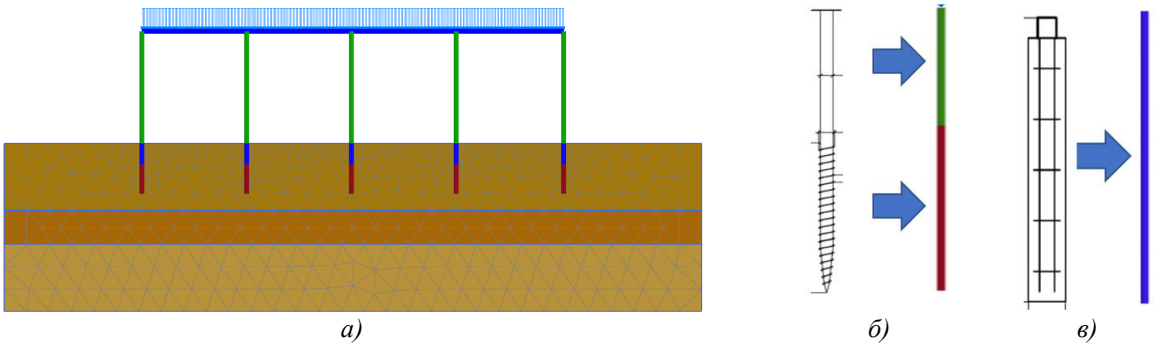

Рис. 1. Змодельовані в Plaxis 2D: а) Модель металевої конструкції з багатовитковими палями; б) Модель багатогвинтової палі; в) Модель залізобетонної палі

Поетапне навантаження паль моделювалося шляхом збільшення прикладеного лінійного навантаження до верхньої частини змодельованої конструкції у відповідності до поетапного проектного навантаження конструкції сонячних панелей. Розрахунок проводився до прикладання максимального проектного навантаження $P = 12$ *кН/м.*

В результаті числового моделювання осідання конструкції з використанням багатовиткових паль від максимального осьового статичного вдавлюючого навантаження $P = 12$ *кН/м* склала $S = 11{,}8$ *мм.* Осідання конструкції з використанням коротких залізобетонних паль Ø300 мм склала $S = 7{,}45$ *мм.* Ізолінії вертикальних переміщень багатовиткової палі показані на рисунку 2.

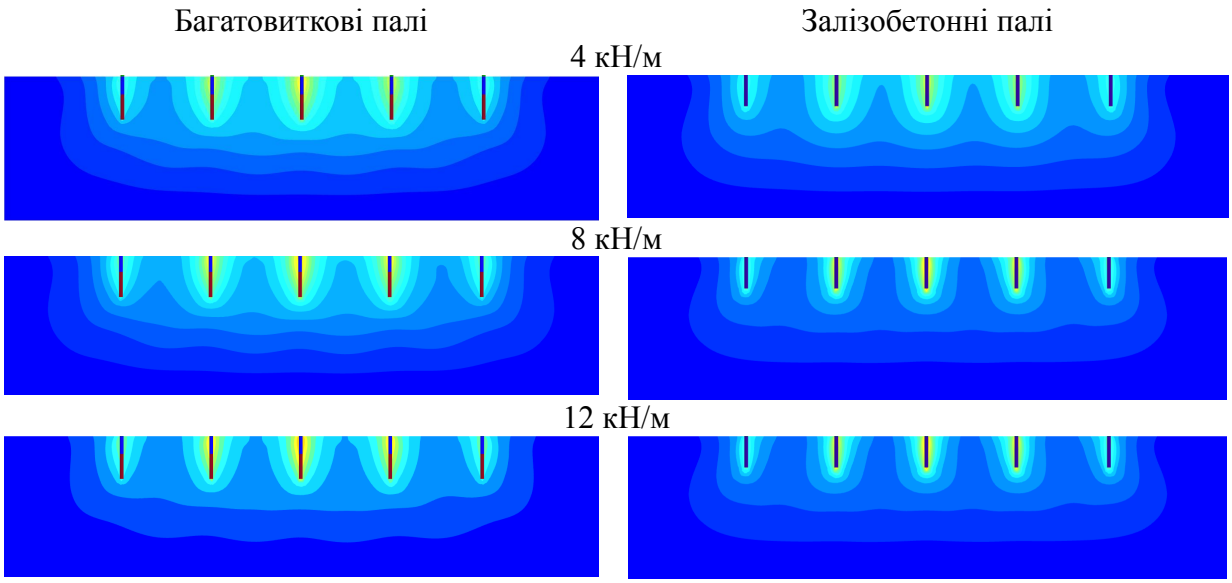

Рис. 2. Ізолінії вертикальних переміщень при поетапному вдавлюючому навантаженні надземної металевої конструкції

На рисунку 3 зображено графік залежності осідання від прикладеного навантаження для варіантів змодельованих паль які розглядаються як фундаменти для конструкції під сонячні панелі.

Основними для оцінювання розрахунку є навантаження P і осідання S. З аналізу графіку (рис. 3) видно, що при максимальному статичному вдавлюючому навантаженні $P = 12$ *кН/м* результати моделювання фундаментів для конструкції сонячних панелей з використанням багатовиткових паль та коротких залізобетонних паль становлять 11,8

мм та 7,45 мм відповідно, та не перевищують допустиму деформацію для конструкції подібного типу.

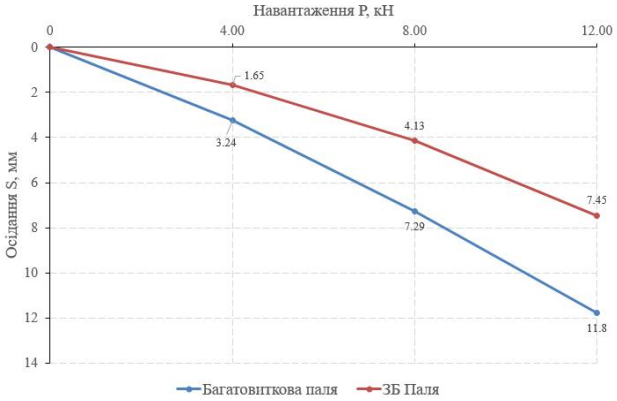

Рис. 3 Графік залежності осідання змодельованої дослідної багатовиткової палі від статичного вдавлюючого навантаження

Висновки. Використання створеної числової моделі для оцінки деформацій основи і несучої здатності фундаментів з багатовиткових паль в конкретних інженерно-геологічних умовах доцільне для попереднього вибору технології влаштування паль на етапі проектування.

В результаті проведеного моделювання роботи фундаментів сонячних панелей із багатовиткових паль та фундаментів із коротких залізобетонних паль можна зробити висновок, що осідання обох варіантів фундаментів при максимальному проектному навантаженні складають 4,9 % та 2,8 % від допустимого. Порівняно з короткими залізобетонними палями, багатовиткові палі мають значну перевагу у швидкості зведення. Подальше проведення досліджень в сфері гвинтових паль дозволить не тільки створити адекватну методику моделювання складного елементу у нелінійному середовищі, але і актуалізувати нормативну базу країни.

Список використаних джерел

1. Сєдін В. Л. Волнянський Ю. Ю. Ковба В. В. Бікус К. М. Моделювання напружено-деформованого стану основи багатовиткової палі при її статичному навантаженні в пилувато-глинистому ґрунті. *Основи та фундаменти* : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2020.

2. Руководство пользователя PLAXIS 2D 2019. Пер. с англ. R.B.J. Brinkgreve, W.M. Swolf [и др.]. Санкт-Петербург : НИП-Информатика, 2019.

3. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10:2018. [чинний з 01.01.2019]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.

4. Stanier S. A., Black J. A., Hird C. C. Modelling helical screw piles in soft clay and design implications. *Geotechnical Engineering* (P I CIVIL ENG-GEOTEC). UK, 2014. № 50 (2). C.447−460.

5. Salhi L., Nait-Rabah O., Deyrat C., Roos C. Numerical modeling of single helical pile behavior under compressive loading in sand. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering.* UK, 2013. № 18. Pp. 4321−4338.