

# ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПІДЗЕМНОЇ СПОРУДИ КІЛЬЦЕВОЇ ФОРМИ, ЩО ВЛАШТОВАНА З БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі на основі математичного моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis досліджено напружено-деформований стан фундаменту підземної споруди кільцевої форми під дією вертикального навантаження з різними геометричними параметрами та в різних ґрунтових умовах. Виконано порівняння фундаменту типу опускний колодезь та фундаменту з буронабивних палей. Розглянуто вплив глибини закладання підповерхні фундаменту нижче підлоги на несучу здатність фундаменту в цілому. Встановлено оптимальну глибину закладання підповерхні фундаменту нижче підлоги підземної споруди.

## Ключові слова:

Фундамент підземної споруди кільцевої форми, опускний колодезь, напружено-деформований стан, глибина закладання, буронабивні палі.

## Abstract

In the work, based on mathematical modeling with the help of the Plaxis software complex, the stress-deformation state of the foundation of the ring-shaped underground structure under the action of vertical loading with different geometric parameters and in different soil conditions was investigated. A comparison of fundamental that type of lowering well and foundation made of bored piles. The effect of the depth of laying the foundation sole below the floor on the bearing capacity of the foundation as a whole is considered. The optimal depth of laying the foundation sole below the floor of the underground structure has been established.

## Keywords:

The foundation of the ring-shaped underground structure, the lowering well, the stressed-deformed state, the depth of laying, bored piles

## Вступ

У сучасному будівництві досить часто виникає необхідність у спорудженні будівель та конструкцій на значній глибині або фундаментів під унікальні важкі опори. Це різноманітні насосні станції, станції метро, фундаменти висотних будинків та підземних споруд, опори мостових переходів тощо, які зводяться, як правило, в складних умовах на ділянках з високим рівнем ґрунтових вод. Все це спонукає до використання особливих типів глибоких фундаментів, спорудження яких у відкритих котлованах неможливе.

Глибокі фундаменти істотно відрізняються від фундаментів, котрі будують у відкритих котлованах за характером своєї роботи. Передусім попереднє розроблення ґрунту в котлованах тут не потрібне. Крім того, робота глибокого фундаменту виключає можливість виширвання ґрунту на поверхню з-під підповерхні і, навпаки, дозволяє врахування сил тертя по бічній поверхні, завдяки чому несуча здатність фундаменту зростає. Нарешті, умови роботи таких фундаментів дають можливість передавати на них дуже велике горизонтальне навантаження та значні згинальні моменти. Серед глибоких фундаментів значне поширення з давнього часу одержали опускні колодезні та кесони.

У даній роботі виконано порівняння роботи традиційного опускного колодезя та рівнозначного за геометричними параметрами фундаменту з буронабивних палей у різних ґрунтових умовах, а також досліджено вплив глибини закладання підповерхні фундаменту нижче підлоги на несучу здатність фундаменту в цілому.

## Виклад основного матеріалу дослідження

При математичному моделюванні досліджувався напружено-деформований стан ґрунтової основи традиційного опускного колодезя та рівнозначного за геометричними параметрами фундаменту з буронабивних палей у різних ґрунтових умовах при дії вертикального навантаження у різних ґрунтових умовах.

Дослідження виконувались за допомогою програмного комплексу Plaxis Foundation 3D. Розглядається фундамент типу опускний колодезь діаметром 16,0 м товщиною стінки 800 мм та фундамент з буронабивних паль діаметром 800 мм та 500 мм. Глибина закладання фундаменту варіювалась - 14 м, 12 м, 10 м та 7 м; глибина підземного приміщення – 7 м від поверхні (рис. 1-2).

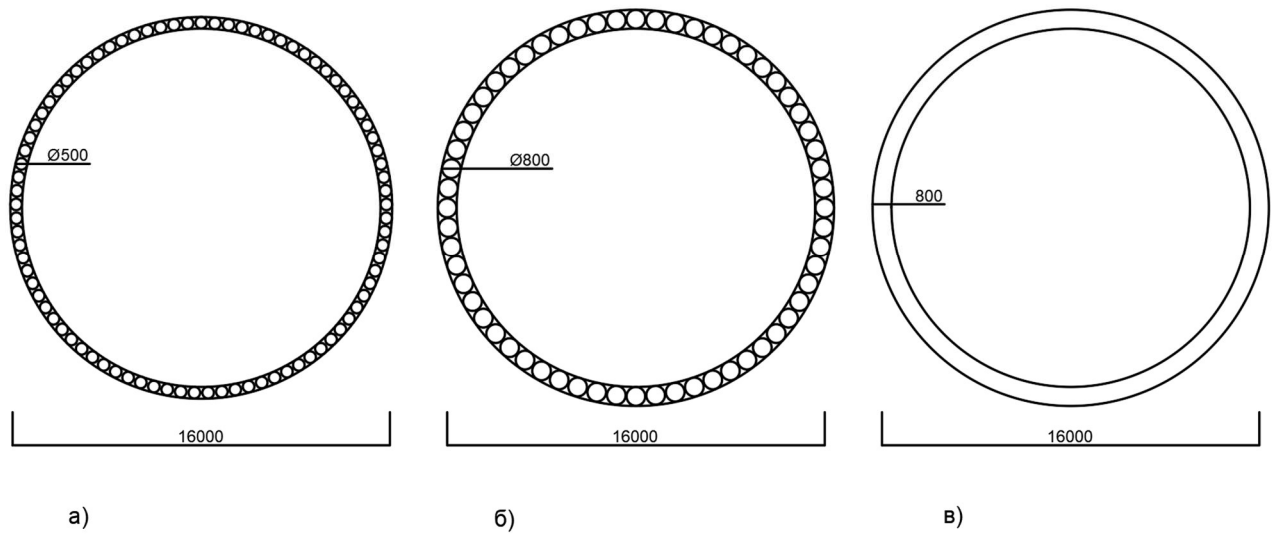


Рис. 1 – Схема розміщення паль та схема фундаменту з суцільної стінки :  
а) для паль  $\varnothing$  500 мм , б) для паль  $\varnothing$  800 мм , в) фундаменту типу опускний колодезь з товщиною стінки 800 мм

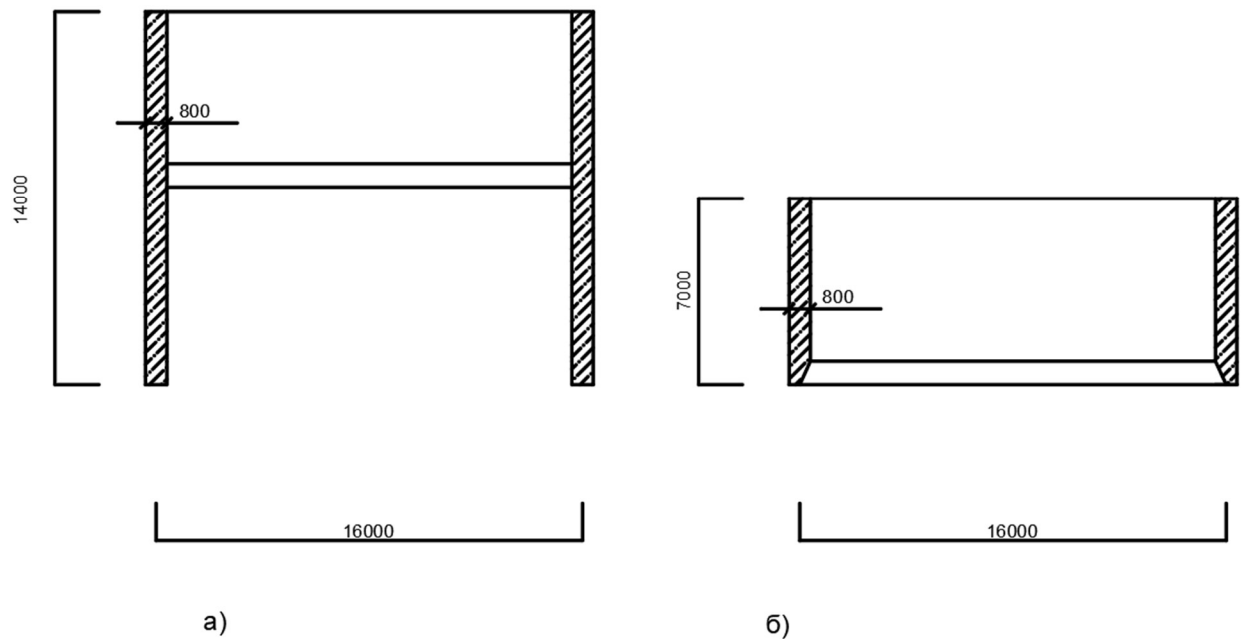


Рис. 2 – Розріз фундаменту (глибина підземного приміщення – 7 м): а) глибина закладання 14 м,  
б) глибина закладання 7 м

Моделювання виконувалось на однорідній основі з наступними характеристиками:

- пісок дрібний,  $\gamma = 20,1 \text{ кН/м}^3$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $c = 2 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 38^\circ$ ,  $E = 40 \text{ МПа}$ ;
- глина,  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $\nu = 0,42$ ,  $c = 37 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 14^\circ$ ,  $E = 12 \text{ МПа}$ ;
- супісок,  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $c = 13 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 24^\circ$ ,  $E = 16 \text{ МПа}$ ;
- суглинок,  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $c = 28 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 22^\circ$ ,  $E = 19 \text{ МПа}$ .

Отже, в першій групі дослідів виконано порівняння роботи трьох фундаментів діаметром 16 м глибиною закладання 14 м і в першому випадку товщиною стінки 800 мм , в другому випадку паль

діаметром 800 мм і в третьому випадку палі діаметром 500 мм. Графіки залежності осідання – навантаження наведено в рис. 3

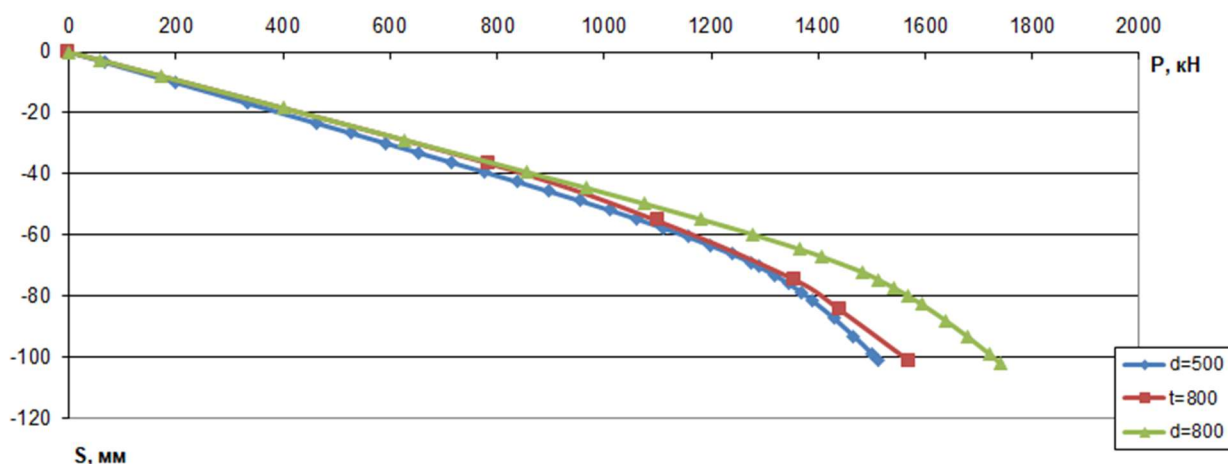


Рисунок 3 – Графік залежності осідання – навантаження для фундаменту типу опускний колодязь та фундаменту із буронабивних паль

При порівнянні фундаменту типу опускний колодязь та фундаменту з буронабивних паль діаметром 800 мм, було встановлено, що палі працюють більш ефективно, бо стінка з таких паль має більшу бокову поверхню. У зв'язку з цим було прийнято рішення по зменшенню діаметру паль таким чином, щоб бокова поверхня стінки з палі дорівнювала боковій поверхні стінки фундаменту типу опускний колодязь.

За навантаження, що сприймається фундаментом, береться значення зовнішнього навантаження при деформаціях, що не перевищують допустимого значення.

З отриманих даних видно, що робота фундаментів типу опускний колодязь та фундаментів з палі при однаковій боковій площі є близькою, тому подальші розрахунки і моделювання будуть виконуватися для фундаментів типу опускний колодязь для зменшення трудоемкості математичного моделювання.

На рис. 4-7 наведено у графіки залежності осідань від прикладеного навантаження для фундаментів типу опускний колодязь в різних ґрунтах при різній глибинні закладання. Графіки носять традиційний характер.

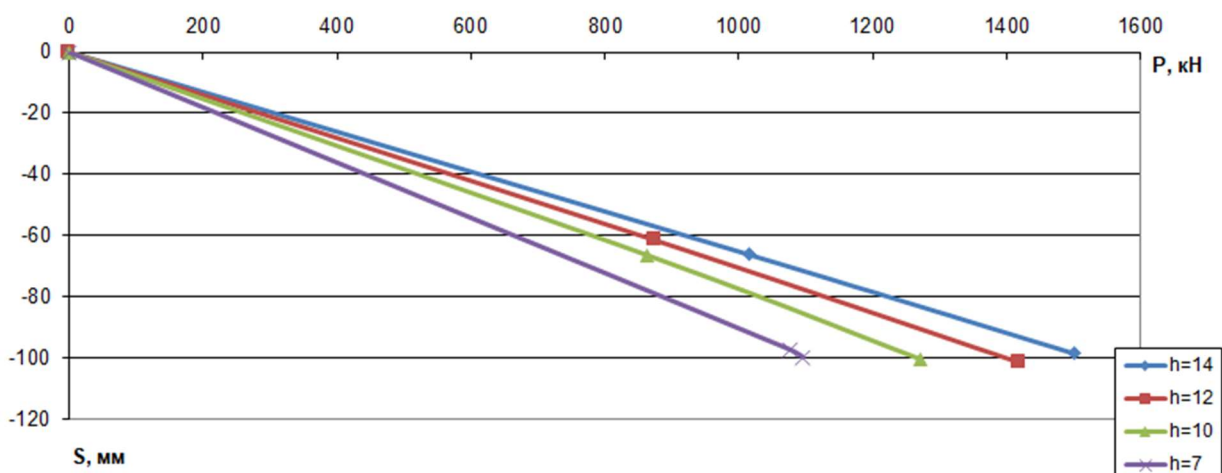


Рисунок 4 – Графік залежності осідання – навантаження для фундаменту типу опускний колодязь для однорідних ґрунтових умов – суглинок

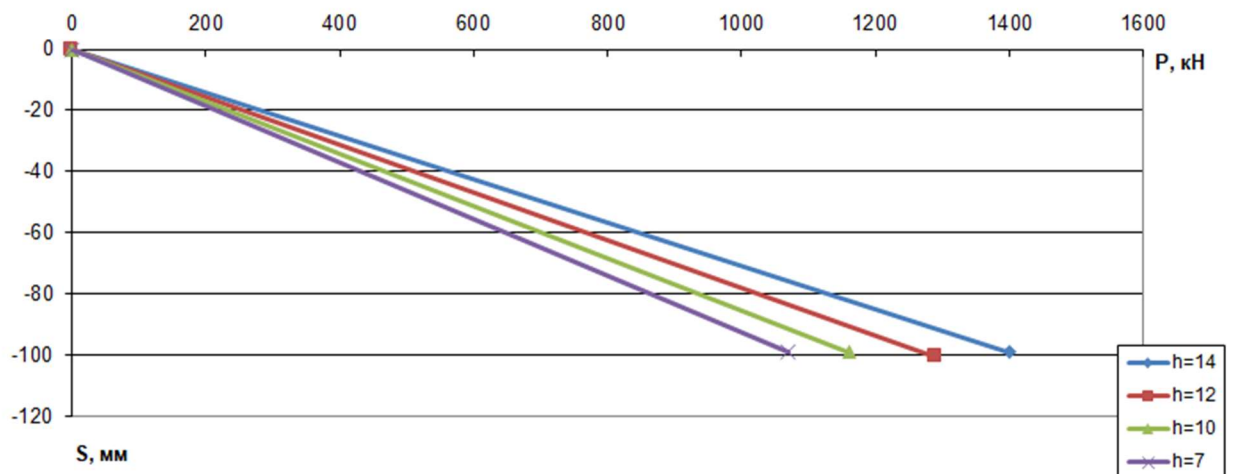


Рисунок 5 – Графік залежності осідання – навантаження для фундаменту типу опускний колодезь для однорідних ґрунтових умов – глина

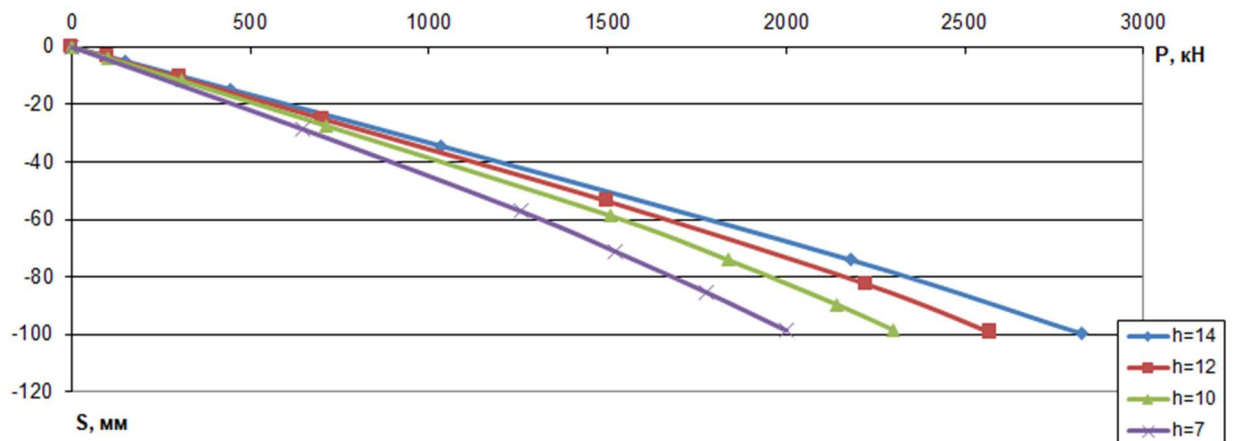


Рисунок 6 – Графік залежності осідання – навантаження для фундаменту типу опускний колодезь для однорідних ґрунтових умов – пісок

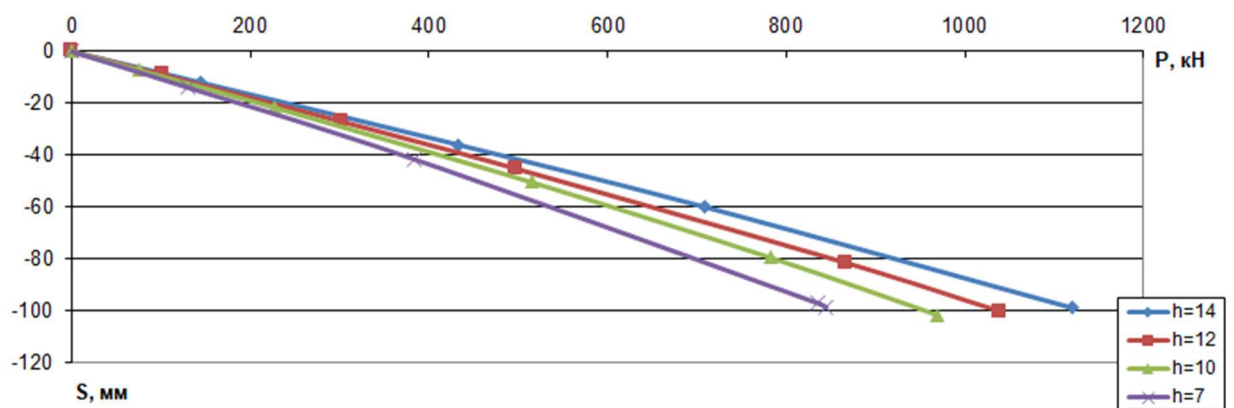


Рисунок 7 – Графік залежності осідання – навантаження для фундаменту типу опускний колодезь для однорідних ґрунтових умов – супісок

## Висновок

Після аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що розвиток деформацій носить закономірний характер, величина вертикальних деформацій не перевищує граничнодопустимих значень.

Чисельним моделюванням за методом скінчених елементів досліджено роботу фундаментів типу опускний колодезь різного конструктивного рішення під дією вертикального навантаження. Аналіз результатів показав, що фундаменти з буронабивних паль працюють краще, деформації ґрунтової основи менші ніж при фундаментах типу опускний колодезь в однакових ґрунтових умовах і при однакових навантаженнях. Також встановлено, що можна зменшити глибину закладання фундаментів підземних споруд кільцевої форми, несуча здатність при цьому змінюється незначно, однак в такому випадку варто ретельного розробити технологію їх влаштування, щоб запобігти переміщенню стінок в рівні дна підземної споруди.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біневська О. М., Блащук Н. В. Удосконалення технологій занурення фундаментів методом «Опускний колодезь». *НТК ВНТУ. XLIX Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання (2020)*. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9406/7834>.
2. Квіток А. А. Технологія зведення будівель і споруд. Конспект лекцій. // Конспект лекцій у напрямі підготовки 08.03.01 - Будівництво. - Великий Новгород: НовГУ ім. Ярослава Мудрого., 2014 р. - стор. 140.
3. Смородинов М.И. Устройство фундаментов с использованием опускных колодцев. - основания, фундаменты и механика грунтов, 1985, № 5.
4. Байцур А.И. Опускные колодцы (проектирование и строительство Киев, Строитель) , 1972. 208 с.
5. Кочерженко В.В. Технология строительства подземных сооружений: Учебное пособие. М: Издательство АСВ, 2000. 160с.
6. Смородинов М.И. Строительство подземной части здания способом опускного колодца. - основания, фундаменты и механика грунтов, 1986, № 5.
7. Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. – Рівне: Видавництво Рівненського ДТУ, 2001. – 367 с.
8. Фундаменти будівель і споруд. Довідковий посібник / Ю.Л.Винников, В.А.Муха, А.В.Яковлев, О.В.Андрієвська, С.В.Біда. – К.: Урожай, 2002. – 423 с.

**Чорний Андрій Володимирович** — студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [andrey.zero1999@gmail.com](mailto:andrey.zero1999@gmail.com)

**Науковий керівник: Блащук Наталя Вікторівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)

**Chorniy Andrew** — student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. [andrey.zero1999@gmail.com](mailto:andrey.zero1999@gmail.com)

**Supervisor: Blaschuk Natalia** – candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsya National Technical University. Vinnitsa. E-mail: [blaschuk@vntu.edu.ua](mailto:blaschuk@vntu.edu.ua)