

ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ОПУСКНИХ КОЛОДЯЗІВ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

В даному дослідженні розглянуто у порівнянні напружено-деформованого стану основи опускних колодязів, проаналізовано несучу здатність при однакових осіданнях фундаменту. Як результат, виконаного програмного моделювання, є підбір кращого конструктивного рішення фундаменту типу опускний колодязь.

Ключові слова: опускний колодязь, палі, ґрунти, фундаменти, конструкції, моделювання.

Abstract

In this study, we consider the comparison of the stress-strain state of the base of the lowering wells, analyzed the bearing capacity with the same subsidence of the foundation. As a result of the performed software modeling, there is a selection of the best constructive decision of the base like the lowering well.

Keywords: downhole, fields, soils, foundations, structures, modeling.

Вступ

Вперше фундаменти типу опускний колодязь почали застосовувати в Індії приблизно дві тисячі років тому для влаштування фундаментів храмів на берегах річок в слабких ґрунтах, в Європі - з кінця ХІХ століття для влаштування опор мостів. З розвитком технологічного прогресу, відбулось вдосконалення фундаментів даного типу, способів їх влаштування [1].

Опускні колодязі застосовуються у випадках:

- міцний ґрунт залягає під слабким на значній глибині (8 м і більше), тоді фундамент можна виконати в варіанті опускного колодязю, який занурюється в ґрунт пройшовши всі шари слабого ґрунту і зупиняється в шарі з оптимальною несучою здатністю;
- у ґрунтового масиві достатньо високий рівень ґрунтових вод;
- ґрунт важко піддається проходці при бурінні, потрібно передати надвисокі навантаження на велику глибину і необхідна висока швидкість виконання будівельно-монтажних робіт [2].

Конструкція опускного колодязю являє собою замкнену в плані оболонку, відкриту зверху і знизу, що занурюється в ґрунт. Під її захистом від великого масиву ґрунту та підземних вод, розробляється і видаляється ґрунт, що всередині колодязю. Після занурення до міцних шарів ґрунту всередині колодязь повністю або частково заповнюється бетоном або внутрішній простір колодязю використовуються в якості корисної площі будівельної споруди [3-4].

До основних переваг опускних колодязів, що забезпечують їх конкурентоспроможність в порівнянні з іншими варіантами фундаментів глибокого закладання, можна віднести:

1. можливість передачі значних горизонтальних і вертикальних навантажень на ґрунт внаслідок великих розмірів поперечного перерізу;
2. можливість заглиблення фундаментів більш, ніж на 40 метрів нижче рівня ґрунтових вод;
3. можливість конструктивного виконання будь-якої геометричної форми фундаменту;
4. не потребують спеціального обладнання для занурення в ґрунт колодязів, за рахунок занурення під дією власної ваги;
5. відсутність вібрацій при зануренні колодязю, що є важливим при будівництві в умовах щільної забудови;
6. можливість використання місцевих будівельних матеріалів.

В якості недоліків, опускних колодязів необхідно вказати наступні:

1. значне недовикористання міцнісних характеристик матеріалів колодязю;
2. велика трудоемність робіт при влаштуванні опускного колодязю;
3. необхідність в точному геодезичному та технічному контролі при зануренні колодязю для запобігання виникнення перекосів, обривів колодязю при його зависанні;
4. втрата часу при зведенні, зумовлена необхідністю припинення занурення колодязю під час нарощування ярусу монолітного бетону.

В цілому сьогодні опускні колодязі мають більше переваг, ніж недоліків, але залишається ще багато можливостей щодо удосконалення їх розрахунку та технології влаштування.

Для зменшення трудомісткості, витрати матеріалу по влаштуванню фундаментів типу опускний колодязь в даній роботі пропонується розглянути як альтернативу влаштування таких фундаментів з бурових палів.

Для оцінки ефективності даного рішення виконано чисельне моделювання опускного колодязю у програмному комплексі Plaxis 3D Foundation [5]. При моделюванні розглянуто опускні колодязі із залізобетонною стінкою товщиною 800 і 1200 мм та колодязі, що виконані з бурових палів різного діаметру 500 мм, 600 мм, 700 мм, 800 мм.

Результати дослідження

За результатами аналітичного огляду стану питання встановлено, що факторами, які впливають на роботу опускного колодязю під навантаженням є:

- діаметр колодязя;
- товщина і глибина занурення стінки;
- ґрунтові умови будівельного майданчику.

У таблиці 1 наведено програму чисельного моделювання роботи під навантаженням опускного колодязя різної конструкції в різних ґрунтових умовах .

Таблиця 1 – Програма чисельного моделювання

Група дослідів	Товщина стінки або діаметр палів, м	Глибина занурення, м	Діаметр колодязя, м	Ґрунтові умови
1	0,8	15	10	суглинок
		20		
		25		
2	0,8	15	10	суглинок
			15	
			20	
3	1,2	15	10	суглинок
				пісок
				супісок
				глина
4	0,5 (бурові палі)	15	10	суглинок
	0,6 (бурові палі)			
	0,7 (бурові палі)			
	0,8 (бурові палі)			
5	0,8 (бурові палі)	15	10	суглинок
		20		
		25		
6	0,8 (бурові палі)	15	10	суглинок
			15	
			20	
7	0,8 (бурові палі)	15	10	суглинок
				пісок
				супісок
				глина

При моделюванні використовувались наступні фізико-механічні характеристики ґрунтів:

- суглинок - потужність шару 30 м, $\gamma_{II}=26,8 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_S=18,7 \text{ кН/м}^3$, $w=0,2$, $e=0,71$, $\gamma_d=15,6 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_{Sat}=19,34 \text{ кН/м}^3$, $\phi=22^\circ$, $c=28 \text{ кПа}$, $v=0,3$, $E=19 \text{ МПа}$;
- супісок - потужність шару 30 м, $\gamma_{II}=27 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_S=18,7 \text{ кН/м}^3$, $w=0,2$, $e=0,73$, $\gamma_d=15,6 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_{Sat}=19,38 \text{ кН/м}^3$, $\phi=28^\circ$, $c=4 \text{ кПа}$, $v=0,3$, $E=32 \text{ МПа}$;
- глина - потужність шару 30 м, $\gamma_{II}=28 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_S=18,7 \text{ кН/м}^3$, $w=0,2$, $e=0,79$, $\gamma_d=15,6 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_{Sat}=19,57 \text{ кН/м}^3$, $\phi=14^\circ$, $c=37 \text{ кПа}$, $v=0,3$, $E=12 \text{ МПа}$;
- пісок - потужність шару 30 м, $\gamma_{II}=26 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_S=20,1 \text{ кН/м}^3$, $w=0,2$, $e=0,55$, $\gamma_d=16,7 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_{Sat}=10,32 \text{ кН/м}^3$, $\phi=38^\circ$, $c=2 \text{ кПа}$, $v=0,3$, $E=40 \text{ МПа}$;

Модель опускного колодязя з суцільними бетонними стінками наведено на рис. 1.

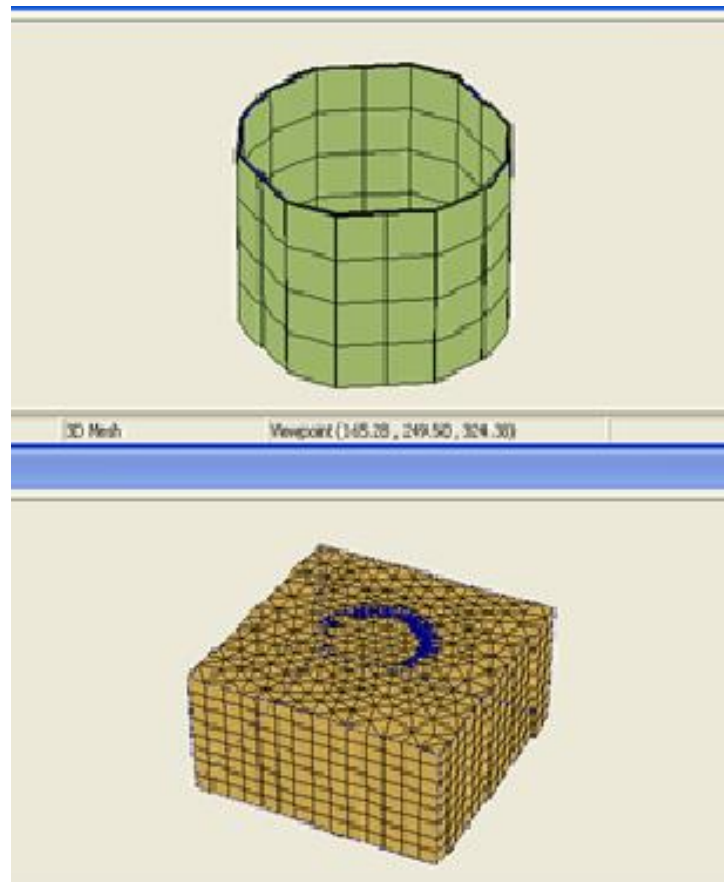


Рис.1 – Кінцево-елементна модель ґрунтового масиву та опускного колодязю

На рис. 2 та 3 наведено мозаїки вертикальних деформацій ґрунтового масиву для колодязів з паль діаметром 800 мм.

Отже, при прийнятих прикладених значеннях навантажень до фундаменту пластичні деформації відсутні, а ґрунт основи деформується лінійно-пружно. У кожному варіанті лінійно-пружні деформації мають різний характер, що видно з мозаїк вертикальних деформацій ґрунтового масиву. Розрахункові значення осідань не перевищують нормативних значень. За результатами числового моделювання при статичному навантаженні $N=5000$ кН визначено несучу здатність фундаменту та його осідання у різних видах ґрунтового масиву і за різного конструктивного рішення.

Навантаження, які може витримати фундамент за аналізом залежностей осідання від навантаження, визначалося при досягненні межі осідання $s = 20$ мм.

Для детальнішого аналізу та порівняння результати розрахунків зведено у графіки залежності осідань від прикладеного навантаження для колодязів влаштованих із паль та із суцільної стінки (рис. 4 - 10).

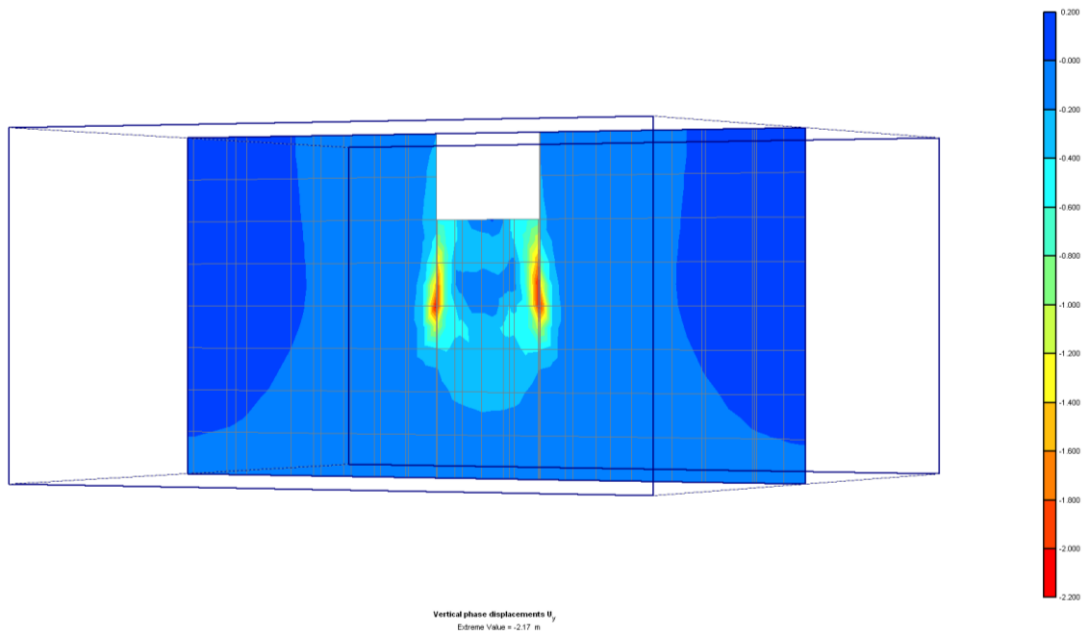


Рис. 2 – Мозаїка вертикальних деформацій ґрунтового масиву для колодязю діаметром 10 м та довжиною 15 м, що виконаний з палів діаметром 800 мм

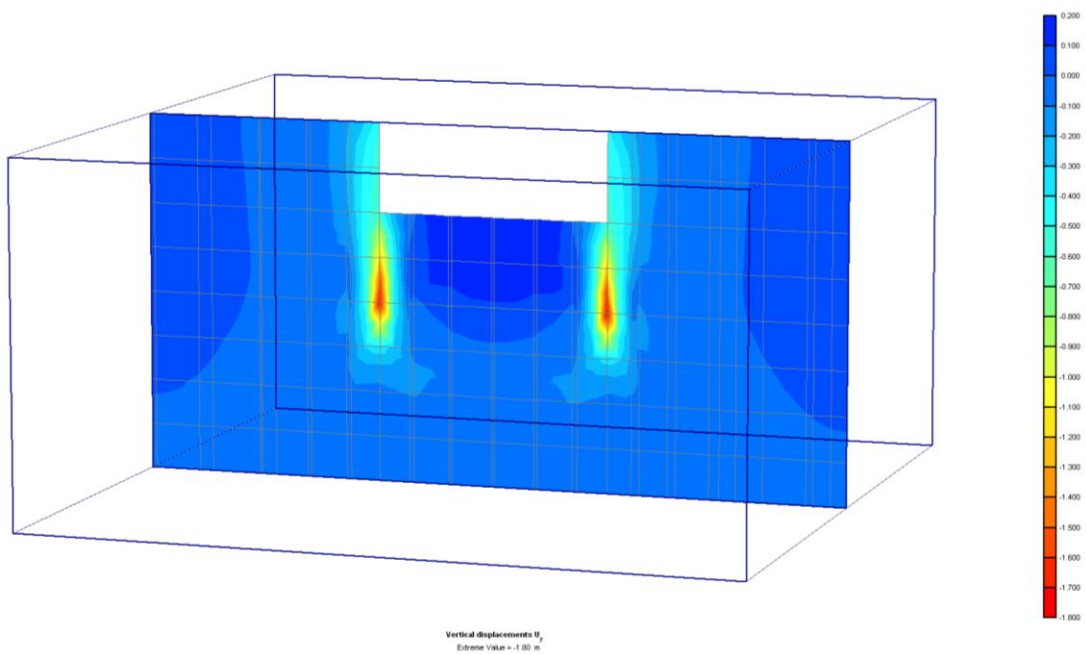


Рис. 3 - Мозаїка вертикальних деформацій ґрунтового масиву для колодязю діаметром 20 м та довжиною 15 м з виконаного з палів діаметром 800 мм

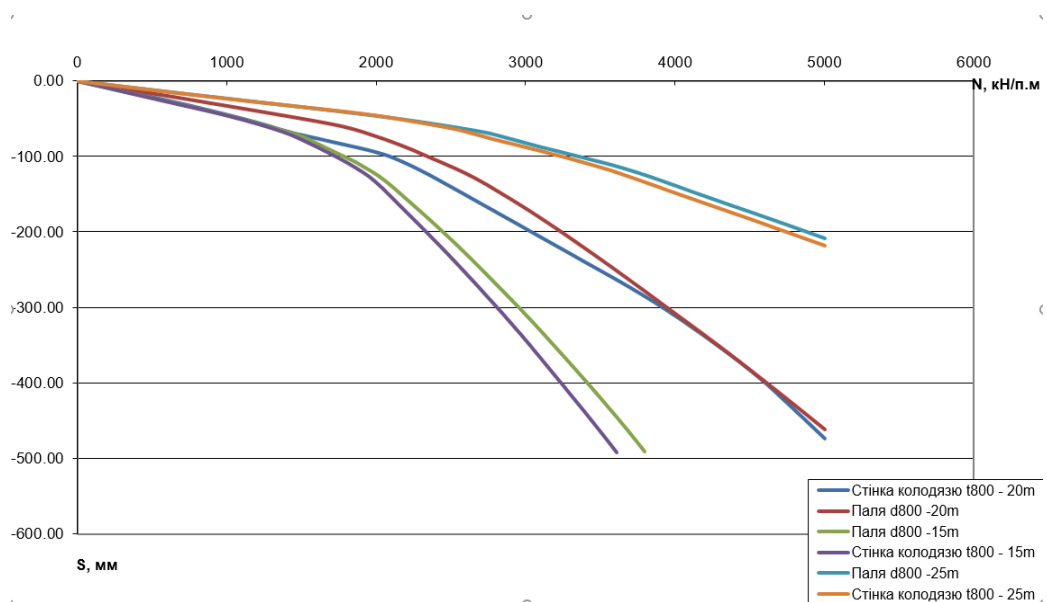


Рис.4 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для різних глибин закладання

На графіку залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для різних глибин закладання чітко видно, що при зміні глибини закладання для двох варіантів фундаменту, фундамент із суцільною стінкою 800 мм дає більші осідання, ніж з паль діаметром 800 мм. Тому доцільніше використовувати паливий фундамент.

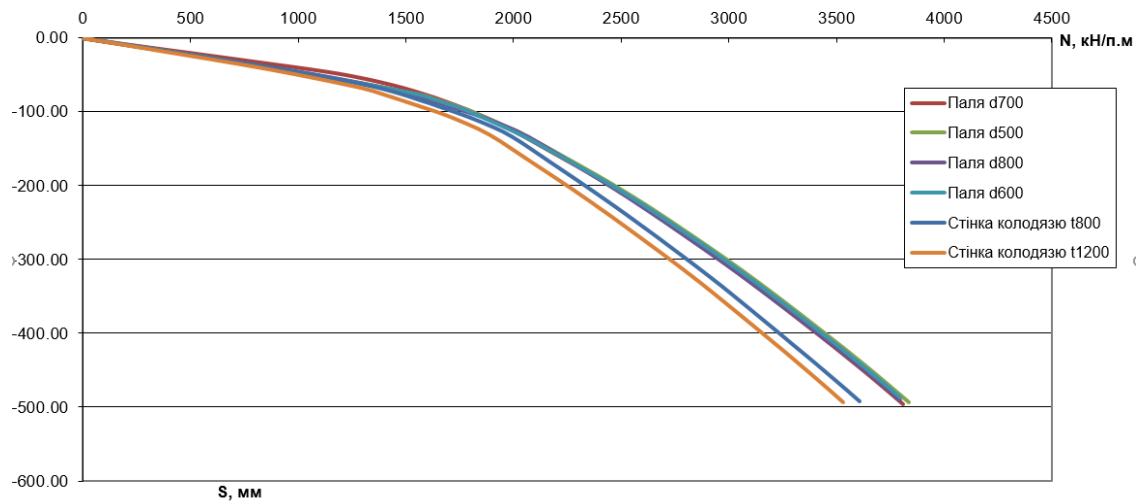


Рис.5 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для однорідного ґрунтового масиву (суглинок)

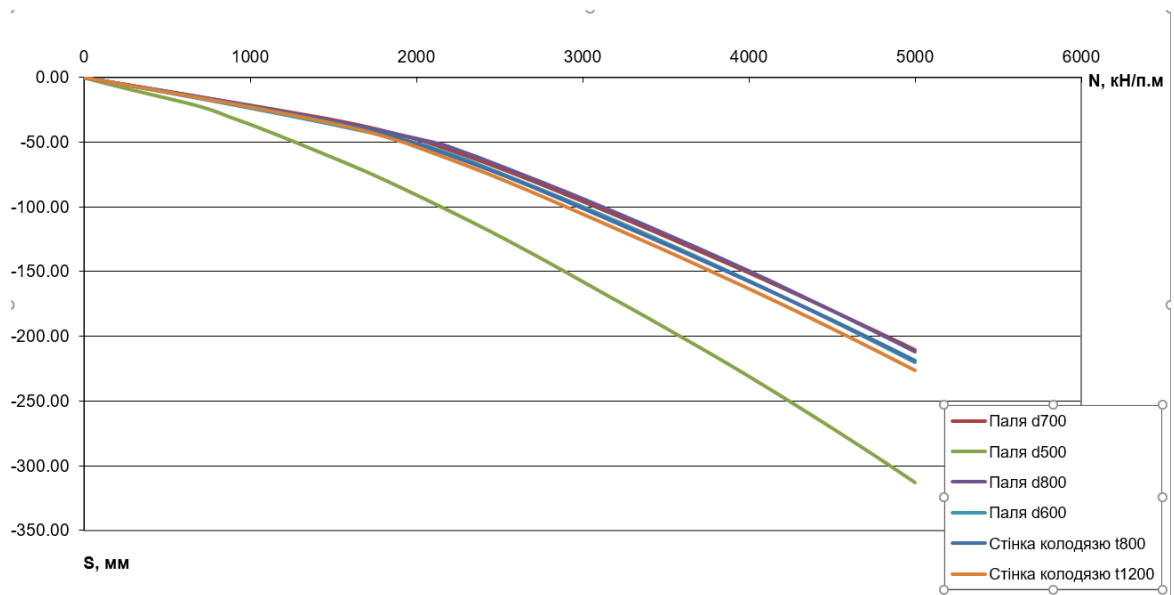


Рис.6 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для однорідного ґрунтового масиву (пісок)

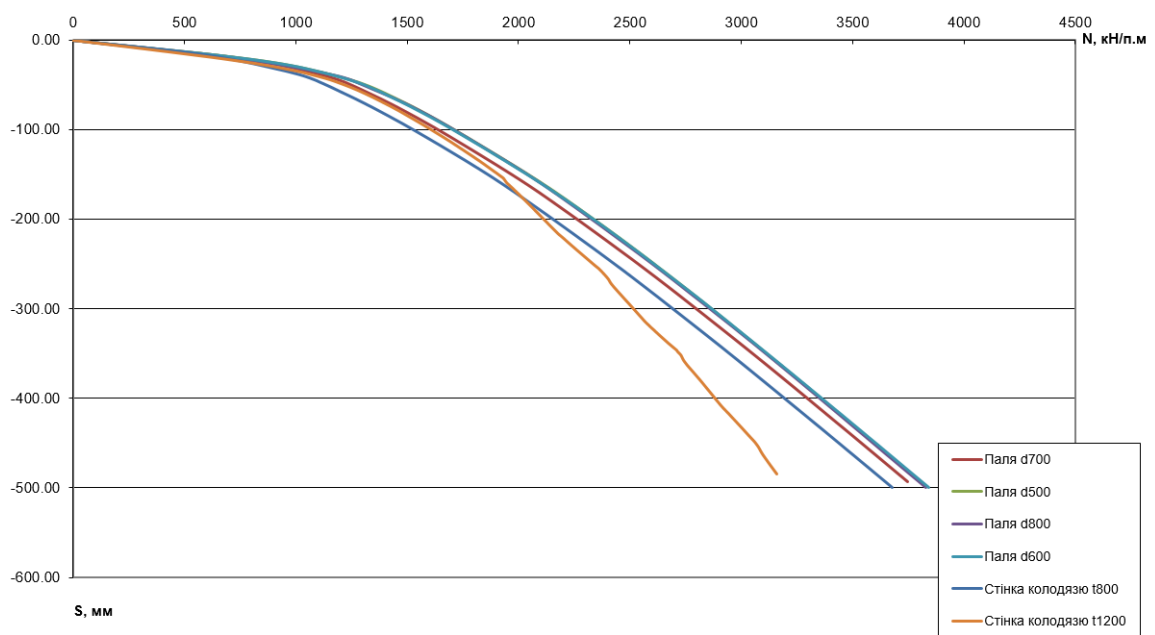


Рис.5 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для однорідного ґрунтового масиву (супісок)

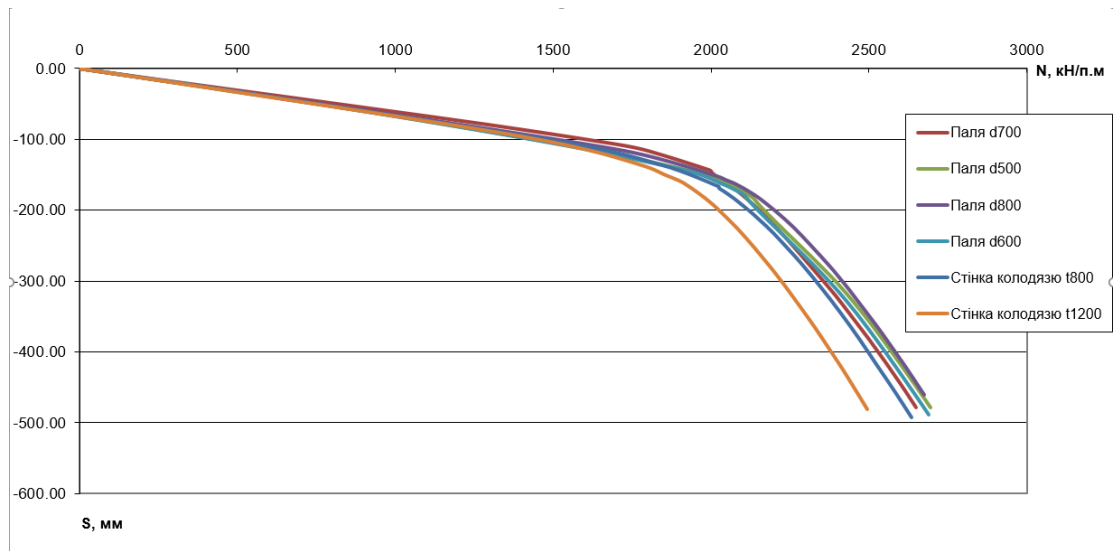


Рис.6 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для однорідного ґрунтового масиву (глина)

Всі графіків залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки мають закономірний характер, більші осідання спостерігаються у фундаменту із суцільною стінкою незалежно від ґрунтових умов. В свою чергу паливий фундамент проявив себе майже однаково у всіх варіантах ґрунтових умов.

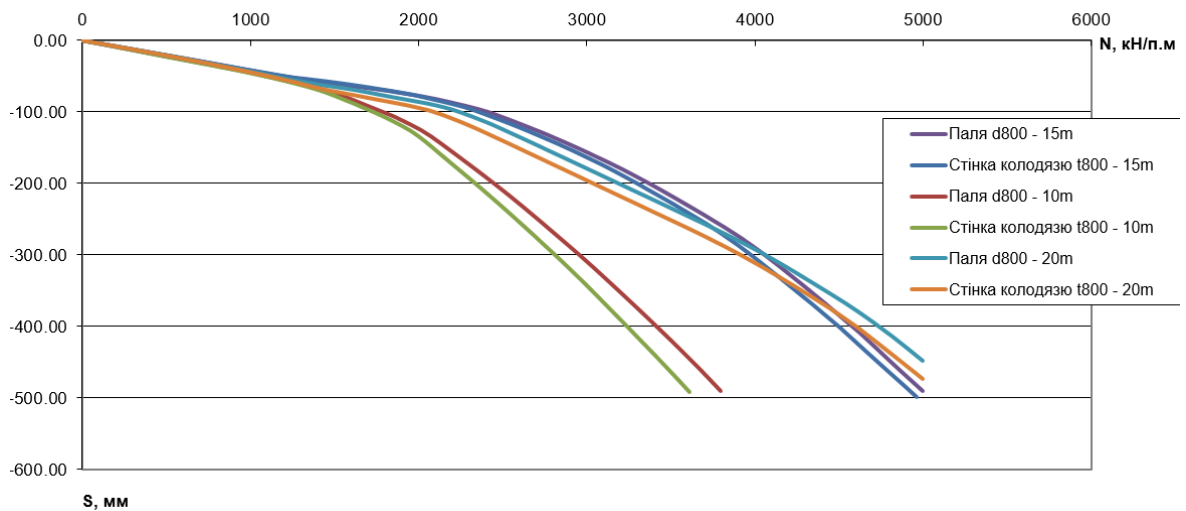


Рис.7 – Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для різних діаметрів колодязю

Графік залежності осідання – навантаження для колодязів із паль та суцільної стінки для різних діаметрів колодязю, а саме 10 м, 15 м, 20 м - демонструє, що незалежно від діаметру колодязю конструктивний варіант фундаменту з паль дає менші осідання, за рахунок чого його можна вважати ефективнішим. Також перевагою такого типу фундаменту є технологія влаштування і менші витрати матеріалів.

Для порівняння несучої здатності опускних колодязів було визначено навантаження на них при осіданні 20 см, дані порівняння наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Несуча здатність опускного колодезя при різній глибині закладання для суцільної стінки та стінки з бурових паль

Грунт	Вид фундаменту	Діаметр колодезя 10 м		
		Довжина фундаменту, м		
		15 м	20 м	25 м
Суглинок	Паля d800 мм	2440	3235	4871
	Стінка колодезя t=800мм	2330	3037	4744

З таблиці порівняння значень несучої здатності фундаменту залежно від глибини закладання колодезя видно, що у ґрунті суглинок при діаметрі колодезя 10 м при будь-якій змодельованій глибині зануренні більша несуча здатність конструкцій у колодезя, який виконаний з паль діаметром 800 мм. Це свідчить про те, що цей варіант фундаменту ефективніший від іншого у запропонованих умовах.

Таблиця 3 – Несуча здатність опускного колодезя з суцільної стінки та стінки з бурових паль в різних одорідних ґрунтових умовах

Грунт	Діаметр колодезя 10 м					
	Вид фундаменту					
	Паля d500 мм	Паля d600 мм	Паля d700 мм	Паля d800 мм	Стінка колодезя t=800 мм	Стінка колодезя t=1200мм
Пісок	3592	4680	4820	4810	4700	4590
Супісок	2339	2334	2262	2334	2157	2114
Глина	2167	2149	2152	2204	2115	2022
Суглинок	2469	2455	2445	2440	2330	2250

На основі даних таблиці 3 несуча здатність фундаменту більша для всіх видів у піску, що є очевидно. Порівнявши всі варіанти фундаментів можна помітити, що несуча здатність у опускних колодезів виконаних з паль є більша, ніж у колодезя з суцільною стінкою.

Таблиця 4 – Несуча здатність фундаменту залежно від діаметру колодезя

Грунт	Вид фундаменту	Довжина фундаменту 15 м		
		Діаметр колодезя, м		
		10 м	15 м	20 м
Суглинок	Паля d800 мм	2440	3375	3188
	Стінка колодезя t=800мм	2330	3304	3037

За даними таблиці 4 видно, що кращим варіантом є колодезь з паль діаметром 800 мм.

Висновок

При порівнянні напружено-деформованого стану основи опускних колодезів з суцільною стінкою та стінкою з бурових паль осідання останніх завжди менші. Несуча здатність при однакових осіданнях буде більша для фундаментів, що влаштовані з ряду бурових паль. Це свідчить про доцільність використання такого виду фундаменту як альтернативи класичному опускному колодезя.

Література

1. Технологія зведення підземної споруди методом опускного колодезя: методичні вказівки до виконання курсової роботи. Укладачі: В.В. Савйовський, Г.М. Тонкачев. К.: КНУБА, 2017. – с. 24.

2. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 та №2. - [Чинний від 2012-07-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).
3. Силин К. С., Глотов Н. М., Завриев К. С. Проектирование фундаментов глубокого заложения. – Москва: Транспорт, 1981. – 252 с.
4. Тарасенко О.В. Вдосконалення конструкції фундаменту типу «опускний колодезь» в умовах щільної міської забудови : автореф. магістерської дис. : Київ, 2018. 14 с.
5. Plaxis 3D Foundation – Учебное пособие/ Меров А. – М, 2009. – 84 с.

Біневська Ольга, студентка кафедри міського господарства будівництва і архітектури, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, e-mail: b17msbinevska@gmail.com .

Науковий керівник: Блащук Наталя Вікторівна – асистент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Binevska Olga student of Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University. . email: b17msbinevska@gmail.com .

Supervisor: Blaschuk Natalia V. - Assistant Professor of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University.