

Extensive use of solar panels for providing low-rise buildings with electricity has led to the development of methods for assessing the load-bearing capacity of solar panels, taking into account the size of the panel, the angle of inclination to the horizon and climatic loads in a given geographical area.

The solar panels are calculated as plates hinged along the contour. Self-weight loads of the panel, snow, wind and ice loads are determined according to DBN B.1.2-2: 2006 "Loads and impacts" and are reduced to a component that is normal to the plane of the panel. Working formulas were obtained for determining the extreme and operational design values of loads, checking the strength and deflection of panels, as well as the maximum allowable spans according to the criteria of strength and structural rigidity. An example of calculation of solar panels placed at angles of inclination to the horizon from 15° to 75° on the roof of a building in Kropyvnytskyi were performed. Strength checks should be performed on combinations of panel self-weight, snow and maximum wind pressure. Deflection check at small angles of panels inclination is carried out taking into account the same combination of loads, and at big angles of inclination - taking into account only ice load. In all cases, the condition of rigidity is decisive. Permissible span L (smaller size) of a solar panel with 3 mm tempered glass sheathing in the conditions of Kropyvnytskyi varies from 0.68 m to 1.36 m. It increases as the angle of inclination increases and as the B/L ratio approaches to 1. The allowable span varies by 13...16% with length ratio of the larger side of solar panel to the smaller one in the range from 1.4 to 2.0. This allows to take the values of the allowable span, corresponding to the ratio of the parties $B/L=2.0$ in order to simplify the safety margin.

The obtained working formulas and their implementation in the form of a calculation sheet in Microsoft Excel allows to perform similar calculations for other source data. Further research focuses on the establishment of allowable spans of solar panels of typical design in the conditions of each of the regions of Ukraine.

energy efficiency of buildings, solar panels, bearing capacity

Одержано (Received) 28.09.2021

Прорецензовано (Reviewed) 22.10.2021

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022

УДК 624.044:624.012

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.168-175](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.168-175)

В.А. Пашинський, проф., д-р. техн. наук, **А.А. Тихий**, доц., канд. техн. наук,
М.В. Пашинський, канд. техн. наук, **С.О. Карпушин**, доц., канд. техн. наук,
В.В. Яцун, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: a.a.tihiy@gmail.com*

Порівняння методів розрахунку плитних фундаментів з урахуванням результатів інженерно-геологічних вишукувань та геодезичних спостережень за процесом просідання

На прикладі фундаменту під силос зернохосвища у вигляді круглої залізобетонної плити діаметром 20,4 м виконане порівняння трьох методів розрахунку осідання суцільних плитних фундаментів. Розрахунки за моделлю плити на пружній основі та за моделлю об'ємних скінченних елементів дали середні значення осідання 2,15 см та 2,4 см, близькі до фактичної величини 1,75 см, отриманої за результатами натурних геодезичних спостережень, що велися з початку будівництва об'єкту. Регламентований чинними нормами проектування розрахунок за методом пошарового підсумовування дав різко завищений результат 13,7 см.

плитні фундаменти, осідання, методи розрахунку

Постановка проблеми. Сучасні світові тенденції до збільшення висоти будівель і споруд у комплексі з освоєнням територій з несприятливими інженерно-геологічними умовами обумовлюють доцільність використання фундаментів у вигляді суцільних залізобетонних плит [1, 2]. Такі фундаменти, при порівняно невеликій товщині та глибині закладення, простоті технологічного процесу влаштування, мають переваги щодо передачі значних навантажень навіть на слабкі ґрунти, а також забезпечують дотримання конструктивних вимог щодо незмінного взаємного положення елементів будівель високого класу відповідальності [3].

Особливої актуальності набувають питання проектування фундаментів для циліндричних споруд агропромислового комплексу, зокрема силосів зерносховищ [4, 5]. Огороджувальна металоконструкція силосу зерносховища за ваговими показниками співрозмірна з вагою зерна [6], тому залізобетонна плита фундаменту, що є по суті дном силосу, представляє собою рівномірно завантажений диск. Класично фундамент у вигляді суцільної залізобетонної плити розглядається як круга в плані плита на пружній основі. Другим розрахунковим положенням для даного плитного фундаменту є порожній силос, при цьому плита фундаменту завантажена лише по периметру. Робота плити фундаменту може нагадувати низькочастотне реверсивне деформування мембрани, що стиснена по периметру. Це призводить до необхідності виконання досить складних розрахунків взаємного реверсивного напружено-деформованого стану основи і самого плитного фундаменту. Процес проектування істотно ускладнюється при неоднорідних та неузгоджених ґрунтових нашаруваннях основи в межах будівельного майданчика, що виявлені в результаті інженерно-геологічних вишукувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з вимогами чинних норм проектування [7], основи та фундаменти розраховуються за методом граничних станів. Головна мета розрахунку основ зводиться до виключення надто великих, у тому числі нерівномірних, осідань фундаментів, які можуть призвести до деформування, пошкодження або руйнування будівлі чи споруди, яка обпирається на фундамент. Гранично допустимі значення осідань різних фундаментів наведені в ДБН [8]. Класична методика визначення осідання фундаментів полягає у визначенні вертикальних деформацій достатньо тонких шарів ґрунту, розміщених на різній глибині. Осідання фундаменту дорівнює сумі деформацій усіх шарів від підшови фундаменту до глибини затухання деформацій.

Відомо [2], що ґрунти в основах багатьох споруд, особливо в складних інженерно-геологічних умовах та при великих навантаженнях, досить часто працюють за межею лінійного деформування. Це викликає необхідність розрахунку системи "будівля-фундамент-основа" на основі положень нелінійної механіки ґрунтів.

Необхідність застосування нелінійних підходів при вирішенні складних геотехнічних задач обґрунтована в статтях [4, 5], де акцентується увага на необхідності урахування переміщень основи за рахунок пластичних деформацій ґрунту, особливо при аналізі зсувних процесів на схилах. Комплексне застосування нелінійних методів разом з методом скінченних елементів дозволяє підвищити ефективність проектних рішень.

В роботі [2] показано, що максимальне наближення математичної моделі до реальних умов і найкраще поєднання надійності та економічності можна досягнути за рахунок використання нелінійних методів розрахунків, що базуються на рішенні пружно-пластичних задач. Одна і та ж розрахункова модель ґрунту дозволяє розглянути граничні стани двох груп та визначити напружено-деформований стан кожної точки основи з урахуванням заданих фізичних умов, а також морфології,

геології, гідрогеології, фільтраційного тиску, динамічних навантажень та інших факторів. Зв'язок між пластичними деформаціями та напруженнями в основі відображається диференційними рівняннями, вибір яких визначається видом пружно-пластичної моделі.

В роботі [4] показано, що визначення осідань на основі моделей лінійно-деформованого середовища призводить до завищення реальних осідань у 2,3...2,5 рази і тим самим обумовлює високі запаси несучої здатності основи. Нелінійні рішення пропонується реалізувати чисельними методами, зокрема методом скінченних елементів. Можливість таких рішень реалізована в програмному комплексі Structure construction automatic design (SCAD)++[9].

Більш простими моделями, які дозволяють певною мірою врахувати нелінійність роботи ґрунтової основи є моделі плит на пружній основі зі змінними характеристиками [10]. Характеристики основи задаються через коефіцієнт постелі, який характеризує роботу ґрунту під навантаженням та визначається окремо для кожної зони основи.

Особливо актуальним є уточнення розрахунків основ під суцільні плитні фундаменти значних розмірів, у межах яких необхідно адекватно урахувати як природну мінливість характеристик основи, так і деформативність самого фундаменту. Досвід проектування [5] показує, що існуючі методи розрахунків плитних фундаментів можуть давати різні результати, значною мірою відмінні від експериментальних даних.

Постановка завдання. З'ясувати закономірності і особливості спільної роботи плитного фундаменту і ґрунтової основи, дослідити вплив анізотропії ґрунтів на напружено-деформований стан основ плитних фундаментів, з'ясувати особливості визначення розрахункового опору основ плитних фундаментів, розробити метод визначення осідань основ плитних фундаментів за даними короткострокових геодезичних вимірів.

Об'єкт дослідження. Порівняння методів розрахунку здійснене на прикладі фундаменту під силос зернохосвища об'ємом 8841 м³. Фундамент виконаний у вигляді круглої залізобетонної плити діаметром 20,4 м і товщиною 0,8 м, заглибленої в ґрунт на 1,1 м. Для установки сталевих конструкцій силосу вище поверхні ґрунту влаштована друга плита товщиною 600 мм з конструктивним армуванням, яка одночасно служить днищем силосу. Простір між плитами заповнений утрамбованим фракційним щебенем. Схема вертикального перерізу фундаменту з геологічним розрізом ґрунтової основи зображена на рисунку 1.

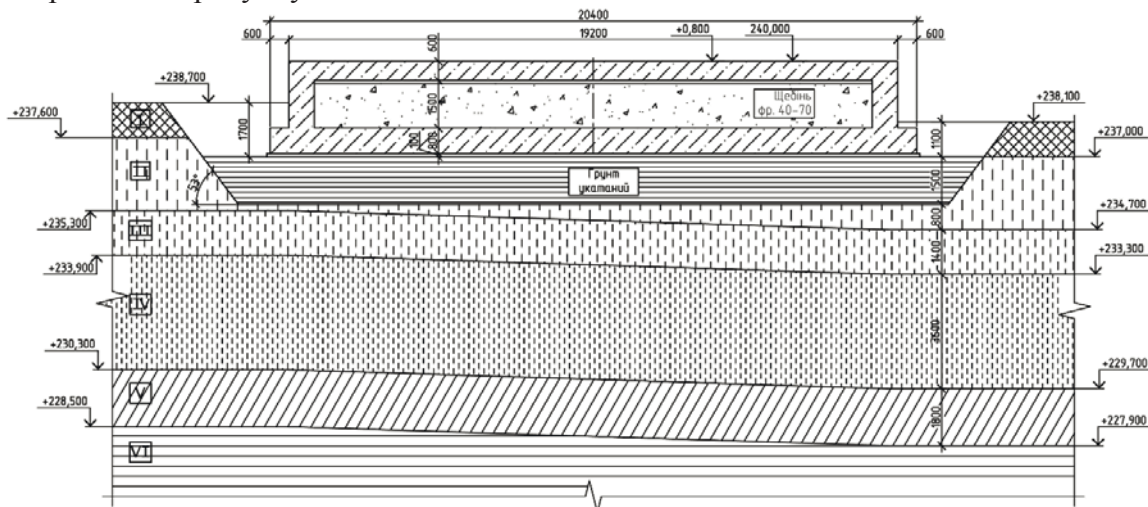


Рисунок 1 – Схема фундаментної плити та основи під силос ємністю 8,841 тис. м³
Джерело: робочі креслення зернохосвища.

Методика і результати інженерно-геологічних вишукувань. Зображений на рисунку 1 геологічний розріз побудовано за результатами інженерно-геологічних вишукувань, виконаних згідно з вимогами ДБН [11]. У процесі вишукувань в зоні розміщення зерносховища були пробурені свердловини глибиною близько 10 м, з яких відбиралися зразки ґрунтів основи. Отримані за результатами випробувань технічні характеристики ґрунтів наведені в таблиці 1, а їх позначення та товщини шарів вказані на рисунку 1. Наявні ґрунти можуть бути використані в якості природної основи, а наведені технічні характеристики забезпечують можливість виконання розрахунків осідання фундаменту відомими методами, які обрані для виконаного нижче порівняльного аналізу.

Таблиця 1 – Технічні характеристики ґрунтів основи силосу

Найменування	Питома вага, тс/м ³	Модуль деформації, тс/м ²	Модуль пружності, тс/м ²	Коефіцієнт Пуассона	Коефіцієнт переущільнення	Тиск переущільн., тс/м ²
I – насипний шар	2	2500	20833,333	0,35	1	5
II – суглинок жовто-бурий, лесоподібний	1,68	820	6833,333	0,35	1	5
III – суглинок палево-жовтий, лесоподібний	1,72	870	7250	0,35	1	5
IV – суглинок бурий, лесоподібний	1,8	1000	8333,333	0,35	1	5
IV(в) – суглинок бурий, лесоподібний	1,837	570	4750	0,35	1	5
V – суглинок жовтий, водонасичений	1,91	570	4750	0,35	1	5
VI – глина бура, неперсідна	2	2200	18333,333	0,42	1	5

Джерело: розроблено авторами

Розрахунок за моделлю Вінклера. Ця модель представляє собою плиту на пружній основі з коефіцієнтом постелі. Коефіцієнт стиснення C зв'язує інтенсивність вертикального відпору ґрунту з його осіданням. На підставі геологічних даних з таблиці 1 встановлено, що для різних зон підшви фундаменту коефіцієнт постелі змінюється в таких межах: $C = 0,07 \dots 1215 \text{ т/м}^3$.

Осідання різних зон підшви фундаменту визначені в модулі «Кросс» програмного комплексу SCAD Office. При сумарному навантаженні на фундамент 2741 тс осідання різних зон фундаменту змінюються від 0,37 см до 4,75 см при середньому значенні 2,15 см. Товщина деформованого шару основи становить 12,24 м.

Розподіли коефіцієнта постелі C та величин осідання по підшві фундаменту відображені на рисунках 2 і 3, де більші значення відображаються більш темним кольором. З рисунків видно, що в напрямку від центру до краю фундаменту коефіцієнти постелі зростають, а осідання зменшуються. Істотне зменшення коефіцієнтів постелі спостерігається також у зоні зовнішнього контуру фундаменту.

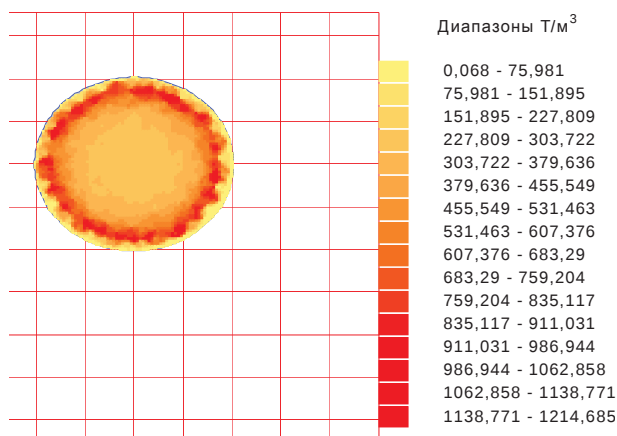


Рисунок 2 – Коефіцієнт постелі C
Джерело: розроблено авторами

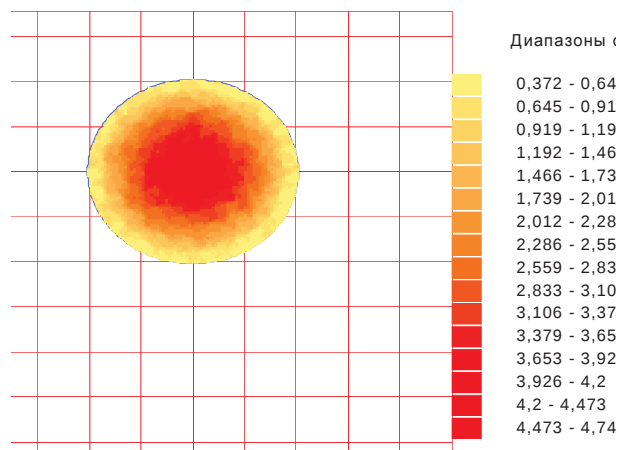
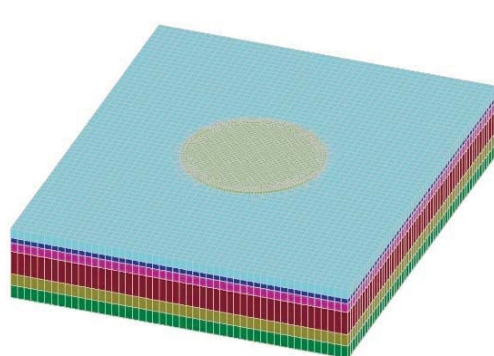


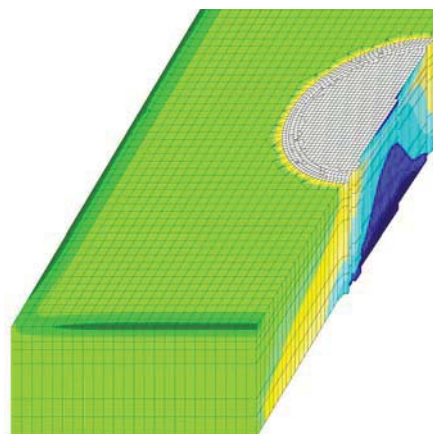
Рисунок 3 – Осідання фундаменту
Джерело: розроблено авторами

Розрахунок за моделлю об'ємних скінченних елементів. Ґрунтова основа представлена у вигляді лінійно-деформованого шару скінченної товщини. У схему введені 6 верхніх шарів, зображених на рисунку 1, нижче яких ґрунт вважається нестисливим. Розміри моделі в плані обмежені шляхом включення до розрахункової схеми масиву ґрунту, віддаленого не більше ніж на півтори товщини деформованого шару основи. Для фундаменту, зображеного на рисунку 1, розглянуто ґрунтовий масив у формі паралелепіпеда з розмірами в плані 40.4×40.4 м. Розрахункова схема ґрунтової основи зображена на рисунку 4, а необхідні для розрахунків характеристики ґрунтів наведені в таблиці 1.



Плита		$h=0.8$
ґрункатаний		$E = 20833 \text{ T/m}^2$
ПЕ-2		$E = 6833 \text{ T/m}^2$
ПЕ-3		$E = 7250 \text{ T/m}^2$
ПЕ-4		$E = 8333 \text{ T/m}^2$
ПЕ-5		$E = 4750 \text{ T/m}^2$
ПЕ-6		$E = 18333 \text{ T/m}^2$

Рисунок 4 – Схема основи для розрахунку за методом скінченних елементів
Джерело: розроблено авторами



-45,62	-41,29	-15,32	-10,99
-41,29	-36,96	-10,99	-6,66
-36,96	-32,63	-6,66	-2,33
-32,63	-28,3	-2,33	2,0
-28,3	-23,97	2,0	6,33
-23,97	-19,65	6,33	10,66
-19,65	-15,32	10,66	14,99

Рисунок 5 – Деформована схема ґрунтової основи під плитний фундамент
Джерело: розроблено авторами

Модель (рис. 4) сформована в середовищі програмного комплексу SCAD Office на основі об'ємних скінченних елементів кубічної форми. Статичний розрахунок розробленої моделі виконаний в лінійній постановці. У результаті розрахунку встановлені переміщення окремих скінченних елементів та загальна деформована схема ґрунтової основи, наведена на рисунку 5. Осідання фундаменту в різних зонах змінюються від 0,23 см до 4,56 см при середньому значенні 2,4 см.

Окрім того, за результатами розрахунку отримані рекомендації щодо армування круглої фундаментної плити металевого силосу, представлені у формі ізополів необхідної площі перерізу робочої арматури на метр ширини плити.

Розрахунок за методом пошарового підсумовування. Ґрунтова основа розглядається як лінійно-деформований напівпростір. Технічні характеристики усіх шарів ґрунту прийняті згідно з таблицею 1. Обчислення осідання фундаменту згідно з вказівками ДБН В.2.1-10:2018 [8] реалізоване в середовищі Microsoft Excel за відомою методикою [4].

Для виконання розрахунку товща ґрунтової основи до глибини 12,1 м розділена на 26 шарів товщиною 40 см та 50 см. У результаті розрахунку отримане осідання фундаментної плити рівне 13,7 см, яке можна вважати максимальним значенням по усій підшві фундаменту.

Натурні геодезичні спостереження за осіданням. Для аналізу використані дані, отримані інститутом «Укрґенпроект», м. Київ по спостереженню за осіданнями плитних фундаментів декількох силосів для зберігання зерна в м. Кропивницький: силос для зберігання зерна місткістю 8841 м³ та силос для зберігання зерна місткістю 6390 м³. Спостереження за осіданнями [12] велися з початку будівництва об'єктів і до їх стабілізації. Репери для нівелювання були розташовані в місцях, що забезпечують незмінність позначки репера протягом всього терміну спостережень. Фактичне середнє осідання основи споруди за період спостереження склало 17,5 мм (від 11 до 24 мм). Аналіз даних спостережень показує, що осідання фундаментів силосу практично стабілізувалися, нерівномірність осідань не перевищує допустимих величин.

Висновки. Порівняння результатів розрахунку осідань фундаменту показало, що врахування геологічних особливостей основи є визначальним фактором при аналізі НДС фундаменту. Цей фактор істотно впливає на переміщення вузлів фундаменту і напруження в конструктивних елементах.

Порівняння результатів осідання фундаменту показали наступні значення: модель на пружній основі з визначеним коефіцієнтом постелі – 4,75 см; модель на пружній основі з використанням об'ємних скінченних елементів – 4,56 см; осідання за деформаціями основ згідно ДБН В.2.1-10:2018 – 13,7 см; реальні геодезичні спостереження – 2,4 см.

Аналізуючи способи врахування основи, можна зробити висновок, що модель з використанням коефіцієнтів постелі відрізняється простотою реалізації, в той час як модель конструкції з основою з об'ємних скінченних елементів більш трудомістка, але дозволяє за допомогою деформованих схем з більшою точністю спрогнозувати поведінку конструкції в реальних геологічних умовах із заданими навантаженнями. Метод пошарового підсумовування, регламентований ДБН В.2.1-10:2018, дає різко завищені значення просідань, порівняно з першими двома методами. Результати цього розрахунку істотно перевищують реальні значення просідань, визначених натурними геодезичними спостереженнями, і тим самим створюють надмірні запаси надійності при проектуванні фундаментів.

Список літератури

1. Будівельні конструкції: навчальний посібник / Ю.Л. Винников, С.Ф. Пічугін, О.О. Довженко, А.О. Дмитренко. Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. 400 с.
2. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти : підручник / В.Б. Швець та ін.; Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. 232 с.
3. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ ДП «УкрНДНЦ», 2019. 13 с. (Національний стандарт України).
4. Іваник І.Г., Пожар Р.С., Іваник Я.І. Математична модель розрахунку круглого в плані залізобетонного силосу, посиленого композитними стрічками . *Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури*. 2013. Вип. 49. С. 111–119.
5. Розрахунок круглого в плані залізобетонного фундаменту, посиленого композитними матеріалами / І.Г. Іваник та ін. Електронний науковий архів Науково-технічної бібліотеки Національного університету «Львівська політехніка». Львів: Львівська політехніка, *Теорія і практика будівництва*. 2013. №755. С. 144–151.
6. Масюк Г.Х. Залізобетонні конструкції інженерних споруд промислових підприємств: Навчальний посібник . Рівне : НУВГП, 2011. 212 с.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010: Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 123 с. (Національний стандарт України).
8. ДБН В.2.1-10:2018: Основи і фундаменти будівель та споруд . [Чинний від 01-01-2019]. К.: Міністерство будівництва України, 2018. 36 с.
9. SCAD help. Онлайн-курси від розробників. URL: <https://scadhelp.com/courses> (дата звернення: 27.09.2021).
10. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа . К. : Сталь, 2002. 600 с.
11. ДБН В.2.2-8-98. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна . К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 39 с.
12. Статистичний аналіз результатів геодезичних зйомок колій мостових кранів у виробничих будівлях / В. А. Пашинський, А. А. Тихий, М. В. Пашинський, С. Ф. Пічугін . *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. Вип. 81. С. 87-96.

References

1. Vynnykov, YU.L., Pichugin, S.F., Dovzhenko, O.O. & Dmytrenko, A.O. (2015). *Budivel'ni konstruktsiyi: navchal'nyy posibnyk [Building constructions: textbook]* . Poltava: TOV «ASMI» [in Ukrainian].
2. Shvets', V.B., Boyko, I.P., Vynnykov, YU.L. & Zotsenko, M.L. (2014). *Mekhanika gruntiv. Osnovy ta fundamenti [Soil mechanics. Bases and foundations]*. Dnipropetrovsk: «Porohy» [in Ukrainian].
3. *Budivli ta sporudy. Vyznachennya klasu naslidkiv (vidpovidal'nosti) [Buildings and structures. Determining the class of consequences (responsibility)]*. (2019). DSTU 8855:2019. Kyiv, DP «UkrNDNTS» [in Ukrainian].
4. Ivanyk, I.H., Pozhar, R.S. & Ivanyk, Ya.I. (2013). *Matematychna model' rozrakhunku kruhloho v plani zalizobetonnoho sylosu, posylenoho kompozytnymy strichkami [Mathematical model of round calculation in terms of reinforced concrete silo reinforced with composite tapes]*. Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Odessa, ODABA, 49, part. 2, 111–119 [in Ukrainian].
5. Ivanyk, I.H., Martynovych, B.T., Pozhar, R.S., Ivanyk, Yu.I. & Ivanyk, Ya.I. (2013). *Rozrakhunok kruhloho v plani zalizobetonnoho fundamentu, posylenoho kompozytnymy materialamy [Calculation of round in terms of reinforced concrete foundation reinforced with composite materials]*. Electronic scientific archive of the Scientific and Technical Library of the National University "Lviv Polytechnic". Lviv, Lviv Polytechnic. *Teoriia i praktyka budivnytstva –Theory and practice of construction*, 755, 144–151. [in Ukrainian].
6. Masyuk, H.Kh. (2011). *Zalizobetonni konstruktsiyi inzhenernykh sporud promyslovykh pidpryyemstv: Navchal'nyy posibnyk [Reinforced concrete structures of engineering structures of industrial enterprises: Textbook]*. Rivne: NUVGP [in Ukrainian].
7. *Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiynykh vplyviv, vid pozhazhi. Budivel'na klimatohiya. [Protection against dangerous geological processes, harmful operational influences, fire. Construction climatology]*. (2010). DSTU-N B V.1.1–27:2010. Kyiv, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 123 p. [in Ukrainian].

8. *Osnovy i fundamenti budivel' ta sporud [Foundations of buildings and structures]*. (2018). DBN V.2.1-10:2018. Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine [in Ukrainian].
9. SCAD help. Online courses from developers. *scadhelp.com*. Retrieved from: <https://scadhelp.com/courses> [in Russian].
10. Perel'muter, A.V. & Slivker, V.I. (2002). *Raschetnyye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh analiza [Design models of structures and the possibility of their analysis]*. Kiev : Steel [in Russian].
11. Pidpryyemstva, budivli i sporudy po zberihannyu ta pererobtsi zerna [Enterprises, buildings and structures for storage and processing of grain]. (2009). DBN V.2.2-8-98. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine [in Ukrainian].
12. Pashynskyi, V.A., Tykhyi, A.A., Pashynskyi M.V. & Pichugin S.F. (2020). Statystychnyy analiz rezul'tativ heodezychnykh z'yomok kolyi mostovykh kraniv u vyrobnychkykh budivlyakh [Statistical analysis of the results of geodetic surveys of bridge cranes in industrial buildings]. *Visnyk Odes'koi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, Vol. 81, 87-96 [in Ukrainian].

Victor Pashynskyi, Prof., DSc., **Andrii Tykhyi**, Assoc. Prof., **Mykola Pashynskyi**, PhD tech. sci., **Serhii Karpushyn**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Yatsun**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Comparison of Methods for Calculating Slab Foundations, Taking Into Account the Results of Geotechnical Surveys and Geodetic Observations of the Subsidence Process

Increasing the height of buildings and structures in combination with the development of areas with unfavorable geotechnical conditions cause the use of foundations in the form of solid reinforced concrete slabs. In complex geotechnical conditions and under high loads, the soils can work beyond linear deformation. This necessitates the calculation of the system "building-foundation-soil" based on the assumptions of nonlinear soil mechanics. The issue of designing foundations for cylindrical structures of the agro-industrial complex, in particular granaries, is especially relevant. The task of this study is a comparative analysis of different methods for calculating the subsidence of slab foundations to select a rational model of deformation of the soil.

The comparison of calculation methods is carried out on the example of the foundation under the granary with a volume of 8841 m³. The foundation is made in the form of a round reinforced concrete slab with a diameter of 20.4 m. The characteristics of the soil are established by the results of geotechnical surveys. The calculation according to the Winkler model (elastic base plate with one coefficient of subgrade reaction) was performed in the "Cross" module of the SCAD Office software package. With a total load on the foundation of 2741 tf, its average subsidence is 2.15 cm. The calculation according to the model of three-dimensional finite elements of cubic shape was performed in the environment of the SCAD Office software package. The average subsidence of the foundation is 2.4 cm. The calculation by the method of layer-by-layer summation according to the instructions of DBN B.2.1-10: 2018 gave the subsidence of the foundation slab equal to 13.7 cm. The actual average subsidence of the foundation during the observation period in different areas of the foundation was 1.1... 2.4 cm and averaged 1.75 cm.

The comparison of the analyzed methods for determining the subsidence of the foundation indicates the closeness of the results of calculations on the model of the slab on an elastic basis and the model of three-dimensional finite elements to the actual value of subsidence and the greatly higher result of the calculation by layer summation. The use of the latter method leads to excessive reliability in the design of foundations.

slab foundations, subsidence, calculation methods

Одержано (Received) 11.10.2021

Прорецензовано (Reviewed) 21.11.2022

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022