

УДК 624.954:624.15

Винников Ю.Л., докт. техн. наук, професор

Харченко М.О., канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Марченко В. І., канд. техн. наук, інженер

Кічасов О.С., інженер

ТОВ «НТП «АЛЬМАГРУП», м. Кременчук, oleksiikichasov@gmail.com

### АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «ОСНОВА – ФУНДАМЕНТ – МЕТАЛЕВИЙ СИЛОС» З УРАХУВАННЯМ МІНЛИВОСТІ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

На сьогодні найбільш поширеною технологією сушіння, зберігання й переробки зернових культур є використання елеваторів з металевими силосами (в т. ч. з конусним і плоским днищем), норіями, транспортерами, зерносушилками і т. ін. Агропромисловість – одна з пріоритетних галузей України, а тому попит на елеватори лише зростатиме, що й спостерігається останнім часом. Для таких конструкцій силосів найбільш відповідальними елементами є фундамент і металевий корпус (стінки й покрівля). Металевий корпус збірний, а тому аварії з ним можливі лише за умови недотримання технологічних вимог при монтажі й експлуатації. Більшість ускладнень та аварійних ситуацій при експлуатації силосів викликано нерівномірними деформаціями ґрунтової основи та руйнуванням конструкцій фундаментів внаслідок таких деформацій [1].

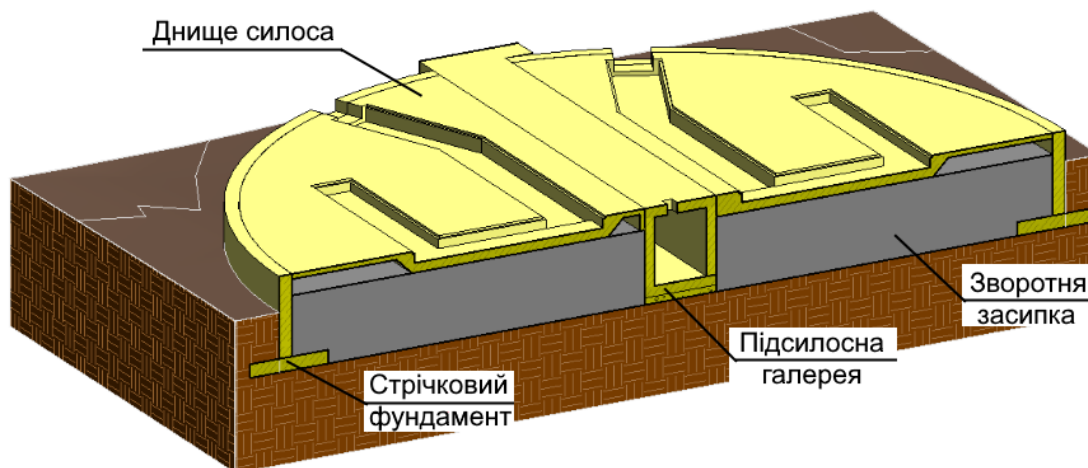


Рис. 1 – Модель фундаменту (окрема фундаментна стрічка під стінками силосу, підземна галерея та днище) силосу

Фундаменти для силосів використовують різних типів:

- з підземним поверхом і суцільною фундаментною плитою (підсилосна галерея з'єднує плиту днища та фундаментну плиту);
- таке ж рішення, але на палях (у цьому варіанті фундаментна плита виконує роль суцільного ростверку);
- окрема фундаментна стрічка під стінками силосу, підземна галерея та днище (як правило, днище з'єднано з підсилосною галереєю, однак не з'єднано з фундаментною стрічкою).

Зосередимо увагу на останньому варіанті, оскільки саме така конструкція має найменший рівень експлуатаційної надійності [2]. В даній роботі буде наведено власний досвід й аналіз апробованих наукових праць щодо сумісної роботи різних елементів фундаментів силосів з ґрунтовою основою в залежності від різних факторів, які виникають протягом експлуатації силосів у складних інженерно-геологічних умовах [3, 4].

На рис. 1 наведено модель описаної вище конструкції фундаменту силосу. Особливістю експлуатації силосів є циклічне завантаження/розвантаження (що складає близько 90% від загальної ваги споруди) та динамічні впливи в процесі завантаження/розвантаження.

Авторами проведено натурні дослідження та скінченно-елементний (СЕ) аналіз зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос» у часі. За результатами натурних досліджень, геодезичних вимірювань й аналітичних моделювань, зокрема, встановлено зміни НДС цієї системи на різних етапах його експлуатації.

Отже, в результаті відзначених досліджень, зокрема, встановлено, що існуючі на сьогодні розрахункові схеми для проектування такого виду системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос» ще не достатньо коректні. Поки що вони не враховують цілий ряд чинників. Не достатньо достовірно визначається перерозподіл тиску в зонах контакту різних елементів системи фундаментів з ґрунтами. Зокрема, неточно враховується перерозподіл напружень під стрічковою частиною, що призводить до її локальних перевантажень. Тому при експлуатації можливі наднормативні осідання основи, особливо за умов просадочних ґрунтів, наприклад при їх локальному замоканні.

Суттєвим є й фактор оцінювання фактичної жорсткості зворотної засипки під днище силосу (як свідчить досвід, якість її ущільнення часто не відповідає заданій в проекті щільності скелету ґрунту чи коефіцієнту його ущільнення). Цей чинник за нерівномірної деформації кільцевого фундаменту суттєво впливає на внутрішні зусилля підземної галереї.

Жорсткість підземної галереї, взагалі, рідко враховується коректно. У даному випадку розрахункову схему обов'язково слід приймати у просторовій постановці з урахуванням різних розрахункових ситуацій, як-то: локальне замокання просадочної товщі під стрічкою; неякісна зворотна засипка під плитою днища; поєднання перших двох факторів; урахування наявності в залізобетонних конструкціях підземної галереї тріщин і т. ін.

Таким чином, виходом з цієї ситуації є врахування реального НДС системи «грунтова основа – фундамент – металевий силос», а також урахування його змін у часі.

#### Список посилань

1. Dimitar Dakov, Vasil Georgiev, Raina Boiadjieva. Failures of Steel Silos for Grain Storage - Fortuity or Underestimated Risk / D. Dakov, V. Georgiev, R. Boiadjieva // Presented at IABSE Congress: Bridges and Structures: Connection, Integration and Harmonisation, Nanjing, People's Republic of China, 21-23 September 2022, published in IABSE Congress Nanjing 2022, pp. 1617 – 1623. <https://doi.org/10.2749/nanjing.2022.1617>

2. Дворник А.М. Основи та фундаменти циліндричних силосів для зерна / А.М. Дворник, І.Г. Любченко, В.А. Титаренко, О.В. Шидловська // Наука та будівництво. – 2019. – №3. – С. 12 – 18. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.111>

3. Підлуцький В.Л. Формування НДС у фундаментах зерносушильних комплексів при зміні параметрів ґрунтів. / В.Л. Підлуцький, О.В. Литвин // Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 55 – 63. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.41.2020.55-63>

4. Винников Ю.Л. Розрахунок фундаментної плити силосів на армованій стохастичній основі/ Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.І. Марченко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: зб. наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – Вип. 3. – Д.: Вид-во ФОП Удовиченко О.М., 2012. – С. 26 – 32. <https://doi.org/10.32347/0475-1132.42.2021.30-38>