

УДК 624.954:624.15

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

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

Кічасов О.С., аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

oleksiikichasov@gmail.com

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

ТОВ «Науково-технічне підприємство «АЛЬМАГРУП»

ВПЛИВ ВИСОТИ ТА ДІАМЕТРА СИЛОСУ НА ВИБІР ТИПУ ФУНДАМЕНТУ ЗА СКЛАДНИХ ҐРУНТОВИХ УМОВ

Довготривале зберігання зерна за умов сучасної агропромисловості України тісно пов'язане з використанням металевих силосів із гофрованими стінками. Водночас ускладнені геотехнічні умови (зокрема, просадочні та слабкі ґрунти) часто призводять до нерівномірних осідань, деформацій або навіть аварій при експлуатації таких споруд [1]. Як показує практика, важливу роль у виборі конструктивної схеми фундаменту відіграють геометричні параметри силосу, такі як його діаметр і висота, які визначають рівень навантаження на основу, зокрема на плиту днища.

Виходячи з аналізу каталогів типорозмірів силосів заводського виготовлення, запропоновано їх поділ на три типові групи за діаметром та співвідношенням їх висоти до діаметра (h/d): 1) силоси малого діаметра $d = 11-16$ м ($h/d=0,75\dots1,6$), для яких тиск зерна на днище становить 80 – 120 кПа; 2) силоси середнього діаметра $d = 16-22$ м ($h/d=0,65\dots1,5$), тиск – 120–160 кПа; 3) великі силоси $d = 22-28$ м ($h/d=0,67\dots1,1$), тиск – 160–200 кПа. Кожна група має специфічні особливості роботи за складних ґрунтових умов і вимагає окремих підходів до проектування їх основ і фундаментів.

Для силосів першої групи (малі), зазвичай, допустиме використання фундаментів на природній основі, а за потреби – з додатковим улаштуванням ґрунтової подушки (рис. 1). Плита днища може бути як з'єднана з кільцевим фундаментом, так і відокремленою, а розміри підсилосної галереї та товщина днища визначаються переважно з конструктивно-технологічних міркувань.

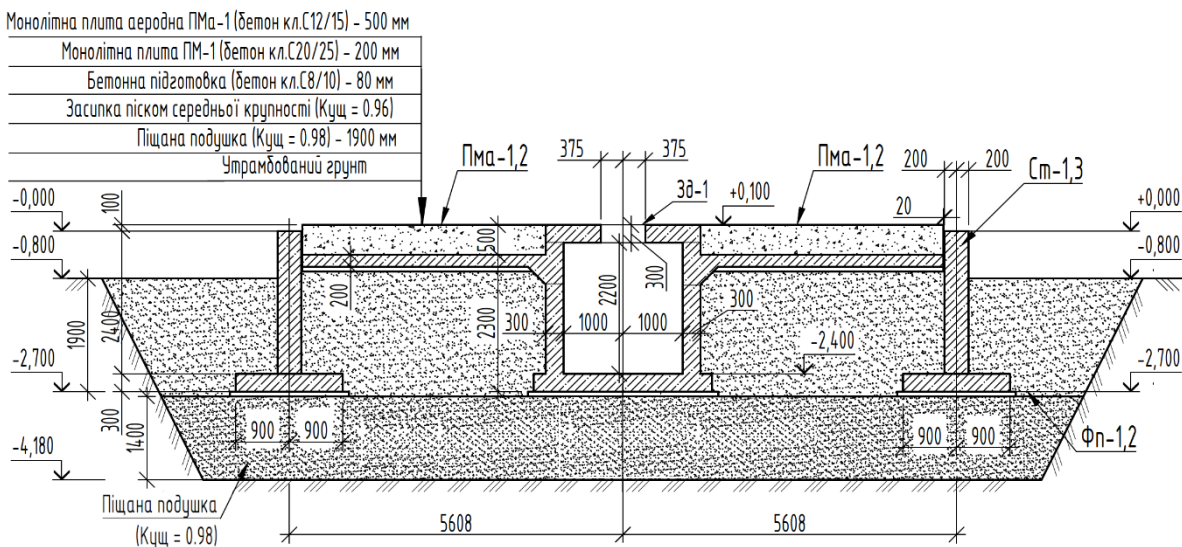


Рис. 1 – Приклад конструкції фундаментів для силосів малого діаметру, силос діаметром 11,0 м (комплекс приймання зерна в смт. Дружба Тернопільської обл.)

Силоси другої групи є найбільш вразливими до нерівномірних деформацій, особливо при спорудженні на просадочних або слабких ґрунтах. Для таких випадків рекомендовано

використовувати армування ґрунтової основи вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ) [2] чи влаштовувати пальові фундаменти, особливо під плитою днища. Доцільно передбачати її конструктивне відокремлення від кільцевого фундаменту, а також особливу увагу приділяти якості ущільнення зворотної засипки. Прийняття обґрунтованих рішень потребує чисельного моделювання напружено-деформованого стану системи «основа – фундамент – споруда» (ОФС) методом скінчених елементів (МСЕ) з урахуванням просторової роботи елементів і різних сценаріїв її експлуатації [3].

Для силосів третьої групи найкращим рішенням є улаштування спільної фундаментної плити під стінки, днище та підсилосну галерею, яка спирається на покращену чи пальову основу. Така схема забезпечує рівномірний розподіл деформацій за площею основи та знижує ризик локальних напружень.

У випадках використання фундаментної схеми типу «просадочна (слабка) ґрунтова основа – кільцевий фундамент – підсилосна галерея – ущільнена основа – плита днища» за складних геотехнічних умов можлива втрата експлуатаційної надійності споруди до завершення проєктного терміну.

Особливо критичними є недотримання проєктних характеристик ущільнення зворотної засипки під днищем або ігнорування локального замокання просадочного ґрунту під стрічкою. Це призводить до втрати спільної роботи елементів фундаменту та розвитку руйнівних перекосів конструкцій.

У межах дослідження проведено натурні обстеження силосів різних типорозмірів, моделювання МСЕ роботи системи «основа – фундамент – споруда», а також аналіз просторових моделей з урахуванням фактичного напружено-деформованого стану цієї системи.

Отримані результати підтверджують доцільність поділу силосів за геометричними параметрами та застосування відповідних типів фундаментів залежно від рівня навантаження на плиту днища й складності інженерно-геологічних умов.

Запропонована класифікація дозволяє сформулювати практичні рекомендації для інженерів-проектувальників щодо вибору раціонального конструктивного рішення, яке мінімізує ризики нерівномірних деформацій і забезпечує довговічну безаварійну експлуатацію металевих силосів.

Список посилань

1. Laier J.E., Cowles G.D.E., White M.E. Anatomy of foundation performance involving three grain silos systematically loaded to impending failure. Symposium honoring dr. John H. Schmertmann for his contributions to civil engineering at research to practice in geotechnical engineering congress 2008, New Orleans, Louisiana, United States. Reston, VA, 2008. URL: [https://doi.org/10.1061/40962\(325\)19](https://doi.org/10.1061/40962(325)19) (date of access: 09.04.2025).

2. Butenko A.A., Mozgovyi A.O., Spirande K.V. The improvement of the slab-ring foundation design with an under-silo gallery of a cylindrical steel silo on the grounds of the computer simulation results and those of field observations. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1376, no. 1. P. 012024. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1376/1/012024> (date of access: 09.04.2025).

3. Аналіз експлуатаційної придатності фундаментів споруд для зберігання зерна / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.І. Марченко, О.С. Кічасов // Основи та фундаменти. – 2023. – № 46. – С. 63–70. – DOI: 10.32347/0475-1132.46.2023.63-72.