

РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРУ ІЗ ПЛОСКИМИ СТІНКАМИ

Карташова В. В., студентка, varvara.kartashova@nure.ua;

Яшков І. О., доцент, ihor.yashkov@nure.ua

*Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, Україна*

За останні роки світовий ринок переробки сипучих матеріалів та його транспортування швидко розвивався. Модернізувались також транспортні засоби та розроблялися нові ефективні методи доставки та зберігання сипучих вантажів, так як з'являється необхідність в сучасних пристроях для перевозу та його обробки. Для транспортування та зберігання вантажів використовуються різного роду накопичувачі, які застосовуються в хімічній, харчовій та комбікормовій промисловості. Накопичувачі дозволяють забезпечувати стабільну роботу всього технологічного комплексу, завдяки ним є можливість автоматизації виробництва та малолюдних технологій. Але незважаючи на всі переваги засобів зберігання та транспортування сипучих вантажів є безліч проблем, які виникають при зберіганні та відпускті вантажу, особливо важко-сипучих. Функціонування накопичувачів у вигляді бункерно-завантажувальних пристроїв впливає на зберігання вантажів, якість перевезення, безперебійну роботу відпускних пристроїв складів, часу простою транспортних засобів під час грузових операцій, якості кінцевого продукту та і в цілому на економічну ефективність технологічного процесу.

Задача мати повноцінний функціональний пристрій бункеру є пріоритетною та актуальною, яка вирішується завдяки дослідженню конструктивних параметрів та технічних рішень за конструкцією основних та допоміжних елементів бункеру.

Розглянемо за базовий об'єкт, конструкцію бункеру із плоскими стінками, який складається із корпусу бункеру та опорних колон. Корпус виготовляється із листового прокату сталі 09Г2С, яка є міцною та може підвищити критерій технологічності. За основну схему конструкції бункеру представимо на рис. 1. Рациональний кут нахилу стінок бункеру залежить від коефіцієнту зовнішнього тертя сипучого матеріалу, та може бути знайденим за формулою:

$$\cos \alpha = \sqrt{4 \cdot f_1^4 + 1 - 2 \cdot f_1^2} = \sqrt{4 \cdot 0,5^4 + 1 - 2 \cdot 5^2} = 0,5 = 60^\circ, \quad (1)$$

де: f_1 - 0,47-0,53 — коефіцієнт зовнішнього тертя для зерна.

При проектуванні бункерних накопичувачів кут нахилу стінок необхідно приймати декілька більше розрахункової величини, так як потрібно приймати збільшення коефіцієнту тертя в результаті можливої корозії стінок бункерів або прилипання залишків сипучого матеріалу, причому кут нахилу по вертикалі, який забезпечує рух матеріалу, залежить від форми випускного отвору. Тому приймаємо кут $\cos \alpha > 71^\circ$.

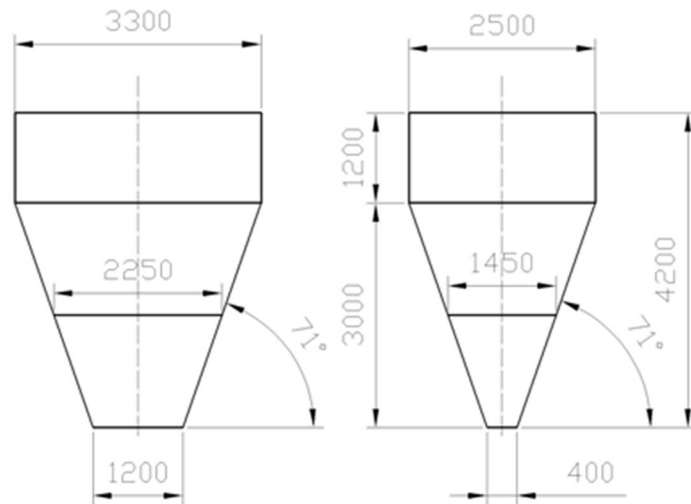


Рисунок 1. Схема бункеру

Приймаємо конструктивно сторону воронки $b_1=2,5$ м, за умови $a_1/b_1 \geq 3$, маємо $a_1=3,3$ м, висота частини бункеру $h_1=3$ м. Обчислимо загальний об'єм завантажувального пристрою (об'єм регулюємо за допомогою висоти $h_2=2,5$ м:

$$V = V_{II} + V_B = a_2 \cdot b_2 \cdot h_2 + \frac{h_1}{6} \cdot ((2 \cdot a_2 + a_1) \cdot b_2 + (2 \cdot a_1 + a_2) \cdot b_1), \quad (2)$$

$$V = 3,3 \cdot 1,2 \cdot 2,5 + \frac{3}{6} \cdot ((2 \cdot 3,3 + 1,2) \cdot 2,5 + (2 \cdot 1,2 + 3,3) \cdot 0,4) =$$

$$= 9,9 + 10,9 = 20,8 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий нормальний тиск на глибині від верху бункеру обчислюємо наступним чином:

$$p = n \cdot \gamma \cdot z \cdot m, \quad (3)$$

$$P_{H2} = 1,3 \cdot 600 \cdot 4,2 \cdot 0,23 = 750 \text{ кг} / \text{м}^2 = 0,075 \text{ кг} / \text{см}^2,$$

$$P_{H1} = 1,3 \cdot 600 \cdot 2,7 \cdot 0,23 = 484 \text{ кг} / \text{м}^2 \approx 0,05 \text{ кг} / \text{см}^2,$$

де: $n=1,3$ — коефіцієнт надійності за навантаженням;

$\gamma = 600$ кг/м³ — питома вага опилок;

$z=4,2$ — відстань від верху засипки до середини панелі.

Визначимо величини k і m :

$$k = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{50}{2} \right) = 0,13, \quad (4)$$

де: $\varphi = 28^\circ - 51^\circ$ — кут внутрішнього згорання сипучого матеріалу.

$$m = \cos^2 \alpha + k \cdot \sin^2 \alpha, \quad (5)$$

$$m = 0,342^2 + 0,13 \cdot 0,9397^2 = 0,23.$$

Рівномірне розподільне навантаження на розглядувану панель прошивки:

$$p_{02} = \frac{P_{H3} + P_{H2}}{2} = \frac{0,05 + 0,075}{2} = 0,0625 \text{ кг / см}^2 \quad (6)$$

Товщина обшивки приймаємо конструктивно дорівнює 6 мм.

Поздовжня сила на одиницю обшивки дорівнює:

$$N_2 = \sqrt[3]{\frac{E \cdot t_2}{(1-\nu^2)} \cdot \frac{P_{02}^2 \cdot d_2^2}{24}}, \quad (7)$$

$$N_2 = \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,6}{(1-0,3^2)} \cdot \frac{0,0625^2 \cdot 159^2}{24}} = 178,6 \text{ кг / см}$$

де: $\nu=0,3$ — коефіцієнт Пуасона;

$t_2 = 6$ мм — товщина обшивки, прийнята конструктивно;

d_2 — проліт пластинки, відстань в осях між горизонтальними ребрами воронки:

$$d_2 = \frac{S_i}{\sin \alpha} = \frac{1,5}{\sin 71^\circ} = \frac{1,5}{0,9455} = 1,586 \text{ м} \approx 159 \text{ см} \quad (8)$$

де: $E = 2.06 \cdot 10^5$ МПа — пружність металу.

Прогин в середині прольоту:

$$f_2 = \frac{4P_{04} \cdot d_2^2}{\pi^3 \cdot (N_{34} + N_2)}, \quad (9)$$

$$N_{32} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_2^3}{12 \cdot d_2^2 (1-\nu^2)}, \quad (10)$$

$$N_{32} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,6^3}{12 \cdot 159^2 (1-0,3^2)} \approx 16,2 \text{ кг / см}$$

$$f_2 = \frac{4 \cdot 0,0625 \cdot 159^2}{3,14^3 \cdot (16,2 + 178,6)} = 1,05 \text{ см}$$

Дані числові значення задовольняють умовам пружності, міцності матеріалу та конструкції бункеру. Дана методика розрахунку дозволяє суттєво розвивати транспортну та складову процесу та здійснити підвищення надійності та ефективності бункерних пристроїв.

Для отримання необхідної ефективності від використання бункерів при їх конструюванні слід всебічно вивчити і врахувати фізико-механічні властивості тієї або іншої групи сипучих вантажів, для якої призначено даний пристрій.

Література

1. Зенков Р.Л. и др. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. - М.: Машиностроение, 1997. - 223 с.
2. Шилкин В.И., Кузьмюков В.Р., Любченко В.Б. Типаж и структура средств механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ. – Рязань: ГНУ ВНИМС, 2001. – 128 с.

Анотація

Представлено розрахунок конструктивних параметрів бункеру із плоскими стінками для певної схеми із вхідними даними розмірів пристрою, призначеного для транспортування та зберігання сипучих матеріалів. Представлена сучасна проблематика бункерних пристроїв та актуальність у проведенні методики розрахунку спроектованого бункеру.

Ключові слова: бункер, сипучий матеріал, пружність.

Аннотация

Представлен расчет конструктивных параметров бункера с плоскими стенками для определенной схемы с входными данными размеров устройства, предназначенного для транспортировки и хранения сыпучих материалов. Представлена современная проблематика бункерных устройств и актуальность в проведении методики расчета спроектированного бункера.

Ключевые слова: бункер, сыпучий материал, упругость.

Abstract

The calculation of the design parameters of a flat-walled hopper for a specific scheme with input data for the dimensions of a device intended for transportation and storage of bulk materials is presented. The article presents the current problems of bunker devices and the relevance of the methodology for calculating the designed bunker.

Keywords: hopper, bulk material, elasticity.