УДК 621.84

Дмитро Часов, к.т.н., доц.; Всеволод Бейгул, к.т.н., доц.; Сергій Ващенко; Віктор Давидюк
Дніпровський державний технічний університет, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА-ЕКСТРУДЕРА

Анотація. Проведено компонування шнекових транспортерів з урахуванням підвищеної довговічності за рахунок додаткової шорсткості ринви в місцях зміни поперечного перетину в умовах економії матеріалів конструкції. Запропоновано варіанти поперечних перетинів жолоба (закритий та відкритий). Отримано навантаження у вертикальній площині (розрахункове) при контакті шнеку із частинкою вантажу під гострим кутом. Отримано математичні формули для визначення товщини стінки жолоба (відкритого та закритого).
Ключові слова: гвинтовий конвеєр, екструзія, жолоб, коефіцієнт жорсткості.

Dmytro Chasov, Ph.D., Assoc. Prof.; Vsevolod Beyhul, Ph.D., Assoc. Prof.; Sergiy Vaschenko; Viktor Davydiuk

JUSTIFICATION OF SCREW CONVEYOR-EXTRUDER PARAMETERS

Abstract. The layout of the screw conveyors was carried out taking into account the increased durability due to the additional roughness of the gutter in the places where the cross-section changes, in terms of saving construction materials. Variants of cross-sections of the chute (closed and open) are offered. The load in the vertical plane (calculated) was obtained when the auger came into contact with a particle of cargo at an acute angle. Mathematical formulas for determining the thickness of the chute wall (open and closed) have been obtained.
Keywords: screw conveyor, extrusion, chute, stiffness coefficient.

Розвиток у промисловості тісно пов’язаний з відкриттям нових технологічних ліній, для яких необхідні транспортні операції. В обмежених умовах виробничих площ, що підлягають реконструкції, та нових технологічних приміщень, що будуються, необхідні компактні транспортери, які не займають корисну площу та здатні працювати з гарантованим великим циклом безвідмовності та мають змінний поперечний перетин, що забезпечує екструзію. Компоновка шнекових транспортерів з урахуванням підвищеної довговічності за рахунок додаткової шорсткості ринви в місцях зміни поперечного перетину в умовах економії матеріалів конструкції, яка не шкодить технологічним та конструкційним параметрам, є досить нетрадиційна, досвіду проектування таких машин небагато, зарубіжні аналоги економічно ємні, тому дослідження, що мають на меті обґрунтування параметрів несучих систем ринви гвинтових конвеєрів у технологічних лініях виробництва та транспортуванні відходів різних типів виробництв, є актуальними.

Для наукового обґрунтування підходу до проектування шнекових транспортуючих систем з екструзією виявлено їх місце у компонованому ряді інших технологічних машин аналогічного призначення, проведений огляд конструкції жолобів та безпосередньо шнеків, методів проектування гвинтових несучих систем, досліджень у напрямку конструктивного удосконалення технологічних машин для агротехнічного та механічного виробництв.

Основні розрахункові навантаження на несучу систему шнекового транспортера формуються в процесі руху вантажу в поздовжній вертикальній площині.

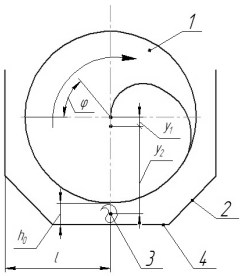

Рисунок 1 – Розрахункова схема гвинтового конвеєра-екструдера
1 – шнек; 2 – жолоб (ринва); 3 – вантаж (елемент вантажу); 4 – ущільнена нижня ділянка жолоба (ринви).

Навантаження у вертикальній площині (розрахункове) може бути отриманим за умови $2L/l_0$ = 1,2,3,…, і тоді маємо

$$P_p = \frac{m_r g}{4}\left\{1 + \frac{16 C_s m_r \Omega^2 h_0}{m_r g\left[m_r m_k\left(\Omega^2\right)/C_k - \left(m_r + m_k\right)\Omega^2 + 4C_s\right]}\right\}, \quad (1)$$

де P_p – навантаження у вертикальній площині (розрахункове), Н;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2;

Ω – кругова частота кінематичних коливань, 1/с.

При контакті шнеку із частинкою вантажу під гострим кутом виникають бокові реакції, які досягають сили тертя із жолобом і розглядаються як фактичні (розрахункові),

$$P_z = \frac{1}{4} mgf, \quad (2)$$

де P_z – розрахункова бокова сила, Н;

m – маса завантаженого конвеєра-екструдера, кг;

f – коефіцієнт тертя вантажу із жолобом.

Приймається, що згинаючий момент реалізується поздовжніми зусиллями у днищі жолобі, поперечна сила – дотичними зусиллями у бічній стінці ринви (рис. 2). Тоді у першому наближенні:

$$\sigma_1 = \frac{-[\sigma]bh + \sqrt{([\sigma]bh)^2 + 4[\sigma]bM_u}}{2[\sigma]b}, \quad (3)$$

де σ_1 – товщина днища жолоба в першому наближенні, м;

$[\sigma]$ – допустиме напруження при вигині, Па;

b – ширина жолоба, м;

h – висота стінки жолоба, м;

M_u – розрахунковий згинаючий момент, Н·м.

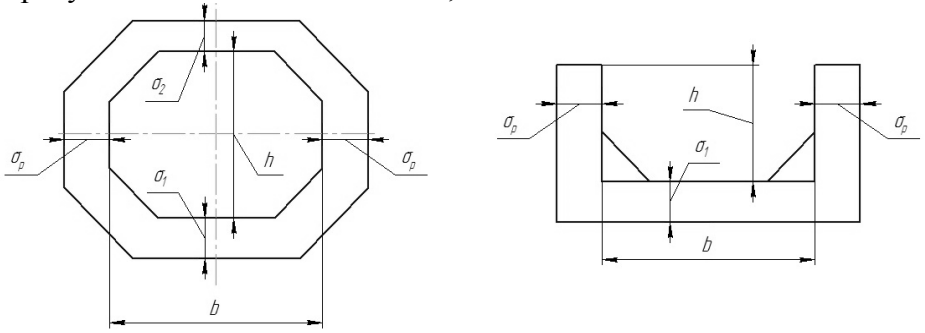

Рисунок 2 – Варіанти поперечних перетинів жолоба (закритий та відкритий)

Профіль першого наближення забезпечує жорсткість конструкції та має значну металомісткість, тому товщину днища жолоба зменшуємо до 0,9 δ_{n1}, а відтак товщина стінки жолоба для відкритого та закритого варіантів становить

$$\sigma_p = \frac{6M_u\left(h + 2\cdot 0{,}9\sigma_1\right) - 8[\sigma]b(0{,}9\sigma_1)^3 - 12[\sigma]bh(0{,}9\sigma_1)^2 - 6[\sigma]bh^2\cdot 0{,}9\sigma_1}{[\sigma]h^3}, \quad (4)$$

а товщина кришки для закритого типу становить –

$$\sigma_2 = \frac{6M_u\left(h + 2\cdot 0{,}9\sigma_1\right) - 8[\sigma]b(0{,}9\sigma_1)^3 - 12[\sigma]bh(0{,}9\sigma_1)^2 - 6[\sigma]bh^2\cdot 0{,}9\sigma_1}{2[\sigma]h^3}, \quad (5)$$

Визначивши параметри поздовжніх силових елементів з'ясована статична невизначимість жолоба гвинтового конвеєра на рівні відношення основних геометричних характеристик поперечних перетинів:

$$\frac{J_{kl}}{J_{xn}} = \left\{-\left[4M_pLE\left(h+2\sigma_p\right) - 8[\sigma]L_2GJ_{kl}\right] + \right.$$
$$\left. + \sqrt{\left[4M_pLE\left(h+2\delta_n\right) - 8[\sigma]L_2GJ_{kl}\right]^2 + 64M_pL_2G\left(h+2\sigma_p\right)[\sigma]LEJ_{kl}}\right\} \Big/$$
$$\Big/ 4M_pL_2G\left(h+2\sigma_p\right), \quad (6)$$

де J_{kl} – приведений полярний момент інерції днища, м^4;

J_{xn} – момент інерції стінки, м^4;

E – модуль пружності першого роду, Па;

G – модуль пружності другого роду, Па;

L_2 – половина довжини поперечини ринви, м.

Після введення позначення k отримуємо товщину днища ринви за умови конструктивної складової $b\ ma\ \sigma_p$

$$\sigma_1 = \frac{12}{h^3}\left\{\frac{J_{kl}}{k} - 2\left[\frac{b\sigma_p^3}{12} + b\sigma_p\left(\frac{h+\sigma_p}{2}\right)^2\right]\right\}, \quad (7)$$

де k – відношення геометричних характеристик поперечних перетинів.

Отримано розв'язок актуальної наукової задачі обґрунтування параметрів жолоба гвинтового конвеєра, яке забезпечує ефективну та достатню місткість металоконструкцій.

Перелік посилань

1. D. Chasov (2016).Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems). – 5/1 (83). – 2016. – p. 4 – 9.

2. D. Chasov, L. Sorokina, S. Havrylin (2017) Aspects of distance learning for engineering sciences. Effective Development of Teachers' Skills in the Area of ICT and E-learning / Katowice - Cieszyn 2017. – p. 319 – 331.

3. O. Beihul, D. Grischenko, V. Beihul, D. Chasov, A. Lepetova, B. Kolyada (2020) Devising a procedure for calculating the designed strength of a kingpin-type load-carrying system for an articulated tractor container carrier. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems). – 5/7 (107). – 2020. – p.22 – 29.