

УДК 628.862.3

Серілко Л. С., к.т.н., доц., Щурик В. О., к.т.н., доц.,
Серілко Д. Л., майстер виробничого навчання (Національний
університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЖИВИЛЬНИКІВ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

Наведені результати дослідження роботи живильників гвинтових конвеєрів. Визначено вплив конструктивних та кінематичних факторів на їх техніко-економічні показники.

Ключові слова: гвинтовий конвеєр, сипкий матеріал, живильник.

Гвинтові конвеєри широко використовуються в різних галузях народного господарства для транспортування, ущільнення, змішування сипких матеріалів та реалізації різноманітних технологічних процесів. На ряду з такими перевагами шнекових механізмів, як простота конструкції, компактність і надійність в експлуатації, суттєвим недоліком таких пристроїв є зниження їх продуктивності при великих частотах обертання гвинта внаслідок збільшення відцентрових сил в зоні завантаження, що призводить до зростання енергоємності процесу транспортування даними пристроями. Ліквідувати ці недоліки можна шляхом вибору оптимальної конструкції забірних пристроїв гвинтових конвеєрів.

Живильники використовуються для рівномірної та безперервної подачі сипких матеріалів з бункерів в забірну частину гвинтового конвеєра.

Проблемі завантаження гвинтових конвеєрів присвячено багато робіт, але в основному це тільки експериментальні дослідження різних способів завантаження, виходячи з яких даються рекомендації по вибору завантажувальних пристроїв.

В роботі О.М. Григор'єва наведенні графіки залежності коефіцієнта заповнення гвинтового конвеєра від відношення довжини завантажувального отвору до кроку гвинта [1].

А.С. Щербаковим та М.В. Мурашовим [2, 3] були проведені експериментальні дослідження різноманітних способів завантаження гвинтових конвеєрів та надані рекомендації по вибору оптимальних режимів роботи і відношенню довжини завантажувального вікна до кроку гвинта залежно від конструкції забірної частини шнека.

Метою роботи є визначення швидкості руху частинок матеріалу по криволінійній поверхні в залежності від геометричних параметрів живильника та фізико-механічних властивостей сипкого середовища, яке транспортується.

На базі теоретичних та експериментальних досліджень в Національному університеті водного господарства та природокористування авторами розроблені конструкції пристроїв [4, 5, 6, 7] для підвищення продуктивності шнекових механізмів з покращеними енергетичними показниками.

Забірний пристрій [4] (рис. 1) складається з корпусу 1, початкова частина якого виконана розширеною. Всередині корпусу знаходиться гвинт 2, вал 3 якого виконаний в початковій розширеній частині 4 порожнистим і в якому є отвори 5 з розміщеними між ними лопатями 6. Сипкий матеріал, який поступає з бункера 7 всередину пустотілої частини гвинта, попадає на лопаті 6. При обертанні гвинта внаслідок відцентрових сил частинки матеріалу рухаються по поверхні лопатей і, проходячи через отвори 6, попадають в простір між кожухом і валом, де починають рухатись по лопатях гвинта.

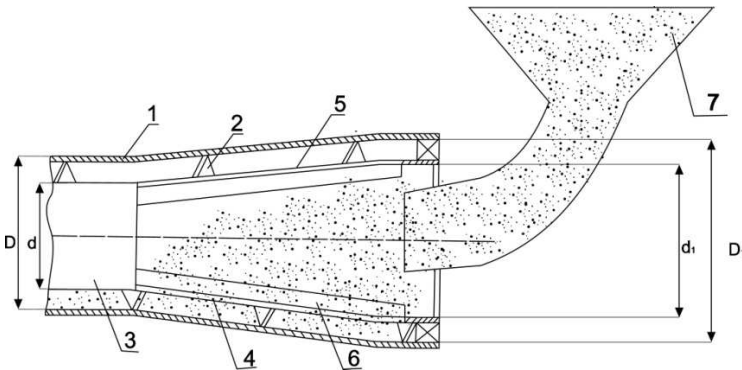


Рис. 1. Схема забірному пристрою гвинтового конвеєра для горизонтального транспортування сипких матеріалів

В запропонованій конструкції відцентрові сили відіграють не негативну, а позитивну роль, що дозволяє збільшити коефіцієнт заповнення шнекового механізму без збільшення споживаної потужності.

Продуктивність гвинтового конвеєра визначається за формулою

$$Q = \frac{\pi [D^2 - d^2]}{4} \cdot n \cdot S \cdot K_{II}, \quad (1)$$

де D – зовнішній діаметр гвинта;
 d – діаметр вала гвинта;
 S – крок гвинта;
 n – частота обертання гвинта;
 K_{II} – коефіцієнт продуктивності.

Якщо відомі параметри основного гвинта d, D, S , то розміри додаткового гвинта (рис. 1) будуть рівні [8]

$$D_1 = k \cdot d_1. \quad (2)$$

Величина кута β приймається в межах $\beta = \frac{\pi}{36} \dots \frac{\pi}{30} \text{ рад.}$

Для визначення раціональних параметрів завантажувального патрубку розглянемо рух частинки сипкого матеріалу по криволінійній поверхні під дією сили тяжіння \bar{P} , нормальної реакції \bar{N} і сили тертя \bar{F}_T , які забезпечують необхідну швидкість руху точки по дузі кола радіусом R (рис. 2).

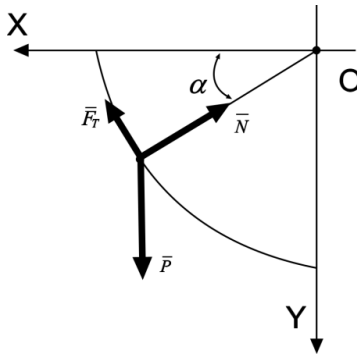


Рис. 2. Розрахункова схема руху частинки сипкого матеріалу по поверхні живильника

Диференціальні рівняння руху будуть мати вигляд [9]:

$$\begin{cases} m \frac{dv}{dt} = mg \cdot \cos \varphi - F_T \\ \frac{mv^2}{R} = -P \cdot \sin \varphi + N \end{cases}, \quad (3)$$

де $F_T = f \cdot N$.

Для виключення N запишемо:

$$m \frac{dv}{dt} + f \frac{mv^2}{r} = mg(\cos \varphi - f \sin \varphi). \quad (4)$$

Враховуючи, що $v = r \dot{\varphi}$, маємо:

$$r \frac{d\dot{\varphi}}{dt} + fr \dot{\varphi} = g(\cos \varphi - f \sin \varphi); \quad (5)$$

але оскільки:

$$\frac{d\dot{\varphi}}{dt} = \frac{d\dot{\varphi}}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d(\dot{\varphi}^2)}{d\varphi}; \quad (6)$$

то отримаємо:

$$\frac{d(\dot{\varphi}^2)}{d\varphi} + 2f \dot{\varphi}^2 = \frac{2g}{r} (\cos \varphi - f \sin \varphi). \quad (7)$$

Загальний розв'язок диференційного рівняння (7) має вигляд:

$$\dot{\varphi}^2 = Ce^{-2f\varphi} + \frac{6gf}{r(1+4f^2)} \cos \varphi + \frac{2g(1-2f^2)\sin \varphi}{r(1+4f^2)}; \quad (8)$$

запишемо початкові умови $\varphi = \alpha$, $\dot{\varphi}_0 = \frac{V_0}{R}$;

тоді:

$$V^2 = -\frac{2gr}{1+4f^2} \times e^{2f(\alpha-\varphi)} \times [3f \cos \alpha + (1-2f^2) \sin \alpha] + \frac{2gr}{1+4f^2} \times [3f \cos \varphi + (1-2f^2) \sin \varphi]. \quad (9)$$

Розрахуємо швидкість руху точки по поверхні, в залежності від коефіцієнта тертя, прийнемо:

$R = 0,2 \text{ м}$ – радіус кола;

$f = (0,15 \dots 0,25)$ – коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні; $V_0 = 0$.

Як видно з графіка (рис. 3) коефіцієнт тертя суттєво впливає на швидкість руху частинки по криволінійній поверхні, особливо при великих швидкостях. Так, при $f = 0,15$ ($\varphi = 75^\circ$) швидкість досягає деякого максимального значення, а потім повільно зменшується.

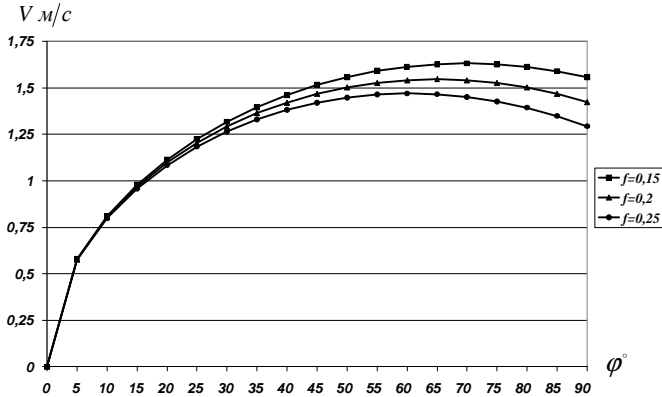


Рис. 3. Залежність швидкості руху точки від коефіцієнта тертя по поверхні

В тому випадку, коли траєкторія руху точки M_k буде інша крива, розіб'ємо її на окремі частинки, які можемо розглядати, як дуги кіл, відповідного радіусу (рис. 4).

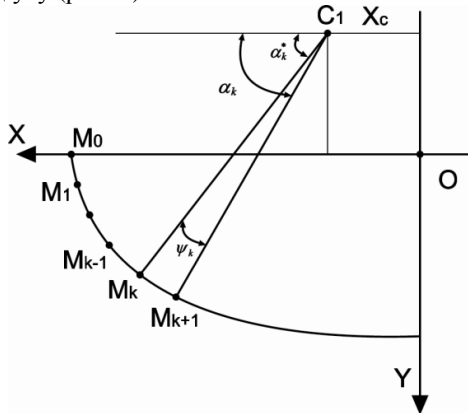


Рис. 4. Руху частинки сипкого матеріалу по криволінійній поверхні живильника

Розглянемо рух точки по частині еліпса, (рис. 4), розбитого на n частин, координати точок M_1, M_2, \dots, M_n будуть рівні:

$$\begin{cases} X_k = a \cos t_k \\ Y_k = b \sin t_k \end{cases}, \quad (10)$$

де a, b – півосі еліпса.

$$t_k = \frac{\pi}{2n} \cdot k, \quad (11)$$

де $k = 0, 1, 2, \dots, n$.

Радіуси кривизни, та координати центра кривизни частини кривої кожної точки, визначаємо за формулою [10]:

$$R_k = \frac{(a^2 \sin^2 t_k + b^2 \cos^2 t_k)^{3/2}}{ab}; \quad (12)$$

$$X_{ck} = \frac{(a^2 - b^2) \cos^3 t_k}{a}; \quad (13)$$

$$Y_{ck} = \frac{(a^2 - b^2) \sin^3 t_k}{b}. \quad (14)$$

Розрахунок швидкості руху частинок сипкого матеріалу по поверхні живильника проводимо наступним чином:

1. Визначимо координати точок M_1, M_2, \dots, M_n за формулою (10);
2. Визначаємо величини: R_k, X_{ck}, Y_{ck} ;
3. Визначаємо кути α_k, α_k^* ;

$$\alpha_k^* = \arcsin\left(\frac{Y_{k-1} - Y_{ck}}{R_k}\right); \quad (15)$$

$$\alpha_k = \arccos\left(\frac{X_k - X_{ck}}{R_k}\right), \quad (16)$$

де $\psi_k = \alpha_k^* - \alpha_k$.

4. Визначаємо швидкість руху частинок матеріалу в точках M_1, M_2, \dots, M_n за формулами:

$$V_k^2 = R_k^2 \cdot \dot{\omega}_k^2, \quad (17)$$

де

$$\dot{\omega}_k^2 = C_k \times e^{-2f\varphi_k} + \frac{2g}{R_k(1+4f^2)} \left[3f \cos \varphi_k + (1-2f^2) \sin \varphi_k \right]; \quad (18)$$

$$C_k = e^{2f\alpha} \left[\dot{\omega}_{k-1}^2 - \frac{2g}{R_k(1+4f^2)} \left(3f \cos \alpha_k + (1-2f^2) \sin \alpha_k \right) \right]. \quad (19)$$

Результати теоретичних досліджень представимо на рис. 5.

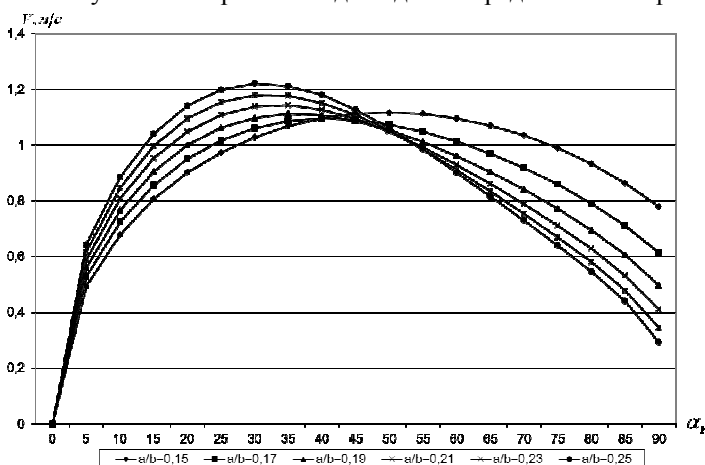


Рис. 5. Залежність швидкості руху точки від коефіцієнта тертя та співвідношення великої і малої півосей еліпса

Отже, щоб досягнути максимальної швидкості руху частинки сипкого матеріалу по криволінійній поверхні, а отже, і продуктивності живильника гвинтового конвеєра необхідно вибрати оптимальну форму його поверхні.

Використовуючи отримані залежності, можна визначити швидкість руху частинки сипкого матеріалу по поверхні живильника горизонтального гвинтового конвеєра.

1. Григорьев А. Н. Винтовые конвейеры / А. Н. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
2. Щербаков А. С. О различии понятий “коэффициент производительности” и “коэффициент наполнения” винтового конвейера. Новое в технике и технологии добыче торфа и комплексном его использовании / А. С. Щербаков // Труды ВНИИТП, восп. 37. – Л., 1976. – С. 49–52.
3. Мурашов М. В. Влияние конструкции заборной части шнека винтового конвейера на его производительность / Мурашов М. В., Щербаков А. С. // Торфяная промышленность, 1978. – № 7. – С. 17–19.
4. А. с.1468825 (СССР). Заборное устройство винтового конвейера / Генералов М. Б., Серилко Л. С., Татьяна В. Н. – Оpubл. в Б. И., 1989. – № 12.
5. А. с. 1715683 (СССР). Заборное устройство винтового конвейера / Генералов М. Б., Серилко Л. С., Татьяна В. Н. – Оpubл. в Б. И., 1992. – № 6.
6. А.с. 1808797 (СССР). Заборное устройство винтового конвейера / Генералов М. Б., Татьяна В. Н., Хижняков А. В. – Оpubл. в Б. И., 1993. – № 14.
7. Пат № 7433 Україна, В65G33/00 Гвинтовий конвеєр / Кожушко Л. Ф., Серилко Л. С., Серилко Д. Л №-20041210452; Заявл.

20.12.2004; Опубл. 15.07.2005. Бюл № 7-2с. **8.** Желтов В. П. Расчеты специальных винтовых конвейеров / В. П. Желтов // Вестник машиностроения. – № 1. – 1980. – С. 30–32. **9.** Бутенин Н. В. Курс теоретической механики / Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. – Том. 2. Динамика. – М. : Наука, 1971. – 464 с. **10.** Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М., 1965. – 872 с.

Рецензент: д.п.н., профессор Козяр М. М. (НУВГП)

**Serilko L. S., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Shchuryk V. O., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Serilko D. L., Master of Production Studies (National University of
Water Management and Nature Resources Use, Rivne)**

CALCULATION OF FEEDERS' PARAMETERS OF HORIZONTAL HELICAL CONVEYORS

**Results are given of studying the operation of collecting appliances of
screw conveyors. The influence is determined of constructive and
kinematics factors on their technical and economic indices.**

Keywords: helical conveyors, loose material, feeder.

**Серилко Л. С., к.т.н., доц., Щурек В. О., к.т.н., доц., Серилко Д. Л.,
мастер производственного обучения (Национальный университет
водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)**

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПИТАТЕЛЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВИНТОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

**Приведенные результаты исследования работы питателей винто-
вых конвейеров. Определено влияние конструктивных и кинема-
тических факторов на их технико-экономические показатели.**

Ключевые слова: винтовой конвейер, сыпучая среда, питатель.
