

*Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.*

*Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.*

**УДК 621.8**

**О.Р. Дмитрів, канд. техн. наук, доц., М.В. Грубенюк, Р.П. Цапик; Р.І.Охнівський**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ВАНТАЖУ В ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРАХ**

**O.R. Dmytriv, Ph.D., Assoc. Prof; M.V.Grubenyuk; R.P. Tsapyk; R.I. Okhnivskyi**  
**METHOD FOR DETERMINING THE COEFFICIENT OF FRICTION WHEN  
MOVING CARGO IN A SCREW CONVEYOR**

В [1] показано, що мінімум питомої енергомності вертикального швидкохідного залежить тільки від коефіцієнта тертя вантажу до гвинтового робочого органу і визначає всі інші конструктивні параметри та режими роботи конвеєра при його оптимізації за енергоємністю. Отже, встановлення коефіцієнту тертя насипного вантажу по робочих поверхнях має велике значення для проектування конвеєрів.

При транспортуванні насипного вантажу в гвинтових конвеєрах, які широко використовуються для вантажування-розвантажувальних операціях, внаслідок нерівноваженості сил, що діють на тіло волочиння, вантаж, крім поступального руху, здійснює також циркуляційний рух, при якому частинки змінюють своє взаємне розміщення і вектор переміщення потоку визначатиметься, як вектор переміщення центра ваги виділеного елемента потоку. При транспортуванні зернового матеріалу чи, наприклад, паливних пелетів циліндричної форми, коефіцієнт тертя також може змінюватись в часі, в залежності від режиму взаємодії (ковзання чи прокочування). Відповідно, розрахунковий коефіцієнт тертя, визначений для окремої частинки може не завжди відповідати коефіцієнту тертя при взаємодії насипного вантажу з робочими поверхнями гвинтового конвеєра, а тому актуальним є розробка методик визначення коефіцієнта тертя потоку вантажу в умовах гвинтового транспортування.

В моделі матеріальної частинки напрямку її руху визначається кутом підйому гвинтової траєкторії транспортування  $\beta = \beta_0$ , який однозначно зв'язаний із коефіцієнтом тертя  $\mu_1 = \tan \varphi_1$  і, відповідно, кутом тертя  $\varphi_1$  частинки до поверхні гвинта з кутом підйому  $\alpha$  залежністю:

$$\beta = \beta_0 = \pi / 2 - \alpha - \varphi_1. \quad (1)$$

При транспортуванні вантажу потоком, кут підйому траєкторії транспортування  $\beta_i$  для різних частинок може бути різний, а тому виникає необхідність використання приведенного значення  $\beta_{\pi}$ . Для цього розроблена експериментальна методика визначення кута  $\beta_{\pi}$  та, відповідно, кута тертя  $\varphi_1$  вантажу по робочих поверхнях гвинта ГК за кутом  $\beta_{\pi} = \beta_{\pi 0}$  на плоскій моделі гвинтового конвеєра, яка враховує особливості гвинтового транспортування, що ґрунтуються на наступному. У гвинтових швидкохідних конвеєрах напрям траєкторії транспортування потоку (кут  $\beta_{\pi}$ ) визначається силами реакції робочих поверхонь кожуха та гвинта (із врахуванням сил тертя), що зрівноважують силу тяжіння та відцентрову силу.

При відсутності сил тяжіння (ідеальне гвинтове транспортування), вектор сили тертя ковзання вантажу до жолоба  $F_2 = \mu_2 N_2 = \mu_2 r \omega_{\pi 2}$  направлений протилежно рівнодійній силі реакції поверхні гвинта  $\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{N}_1$ , і рівний:

$$- \vec{F}_2 = \vec{F}_1 + \vec{N}_1. \quad (2)$$

Якщо розвернути поверхню кожуха на площину, то отримаємо плоску модель гвинтового транспортування. В цьому випадку, сила земного тяжіння  $G = mg$  виконуватиме ту ж функцію що відцентрова сила у ГК - притискає вантаж до поверхні розвернутого кожуха. Тоді при переміщенні вертикальної плоскості площини (імітатора

гвинта), встановленої під кутом  $\alpha$  до напрямку руху, по горизонтальній площині, отримаємо кінематичну та динамічну подібність із ідеальним гвинтовим транспортуванням (без впливу  $g$ ) у конвеєрі з приведеним радіусом  $r$  і кутовою швидкістю потоку  $\omega_{\Pi} = \sqrt{g/r}$ .

Оскільки співвідношення між напрямками векторів  $\overline{F}_1$ ,  $\overline{N}_1$  та  $\overline{N}_2$  на плоскій моделі та в ідеальному конвеєрі такі ж, то коефіцієнт тертя  $\mu_1$  за замірним кутом відхилення потоку  $\beta_{\Pi 0}$  на моделі визначається за залежністю:

$$\mu_1 = \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha - \beta_{\Pi 0}). \quad (3)$$

Розроблений метод дозволяє за кутом підйому (переміщення)  $\beta_{\Pi}$  вантажу на плоскій моделі встановити розрахункове значення динамічного коефіцієнта тертя  $\mu$  при переміщенні вантажу рухомою поверхнею, яке відрізнятиметься від коефіцієнту тертя для окремої частинки. При цьому матеріал основи на величину  $\beta_{\Pi}$  не впливає.

Для вертикального гвинтового конвеєра, в якому дія сил тяжіння  $G = mg$  на вантаж однорідна (незмінна за напрямом), шляхом нахилу плоскої моделі на кут  $\chi$ , можна досягти такого перерозподілу сили тяжіння на нерухому поверхню, що моделює рухому модель поверхні шнека і моделює вплив відцентрової сили  $N_2 = mr \omega_{\Pi}^2$  (а також сили тертя  $F_2 = \mu_2 N_2$ ) та сили тяжіння  $G = mg$ . Для випадку цього випадку рівняння рівноваги сил в тангенціальній до кожуха площині має вигляд.

$$\mu_2 \overline{N}_2 \sin \chi = \mu_2 \overline{G}_x \cos \chi = \overline{R}_1 \sin \gamma + \overline{G}_x \sin \chi \quad (4)$$

де  $G_x = \sqrt{G^2 + N_2^2}$ ,  $\sin \chi = G / G_x$ .

Із (4) випливає, що взявши вантаж більшої маси  $m_x = m / \sin \chi$ , де  $\sin \chi = g / (g + r \omega_{\Pi}^2)$ , шляхом нахилу плоскої моделі на кут  $\chi$ , можна досягти такого перерозподілу сили тяжіння між нерухомою поверхнею, що моделює жолоб, та нахиленим під кутом  $\alpha$  імітатором гвинта, який існує у ГК між відцентровою силою  $N_2 = mr \omega_{\Pi}^2$ , силою тертя  $F_2 = \mu_2 N_2$ ) та силою тяжіння  $G = mg$ . Відповідно, під впливом сили тяжіння кут нахилу потоку  $\beta_{\Pi}$  зменшиться на величину  $\Delta\beta$ :

$$\beta_{\Pi} = \pi/2 - \alpha - \varphi_1 - \Delta\beta. \quad (5)$$

Для заданої кутової швидкості конвеєра  $\omega$  нахил площини основи плоскої моделі на кут  $\chi$  задає її динамічну подібність із конвеєром, швидкісний режим якого забезпечує кутову швидкість потоку:

$$\omega_{\Pi} = \sqrt{\frac{g}{r\omega^2} \left( \frac{1}{\sin \chi} - 1 \right)} \quad (6)$$

Кутова швидкість потоку  $\omega_{\Pi}$  у ГК є величиною, яка визначає кінематичні параметри гвинтового транспортування і дана методика може бути використана для підтвердження правильності теоретичного визначення кута  $\beta_{\Pi}$ .

Для встановлення впливу кривизни кожуха на циркулювання потоку та, зокрема, на зміну коефіцієнтів тертя вантажу до робочих поверонь потоку, розроблена методика їх експериментального уточнення в моделі конвеєра з обертовими гвинтовим робочим органом та прозорим жолобом, яка дозволяє також встановлювати параметри циркуляційного руху вантажу при його гвинтовому транспортуванні..

### **Література.**

Рогатинська Олена Романівна. Обґрунтування параметрів навантаження і конструкцій гвинтових конвеєрів : Дис... канд. наук: 05.05.05 - 2006.