

УДК 621.924.7

І.Гевко, канд.техн.наук; І.Назар; В.Васильків

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ПРОФІЛЬНИМИ Г - ПОДІБНИМИ СПІРАЛЯМИ ШНЕКІВ

У статті проаналізовано процес транспортування матеріалів гвинтовими механізмами, оснащеними профільними спіралями шнеків. Описано умови заклинювання вантажу в нахиленому гвинтовому конвеєрі. Виведено залежність, за допомогою якої можна оцінити величину загального зусилля опору переміщення матеріалу в гвинтових конвеєрах.

Умовні позначення

F_T - загальне зусилля опору переміщення матеріалу;

F_1 - сила тертя, що виникає на поверхні витка спіралі;

F_2 - сила тертя, що виникає на поверхні кожуха;

F_3 - додаткове зусилля опору, зв'язане із заклинюванням матеріалу між витком і кожухом;

f_1 - коефіцієнт тертя матеріалу з лопаткою гвинта;

f_2 - коефіцієнт тертя матеріалу зі стінкою кожуха;

N_1 - нормальна реакція витка спіралі;

N_2 - нормальна реакція кожуха;

μ - кут нахилу витка спіралі у його поперечному перерізі;

α - кут підняття гвинтової лінії;

β - кут між векторами переносної \vec{V}_H й абсолютної \vec{V} швидкостей (кутовий параметр);

R - коефіцієнт: $R = f_1 / f_2$;

S - крок гвинта;

r - зовнішній радіус;

G - вага вантажу;

γ - кут нахилу осі вала відносно вертикалі;

P_θ^i - дотична сила інерції: $P_\theta^i = mr \frac{d^2\varphi}{dt^2}$;

P_e^e - відцентрова сила інерції у переносному русі: $P_e^e = m\omega_0^2 r$;

P_r^e - відцентрова сила інерції у відносному русі: $P_r^e = mr \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2$;

P_a^i - аксіальна сила інерції: $P_a^i = ma \frac{d^2\varphi}{dt^2}$;

K - сила Коріоліса: $K = 2m\omega_0 r \frac{d\varphi}{dt}$;

ε - кут, що визначає розміщення точки відносно вертикальної площини: $\varepsilon = \psi + (-\varphi)$;

$\psi = \omega_0 t$ - кут повороту шнека за час t ;

φ - кут відхилення частинки при обертанні шнека з постійною кутовою швидкістю

$\omega_0 (1/c) \quad \varphi = f(t)$;

t - час;

$\frac{d\varphi}{dt} = \omega$ - кутова швидкість відносно руху матеріальної точки;

$$\sin \beta = \frac{a \frac{d\varphi}{dt}}{v}; \cos \beta = \frac{r \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right)}{v}$$

- тригонометричні функції кутового параметра;
 n - кількість витків спіралі у ГМ.

Сучасний стан розвитку всіх галузей народного господарства вимагає суттєвого поліпшення технологічних параметрів машин і механізмів, що дозволили б підвищити ефективність виробництва, поліпшити якість продукції, зменшити собівартість її виготовлення. Розв'язання цих проблем потребує глибокого вивчення відомих технологічних процесів, їх аналізу та створення передових високоефективних конструкцій, а також технологій виготовлення деталей машин із високими показниками якості, надійності та довговічності. Серед вказаних проблем важливе значення мають дослідження умов роботи та, у зв'язку з цим, вироблення оптимальних конструкцій профільних Γ - подібних спіралей шнеків, що все більше використовуються у транспортно-технологічних системах. Одним із прикладів є живильник принципово нового вібраційного пруткового транспортера [1], в якому за допомогою гвинтового вала 1 (рис.1) безперервно подається матеріал з бункера 2 у зону транспортування 3. Для проектування нових економічних та високопродуктивних транспортерів важливо виявити функціональні зв'язки між елементами геометрії профільних спіралей шнеків та якісними характеристиками процесу транспортування.

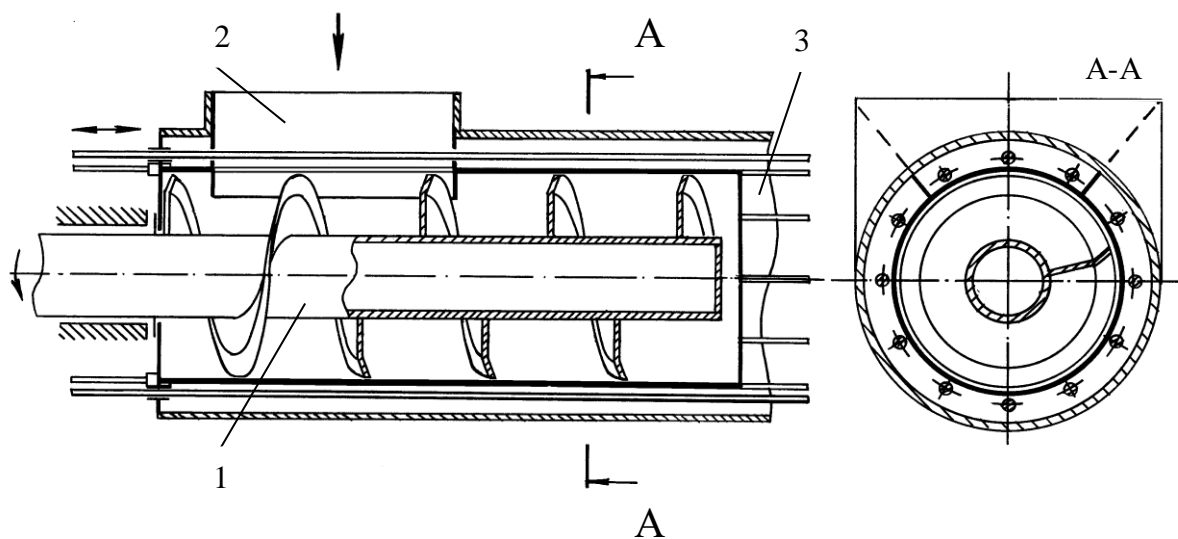


Рис.1. Живильник вібраційного пруткового транспортера.

Процес переміщення вантажів гвинтовими механізмами (ГМ), оснащеними профільними Γ - подібними спіралями шнеків, супроводжується тертям транспортованого вантажу з циліндричною поверхнею кожуха. За таких умов на величину сили подолання опору переміщення матеріалу та на можливість його заклинювання між витком спіралі й стінкою кожуха впливає кут нахилу μ гвинтової спіралі у її поперечному перерізі. З цієї точки зору, найбільш доцільно використовувати спіраль з нахилом уперед її зовнішнього контуру порівняно з внутрішнім, оскільки вектор нормальної сили між витком і кожухом \bar{N}_1 , що діє на вантаж з боку витка, спрямований від дотичної до кожуха під кутом γ_1 (рис. 2 а). У спіралі, спрямованій радіально, ця сила перетинається з дотичною під кутом γ_2 (рис. 2 б), що має невелике значення. У спіралі, зовнішній контур якої нахилений назад порівняно з внутрішнім,

вектор сили перетинається з дотичною під значним кутом γ_3 (рис. 2 в). Якщо величина кута γ близька або дорівнює куту φ_T тертя, виникає значне заклинювання.

Розглянемо умови заклинювання при переміщенні вантажу в нахиленому гвинтовому конвеєрі, де виток профільної спіралі нахилений назад. Загальне зусилля опору переміщення матеріалу на стінці кожуха в цьому випадку у векторній формі виглядає так:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3. \quad (1)$$

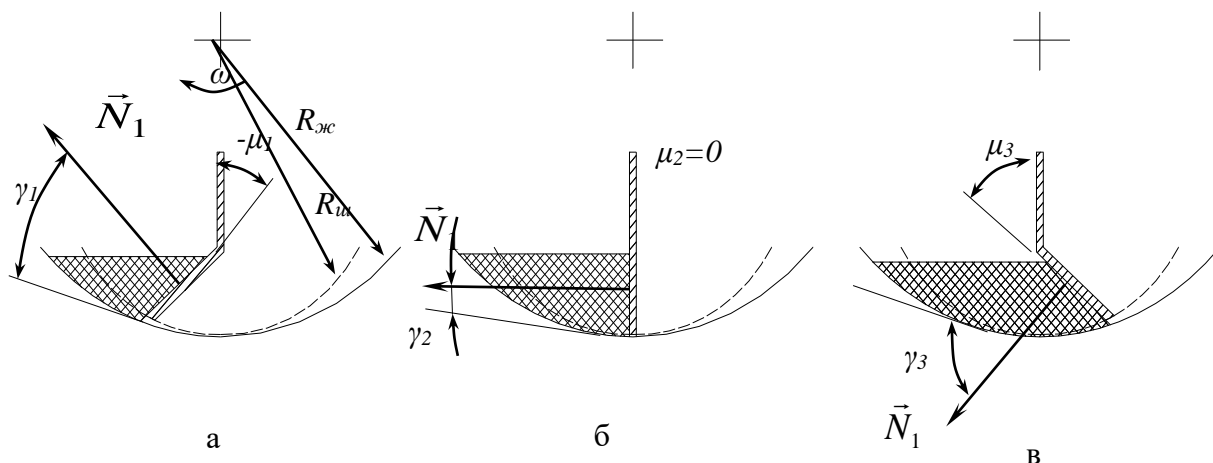


Рис.2. Схеми для визначення впливу кута нахилу профільної гвинтової стрічки у поперечному перерізі на процес заклинювання матеріалу між витком і кожухом.

З урахуванням напрямків векторів зусиль тертя на рис. 3 вираз (1) виглядає так:

$$F_T = f_2 \left[N_1 \sin \mu + \sqrt{N_1^2 R^2 + N_2^2 - 2N_1 N_2 R \cos(\alpha + \beta)} \right]. \quad (2)$$

Кут підйому гвинтової лінії визначається за формулою:

$$\alpha = \arctg \frac{S}{2\pi r},$$

З іншого боку, величина загального зусилля опору переміщення матеріалу дорівнює:

$$F_T = N_1 \cos \mu. \quad (3)$$

Підставивши вираз (3) у (2) та розв'язавши його відносно N_1 і N_2 , отримаємо:

$$N_2 = N_1 \tilde{\rho}, \quad (4)$$

де $\tilde{\rho} = R \cos(\alpha + \beta) + \sqrt{(\cos \mu - f_2 \sin \mu)^2 - R^2 \sin^2(\alpha + \beta)}$.

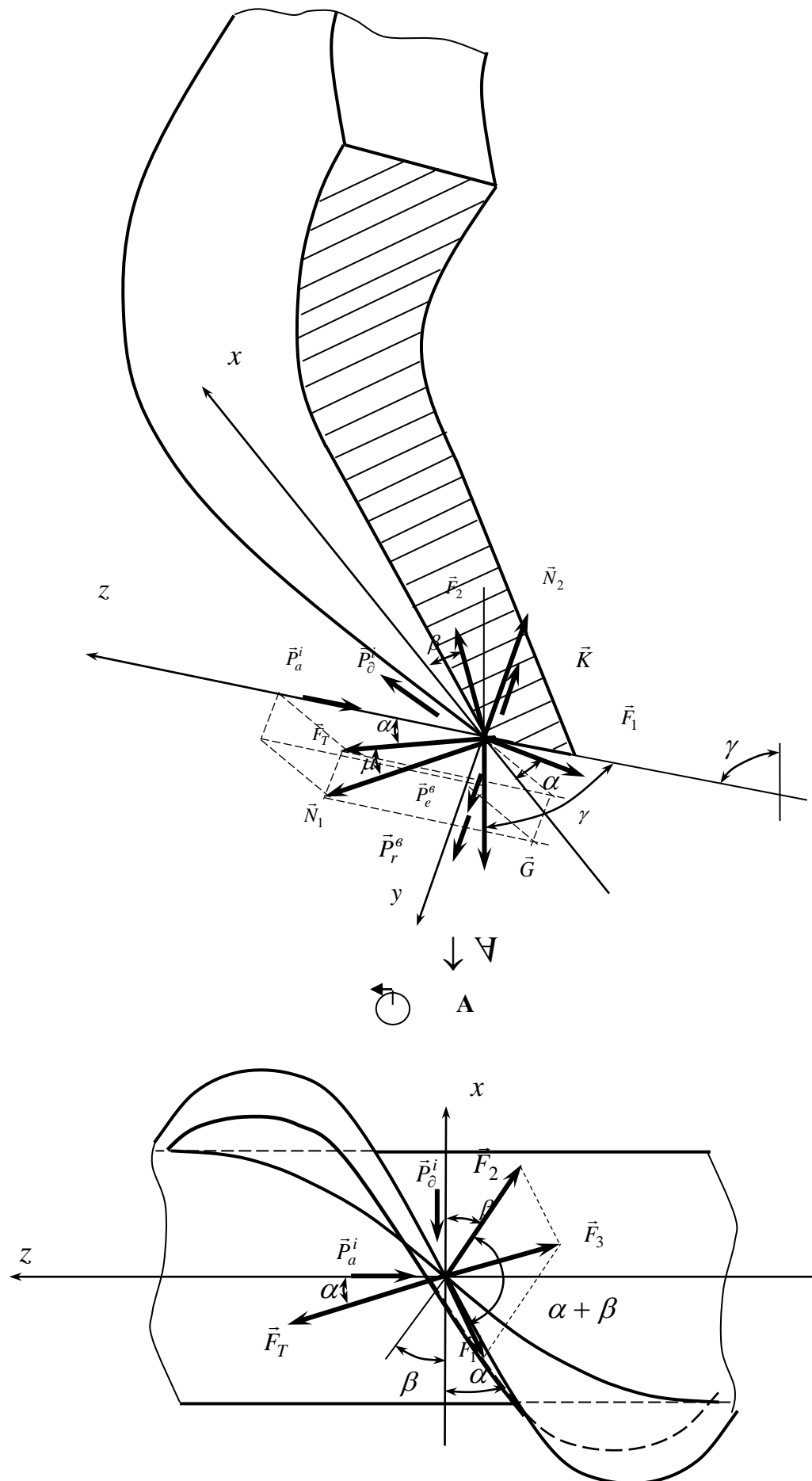


Рис. 3. Схема дії сил, прикладених до матеріальної точки у нахиленому конвєєрі, оснащеному профільною спіраллю шнека.

Таким чином, вираз (2), з урахуванням (4), виглядатиме так:

$$F_T = N_1 \left[\sqrt{f_1^2 + \tilde{\rho}^2 - 2f_1 f_2 \tilde{\rho} \cos(\alpha + \beta)} - f_2 \sin \mu \right]. \quad (5)$$

Величину реакції N_1 визначимо із системи диференціальних рівнянь, що описують переміщення частинки матеріалу, яка спирається на гвинтову поверхню і контактує зі стінкою кожуха при нахиленій вісі конвеєра:

$$\begin{cases} N_1 \cos \mu \cos \alpha - f_1 N_1 \cos \mu \sin \alpha - P_a^i - G \cos \alpha - f_2 N_2 \sin \beta = 0 \\ G \cos \gamma \sin \varepsilon + f_2 N_2 \cos \beta - F_1 N_1 \cos \mu \cos \alpha - N_1 \cos \mu \sin \alpha - P_o^i = 0 \\ G \sin \gamma \cos \varepsilon + P_y^e + P_e^{oid} - N_2 - K + N_1 \sin \mu = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Дослідження виконані у роботі [2], показали, що період невстановленого руху у гвинтових конвеєрах є короткочасним і через деякий проміжок часу рух стає стійким, з постійними значеннями середньої вісьової швидкості й абсолютної кутової швидкості ω обертального руху. Тому при $\frac{d\varphi}{dt} = const$, $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$ система рівнянь (6) виглядатиме так:

$$\begin{cases} N_1 \cos \mu \cos \alpha - f_1 N_1 \cos \mu \sin \alpha - f_2 N_2 \sin \beta - G \cos \gamma = 0 \\ G \sin \gamma \sin \varepsilon + f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \cos \mu \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \cos \mu = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Реакції рівні:

$$N_1 = \frac{G \sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - G \cos \gamma \cos \beta}{[f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)] \cos \mu} \quad (8)$$

$$N_2 = \frac{(G \sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - G \cos \gamma \cos \beta) \cdot (\cos \alpha \cos \mu - f_1 \sin \alpha \cos \mu)}{f_2 \sin \beta [f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)]} - \frac{G \cos \gamma}{f_2 \sin \beta} \quad (9)$$

Підставивши (8) у (5), отримаємо вираз, що оцінює величину загального зусилля опору переміщення матеріалу у ГМ:

$$F_T = \frac{Gn(\sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - \cos \gamma \cos \beta) \left[\sqrt{f_1^2 + \tilde{\rho}^2 - 2f_1 f_2 \tilde{\rho} \cos(\alpha + \beta)} - f_2 \sin \mu \right]}{[f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)] \cos \mu} \quad (10)$$

Згідно з виразом (10) для радіально спрямованого витка ($\mu = 0$) $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, а можливість заклинювання оцінюється знаменником визначеної функції при $f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) \Rightarrow 0$.

У випадку нахилу витка спіралі на можливість заклинювання впливає кут μ . При нахилі витка назад із збільшенням кута μ сила F_T зростає; при нахилі витка вперед із збільшенням кута μ сила F_T зменшується, оскільки в цьому випадку кут α має від'ємний знак.

Таким чином, практичне застосування залежності (10) дозволяє оцінювати вплив геометричних характеристик профільних Γ -подібних спіралей шнеків на умови транспортування вантажів, а також можливе у процесі оптимізації ГМ, оснащених такими шнеками.

Analysis of materials transportation process by screw mechanisms equipped by profile spiral of screw is given. Conditions of load jamming in inclined screw conveyor are described. The dependence, with the aid of which, the valuation of general force quantity of material motion resistance in the screw conveyors is possible, is derived.

Література

1. Рішення НДЦПЕ Держпатенту України про видання патенту на винахід за
2. N 98105192 від 27.04.99. Транспортер/ Назар І. Й., Гевко Р. Б. Заявлено 01.10.98.
3. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры.- М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.

Одержано 04.01.2001 р.