

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

У статті розглянуто геометричну модель скребкового транспортеру та виведені залежності для визначення його кінематичних параметрів. Наведені необхідні розрахункові схеми для визначення умов побудови геометричних компонентів скребкового конвеєра. Подано схему складання алгоритму для створення прикладної програми на комп'ютері для обчислення геометричних та кінематичних параметрів скребкового конвеєра. Дано практичні рекомендації щодо вибору геометричних та конструктивних параметрів даної транспортної системи і розглянуто модель завантаження скребкового транспортера для переміщення легких сипких вантажів.

Умовні позначення

- $M_{кр}$ - крутильний момент приводу;
 S_i - шлях переміщення від т.0_i;
 XOY - абсолютна система координат;
 $X_iO_iY_i$ - власна система координат біжучої ділянки транспортера;
 α_i - кут повороту системи $X_iO_iY_i$ відносно XOY ;
 $X_{ck}O_{ck}Y_{ck}$ - системи координат скребка;
 $X_kO_kY_k$ - системи координат точки, яка знаходиться на полотні транспортера;
 v_0 - швидкість транспортера;
 t - біжучий час руху транспортера;
 T - крок розміщення скребка;
 R_i - радіус кривизни ділянки;
 β - кут підйому транспортера;
 L - довжина стрічки транспортера.

Для кінематичних розрахунків транспортної системи, яка включає скребковий конвеєр, в першу чергу постає проблема побудови її геометричної моделі [1]. Дана схема є основою для побудови кінематичної і динамічної моделей, які дають можливість спроектувати вже реальну транспортну систему. Геометричний опис конвеєра дає матеріал для синтезу нових компоновок скребкових транспортера на початковому етапі проектування. Дане питання розглядалося в роботі [2] на прикладі руху зернового потоку в зернозбиральному комбайні, де скребковий конвеєр мав дві криволінійні ділянки та дві прямолінійні. На основі даної компоновки можливо створити більш ширшу схему транспортування. Тому метою даної роботи було створення геометричної моделі скребкового чи стрічкового конвеєра для транспортування сипких вантажів, який би містив у собі значну кількість прямолінійних і криволінійних ділянок (рис.1) [3,4].

При цьому необхідно забезпечити простоту знаходження геометричних та кінематичних характеристик шляхом ілюстрування роботи машини через моделювання на ЕОМ, застосовуючи алгебро-логічний апарат, який усуває людський фактор похибки при розрахунку [5].

Виходячи з аналізу рис.1, де зображене розбиття транспортного шляху на ділянки, рух тягового органу транспортера описується такою системою:

$$\begin{cases} x_i(t) = -R_i \sin\left(\frac{s_i(t)}{R_i}\right); \\ y_i(t) = R_i \left(\cos\left(\frac{s_i(t)}{R_i}\right) - 1\right); \\ z_i(t) = u_i(t). \end{cases} \quad (1)$$

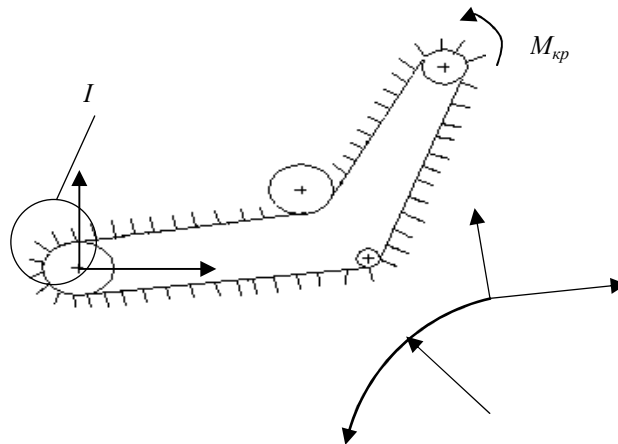


Рис.1. Скребковий транспортер складної конфігурації: s_i - довжина переміщення від т. O_i

Для прямолінійних гілок $x_i(t) = s_i(t)$; $y_i(t) = 0$, оскільки

$$\lim_{R_i \rightarrow +\infty} \left(R_i \sin\left(\frac{s_i(t)}{R_i}\right) \right) \rightarrow s_i(t); \quad (2)$$

Нульова точка координат системи $X_i Z_i Y_i$ знаходиться на початку ділянки; $R_i \geq 0$, якщо центр кривої знаходиться в контурі транспортера; $s_i(t) \geq 0$, якщо $O_i X_i$ - направлене проти напрямку транспортування; $O_i Y_i$ - направлене від контура транспортера; $O_i Z_i$ - направлене до нас (рис.2).

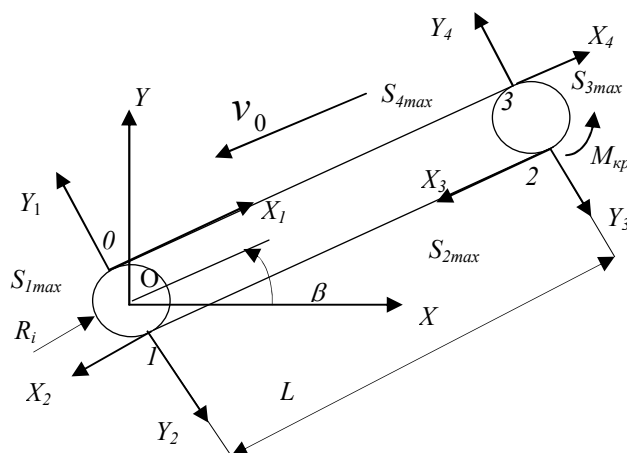


Рис.2. Розбиття скребкового транспортера на ділянки: β - кут підйому транспортера, $\beta = \alpha_1$

Швидкості та прискорення даної системи отримуємо простим диференціюванням.

При цьому система координат i -ої ділянки відносно системи координат $(i-1)$ -ої ділянки буде повертатися проти годинникової стрілки на кут $\psi_i = \frac{S_{(i-1)\max}}{R_{(i-1)}}$, де $S_{(i-1)\max}$ - максимальна довжина попередньої ділянки.

У подальшому розглядається транспортер у плоскій системі координат, тобто приймається переміщення вздовж осі Z , що дорівнює 0 ($u(t) = 0, u^*(t) = 0, u^{**}(t) = 0$).

Відносні системи координат $X_i O_i Y_i$ кожної окремої ділянки, рис.2, транспортера приводяться до загальної системи координат XOY за допомогою матриць перетворення. Приймається, t_{xi}, t_{yi}, α_i - координати початку системи координат ділянки $X_i O_i Y_i$ відносно абсолютної системи координат XOY , причому, $\alpha_i = \alpha_{i-1} + \psi_i$, а t_{xi}, t_{yi} - є також координатами кінця попередньої ділянки в абсолютній системі координат. Звідси:

$$P = P_i M_{ai} M_{ii}; \quad (3)$$

де $P = (x, y, 1)$ - матриця координат системи координат XOY ;

$P_i = (x_i, y_i, 1)$ - матриця координат системи координат $X_i O_i Y_i$;

$$M_{ii} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_{xi} & t_{yi} & 1 \end{pmatrix} - \text{матриця переміщення};$$

$$M_{ai} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_i & \sin \alpha_i & 0 \\ -\sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \text{матриця повороту}.$$

Нехай в системі для застосування цих перетворень необхідно визначити переміщення точки вздовж ділянки S_i . Приймається l як величина шляху від початкової точки транспортера до розглядуваної точки:

$$l(t) = (n-1)T + L_0 + v_0 t, \quad (4)$$

де n - кількість скребків до точки на транспортері;

L_0 - зміщення точки відносно скребка.

Тоді:

$$s_i(t) = l(t) - \left(\sum_{j=1}^i S_{j\max} \right) + S_{i\max} - NL = v_0(t - t_i), \quad (5)$$

де $S_{j\max}$ - максимальний шлях на попередніх ділянках;

$S_{i\max}$ - максимальний шлях на заданій ділянці;

N - кількість повних обертів стрічки транспортера за час t ;

L - довжина стрічки транспортера, $L = \sum S_{j\max}$ (рис.1);

t_i - момент часу, коли починається рух на ділянці i .

Скребок під час транспортування відхиляється від свого положення під дією постійних сил на кут γ_k і коливних сил на кут $\Delta\gamma_k$. Одночасно скребок робить коливні рухи за рахунок поперечних коливань стрічки транспортера (рис.3).

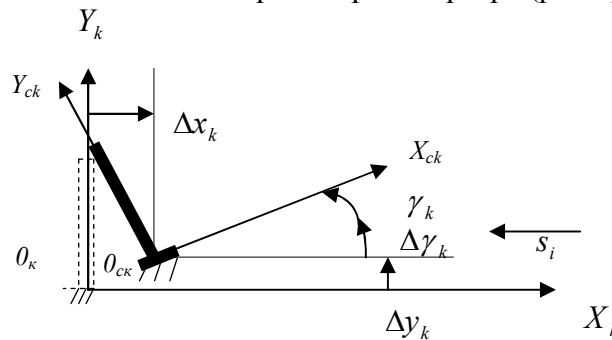


Рис.3. Система координат скребка

Коливання стрічки залежить від конструкційних, технічних параметрів транспортера й характеру експлуатації його. В загальному вигляді це можливо записати так:

$$\Delta x_k(U, t) = A_x(U) \sin(\omega_{xk} t + \varphi_k); \Delta y_k(U, t) = A_y(U) \sin(\omega_{yk} t + \varphi_k), \quad (6)$$

де $A_x(U)$, $A_y(U)$ - амплітуди коливань стрічки вздовж осей $O_k X_k$ і $O_k Y_k$ відповідно;

U - матриця параметрів амплітуди коливань полотна;

ω_{xk} , ω_{yk} - циклічна частота коливань полотна вздовж вісі $X_k O_k Y_k$;

t - час руху транспортера;

φ_k - кут зміщення коливань полотна.

Коливні рухи скребка залежать від конструкційних параметрів, а також від характеру дій зовнішніх зусиль:

$$\Delta \gamma_k(M, t) = \gamma(M) \sin(\omega_{ck} t + \varphi_{ck}), \quad (7)$$

де $\gamma(M)$ - амплітуда змінної частини кута повороту скребка;

M - матриця параметрів амплітуди $\gamma(M)$;

ω_{ck} - циклічна частота кутових коливань скребка;

φ_{ck} - кут зміщення коливань скребка.

Здійснюється перехід від системи координат скребка $X_{ck} O_{ck} Y_{ck}$ до системи координат точки, яка знаходиться на полотні транспортера $X_k O_k Y_k$ (рис.3).

Матриця розташування елемента в системі полотна транспортера має вигляд $P_k = (x_k, y_k, 1)$, скребка $P_{ck} = (x_{ck}, y_{ck}, 1)$, де

$$P_k = P_{ck} M_{\gamma_k} M_{\Delta \gamma_k} M_{\Delta t} = P_{ck} M_{\gamma_k + \Delta \gamma_k} M_{\Delta t}, \quad (8)$$

де

$$M_{\gamma_k + \Delta \gamma_k} = M_{\gamma_k} M_{\Delta \gamma_k} = \begin{pmatrix} \cos(\gamma_k + \Delta \gamma_k) & \sin(\gamma_k + \Delta \gamma_k) & 0 \\ -\sin(\gamma_k + \Delta \gamma_k) & \cos(\gamma_k + \Delta \gamma_k) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad M_{\Delta t} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \Delta x_k & \Delta y_k & 1 \end{pmatrix}.$$

Звідси можна перейти до власної системи координат ділянки транспортера $X_l O_l Y_l$.

$$P_{(i)} = P_k P_{ia} P_{i0}, \quad (9)$$

$$\text{де } P_{(i)} = (x_{(i)}, y_{(i)}, 1); P_{i0} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_i & y_i & 1 \end{pmatrix}; P_{i\alpha} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_{1_i} & \sin \alpha_{1_i} & 0 \\ -\sin \alpha_{1_i} & \cos \alpha_{1_i} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \alpha_{1_i} = \left(\frac{S_i}{R_i} \right);$$

$x_{(i)}, y_{(i)}$ - координати точки вантажу в системі координат $X_I O_I Y_I$.

Перехід до абсолютної системи координат XOY :

$$P_a = P_{(i)} M_{ai} M_{ti}, \quad (10)$$

де $P_a = (x_a, y_a, 1)$ - матриця абсолютних координат положення точкового тіла вантажу на транспортері;

x_a - координата точки вантажу по вісі OX ;

y_a - координата точки вантажу по вісі OY .

Дані формули дають можливість отримати координати тіла вантажу в будь-який момент часу і в будь-якій системі координат. Швидкості і прискорення тіла в різних системах координат визначаються через просте диференціювання за часом за допомогою ЕОМ (ППП MathCad).

На рис.4 зображені графіки руху полотна транспортера, який зображений на рис.1, де: $Xi(ss), yi(ss)$ – абсолютні координати, м; ss – довжина руху по полотні, м; $vx1(t3), vy1(t3)$ – проекції абсолютної швидкості точки полотна на осі OX та OY , м/с; $ax1(t3), ay1(t3)$ – проекції абсолютного прискорення точки полотна на осі OX та OY , м/с²; v_0 – швидкість руху полотна транспортера; $t3$ – час руху полотна.

При побудові траєкторії руху точки полотна в абсолютних системах координат приймалося $R_i=0,08$ м, $L=6$ м, $\beta=20^\circ$, $v_0 = 0.63$ м/с.

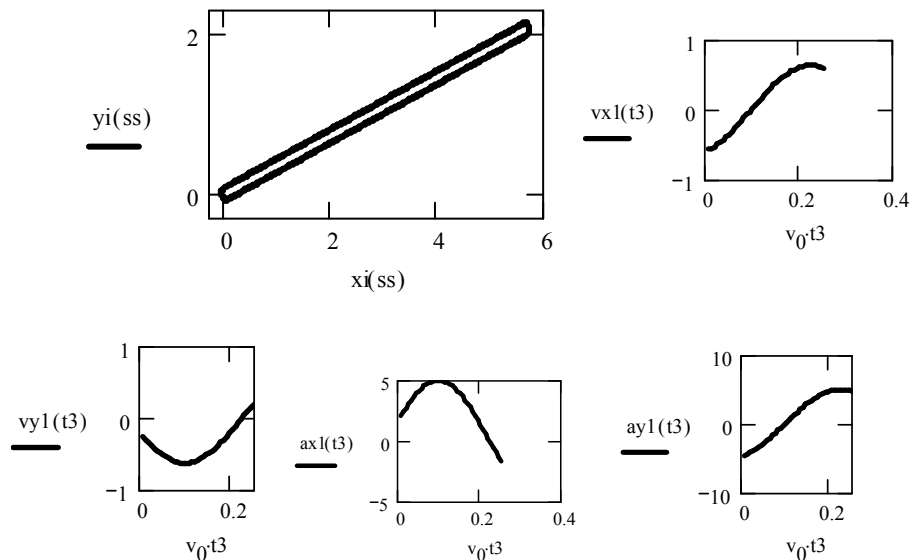


Рис.4. Траєкторія руху точки полотна та її кінематичні характеристики на ділянці 0-1

Висновки

1. Розроблено геометричну модель скребкового транспортера із складною трасою, що включає криві та прямолінійні ділянки, дасть можливість отримати у наступному динамічні параметри транспортної системи, де виникає необхідність визначення взаємного розміщення елементів конвеєрної системи в просторі.

2. Подано результати, що описують кінематику руху робочого органу конвеєра, дають вхідні дані для опису контактної моделі взаємодії робочого органу конвеєра із сипким матеріалом під час технологічної операції переміщення вантажу.

3. Виведено залежності впливу радіусу кривизни транспортуючої ділянки на визначення траєкторій, переміщення робочих елементів транспортера та їх швидкість і прискорення..

4. Отриману модель необхідно у подальшому розвивати з метою опису більш складних систем транспортування, де робочі органи системи виконують складні трьохмірні рухи.

This article describes geometrical model of the scraper transporter and deduces dependencies for definition of kinematics parameters of the conveyor. The necessary calculated schemes for definition of conditions of construction of geometrical components of a conveyor are reduced. The scheme of drawing up of algorithm for formation of the application program on the computer for an evaluation of geometrical and kinematical parameters of a conveyor is given. The practical recommendations are given at the choice of geometrical and design parameters of the given transport system.

Література

1. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
2. Булгаков В.М., Бурлака О.А., Іщенко В.В., Орехівський В.Д. Вплив параметрів транспортних систем зернозбирального комбайна на характер проходження зернових потоків. // Збірник наукових праць національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”. - К.: НАУ, 2002р, Т.VII.- С.217-223.
3. Зенков Р.Л. и др.. Машины непрерывного транспорта. - М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.
4. Израйлевич М.Л. Конвейеры с погружёнными скребками.-М.:Машиностроение, 1970. – 144 с.
5. Математика и САПР: В 2-х кн. Кн.1. Пер. с франц. / Шенен П., Коснар М., Гардан И. И др. – М: Мир, 1988 – 204 с.

Одержано 09.12.2004 р.