

Marian DOIPIŃSKI
Karol REICH
Henryk ADAMOWICZ
Helmut ZIEGLER

WYMUSZONE NABIEGANIE ŁAŃCUCHA OGNIWOWEGO NA KOŁO GNIAZDOWE

Streszczenie. W pracy dokonano kinematycznej analizy swobodnego i wymuszonego nabiegania łańcucha ogniowego na koło gniazdowe. Wyznaczono przebiegi zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego w prowadnicach prostoliniowych. Wykazano jaki jest najkorzystniejszy sposób nabiegania łańcucha ogniowego na koło gniazdowe.

1. Wstęp

Łańcuch ogniowy posiada możliwość przeginania się w dwóch wzajemnie do siebie prostopadłych płaszczyznach. Cecha ta predystynuje go do szerokiego zastosowania w napędach łańcuchowych górniczych maszyn do urabiania i transportowania. W aspekcie współpracy z kołem gniazdowym łańcuch ogniowy jest łańcuchem łącznikowym przestępnym, składającym się na przemian z ogniw czynnych (poziomych) i biernych (pionowych).

Ogniwa czynne wchodzą w przypór z dnami gniazd i bokami zębów koła gniazdowego, natomiast ogniwa bierne spełniają tylko rolę łączników (nie biorą udziału w zazębieniu). Powoduje to, że środki roboczych przegubów międzyogniwowych (okrąg podziałowy jest ich miejscem geometrycznym) łańcucha w czasie jego współpracy z kołem gniazdowym są wierzchołkami wielokąta dwuforemnego.

Długości sąsiednich boków tego wielokąta wynoszą odpowiednio $(t + d)$ oraz $(t - d)$; gdzie t - podziałka łańcucha ogniowego, d - średnica przęta, z którego wytworzono ogniwo. Osobliwość ta determinuje odpowiedni przebieg zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego.

Nabieganie łańcucha ogniowego na koło gniazdowe może odbywać się sposobem swobodny (bez prowadnic) lub wymuszony przez prowadnice. Znajomość przebiegu i charakteru zmian przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego przy jego różnym sposobie nabiegania na koło gniazdowe jest konieczna w celu określenia obciążeń dynamicznych charakteru bezwładnościowego w łańcuchu [2, 3].

2. Nabieganie swobodne

W czasie swobodnego nabiegania łańcucha ogniowego na koło gniazdowe, oprócz ruchu wzdłużnego (kierunek osi odciętych, rys. 1) łańcuch przemieszcza się również w kierunku poprzecznym (kierunek osi rzędnych). Maksymalna wartość tego przemieszczenia wynosi;

$$\Delta y = R \left(1 - \cos \frac{\delta_1}{2} \right).$$

Prędkości ruchu łańcucha ogniowego w czasie obrotu koła gniazdowego o kąt $\frac{2\pi}{s}$ wynoszą:

$$V_x = R \cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{s} \quad (1)$$

$$V_x = R \cos \left(\delta_2 + \frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad \frac{\pi}{s} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{s} \quad (2)$$

$$V_y = R \sin \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{s} \quad (3)$$

$$V_y = R \sin \left(\delta_2 + \frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad \frac{\pi}{s} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{s}, \quad (4)$$

przy czym:

$$\varphi = \omega t \quad (5)$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{t}{\sin \frac{\pi}{2s}} \right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{\pi}{2s}} \right)^2} \quad (6)$$

$$\delta_1 = 2 \arcsin \frac{t+d}{2R} \quad (7)$$

$$\delta_2 = 2 \arcsin \frac{t-d}{2R} \quad (8)$$

$$\delta_1 + \delta_2 = \frac{2\pi}{s} \quad (9)$$

gdzie:

- V_x - prędkość ruchu wzdłużnego łańcucha ogniowego,
- V_y - prędkość ruchu poprzecznego łańcucha ogniowego,

- R - promień okręgu podziałowego koła gniazdowego,
 z - liczba zębów koła gniazdowego,
 δ_1, δ_2 - kąty środkowe koła podziałowego, odpowiadające odległościom między środkami roboczymi przegubów międzyogniwowych łańcucha w czasie jego współpracy z kołem gniazdowym (rys. 1),
 ω - prędkość kątowna koła gniazdowego,
 φ - droga kątowna koła gniazdowego,
 τ - czas.

Różniczkując wyrażenia (1), (2), (3) i (4) względem czasu otrzymamy równania przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego w poszczególnych przedziałach kątowych

$$P_x = \omega^2 R \sin \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z} \quad (10)$$

$$P_x = \omega^2 R \sin \left(\delta_2 + \frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad \frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{z} \quad (11)$$

$$P_y = -\omega^2 R \cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z} \quad (12)$$

$$P_y = -\omega^2 R \cos \left(\delta_2 + \frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) \quad \text{dla} \quad \frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{z}, \quad (13)$$

gdzie:

- P_x - przyspieszenie ruchu wzdłużnego łańcucha ogniowego,
 P_y - przyspieszenie ruchu poprzecznego łańcucha ogniowego.

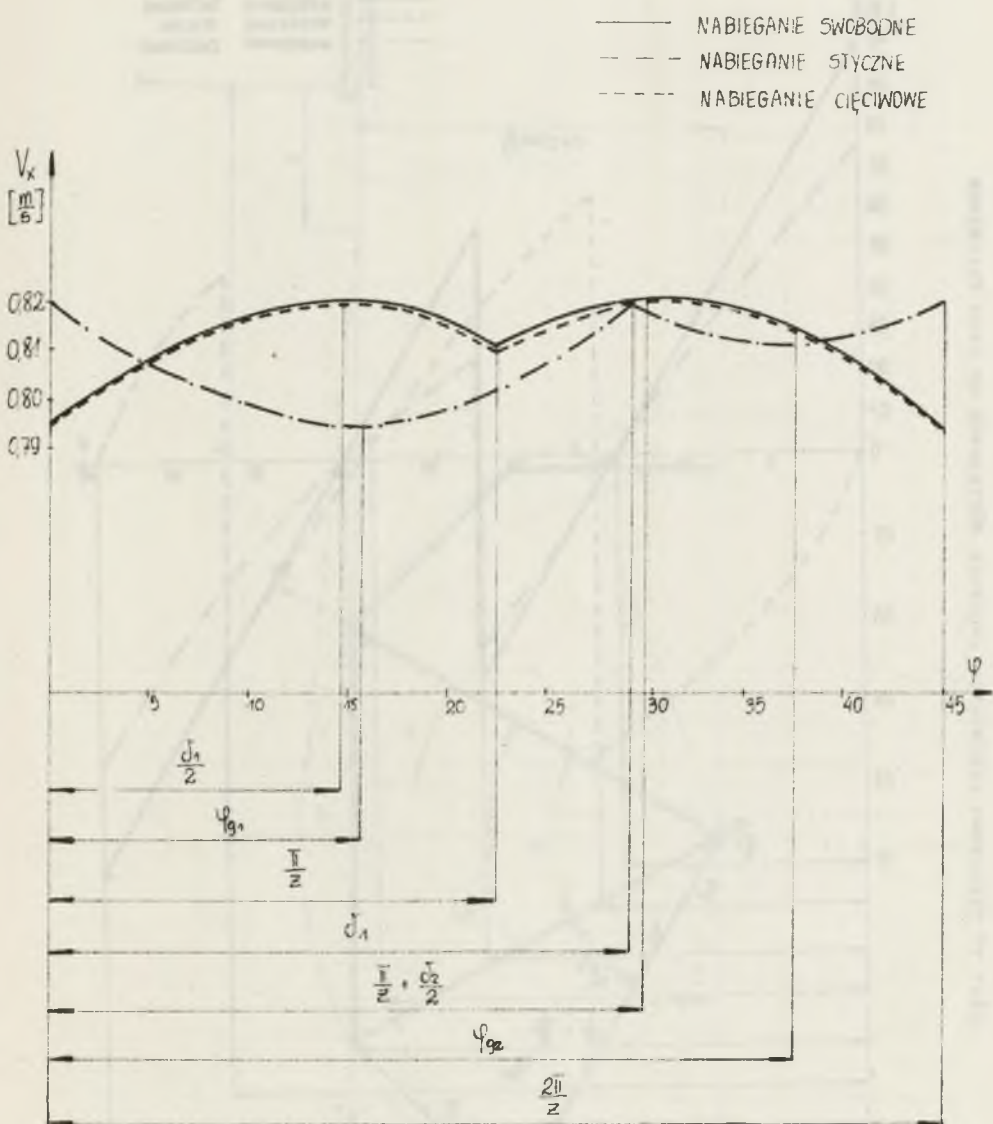
Przebieg zmian prędkości i przyspieszeń ruchu wzdłużnego łańcucha ogniowego $\emptyset 18 \times 64$ przy jego swobodnym nabieganiu na koło gniazdowe ($z = 8$, $\omega = 5 \text{ S}^{-1}$) przedstawiono na rys. 2 i 3.

3. Nabieganie wymuszone

Wymuszone nabieganie łańcucha ogniowego na koło gniazdowe zrealizowane za pomocą prostoliniowych prowadnic, które mogą zajmować różne położenia w odniesieniu do osi koła gniazdowego (rys. 4 i 5).

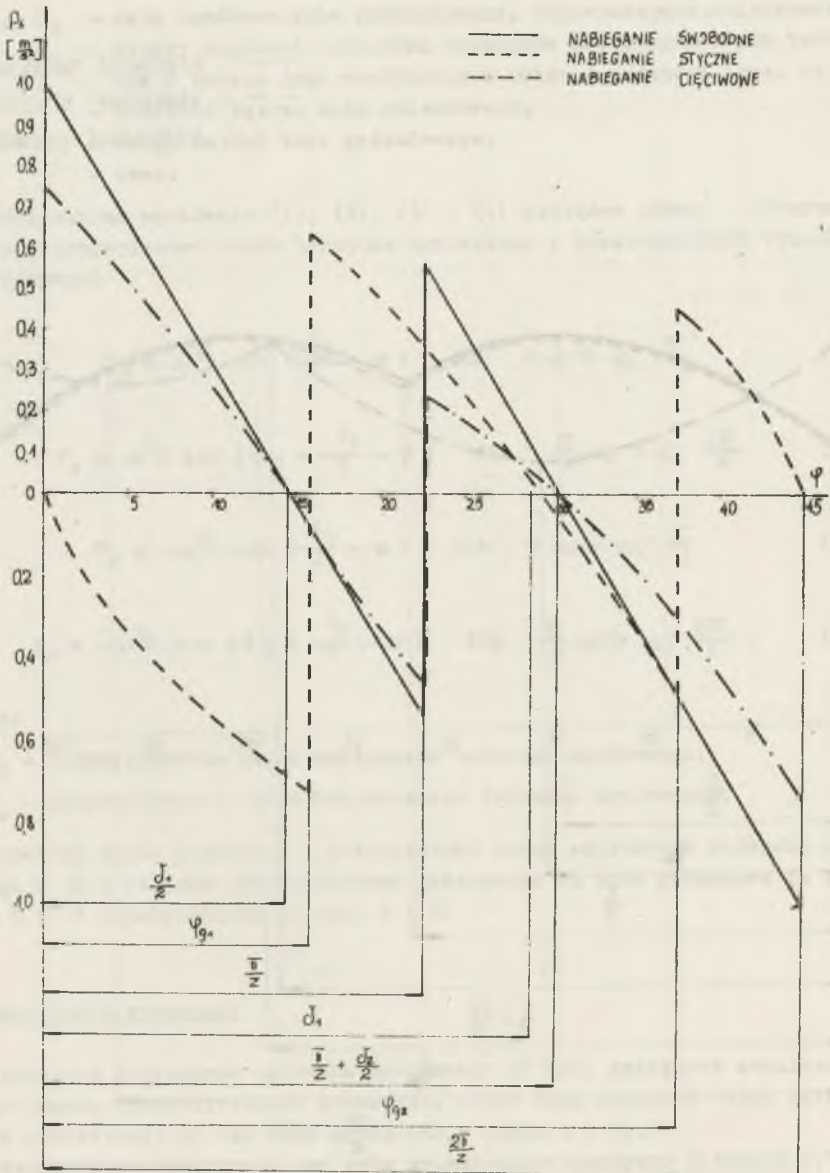
Odległość prowadnicy od osi koła gniazdowego oznaczono literą H i nazwano wysokością położenia prowadnicy. Jest to parametr determinujący sposób wymuszonego nabiegania łańcucha na koło:

- przy $H = R \cos \frac{\delta_1}{2}$ realizowane jest nabieganie cięciwowe,
- przy $H = R$ realizowane jest nabieganie styczne.



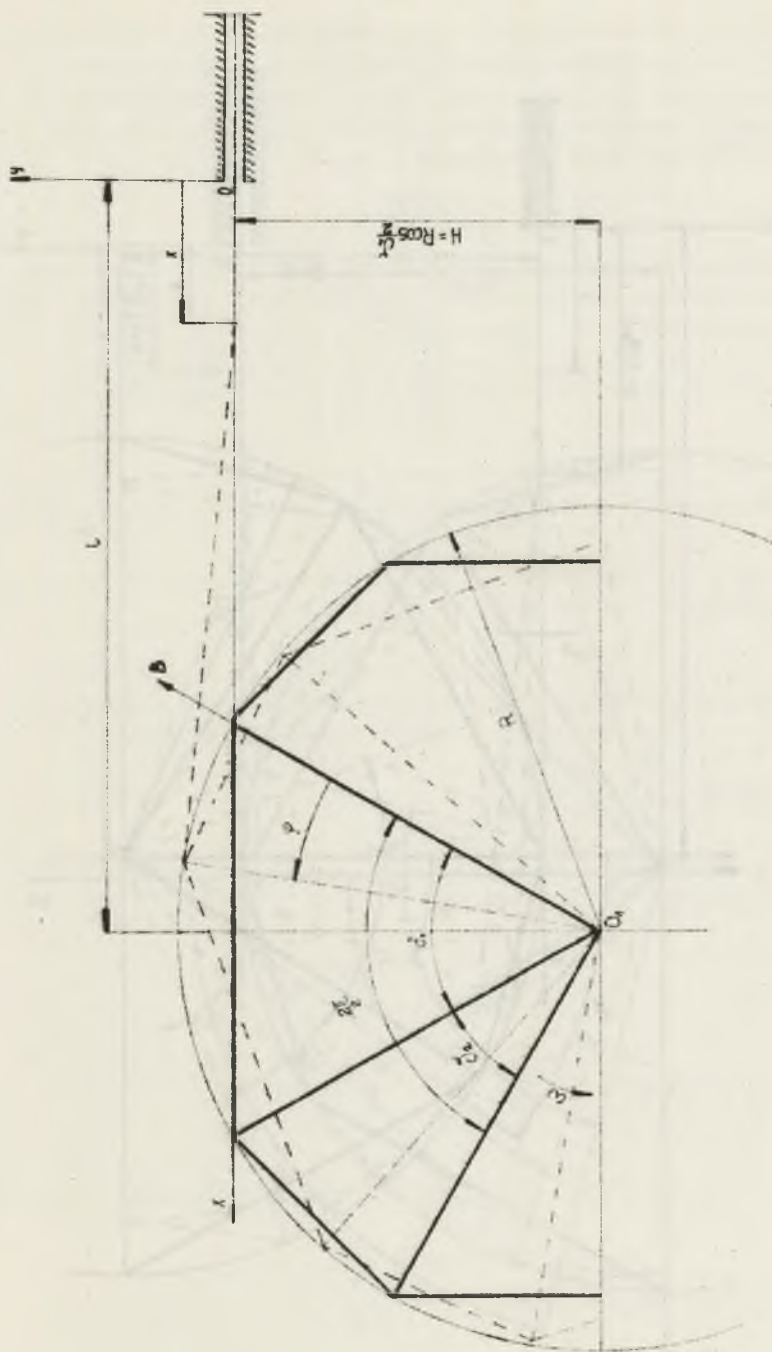
Rys. 2. Przebieg zmian prędkości ruchu łańcucha ogniwowego $\emptyset 18 \times 64$ przy jego swobodnym, cięciwowym i stycznym nabieganiu na koło gniazdowe ($z = 8, \omega = 5s^{-1}$), $l = 0,256$ m

—— nabieganie swobodne, - - - nabieganie stycznne, - · - · nabieganie cięciwowe

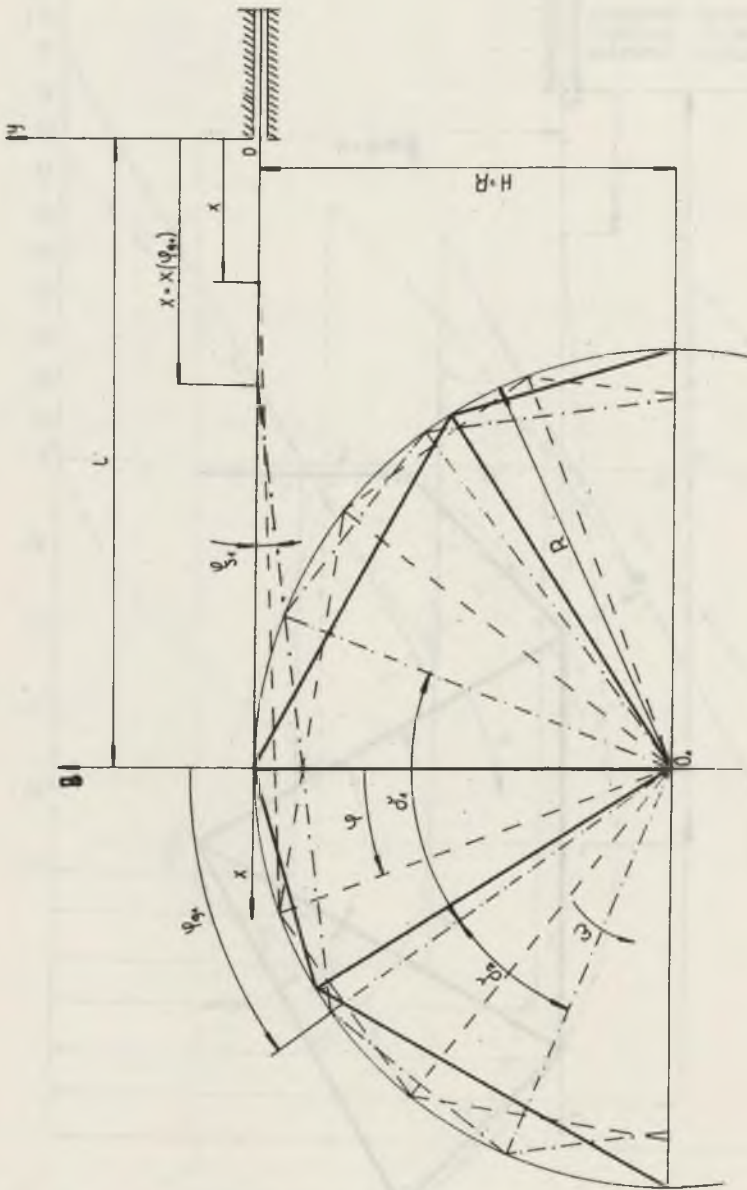


Rys. 3. Przebieg zmian przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego $\emptyset 18 \times 64$ przy jego swobodnym, cięciwowym i stycznym nabieganiu na koło gniazdowe ($z = 8$, $\omega = 5s^{-1}$), $l = 0,256$ m

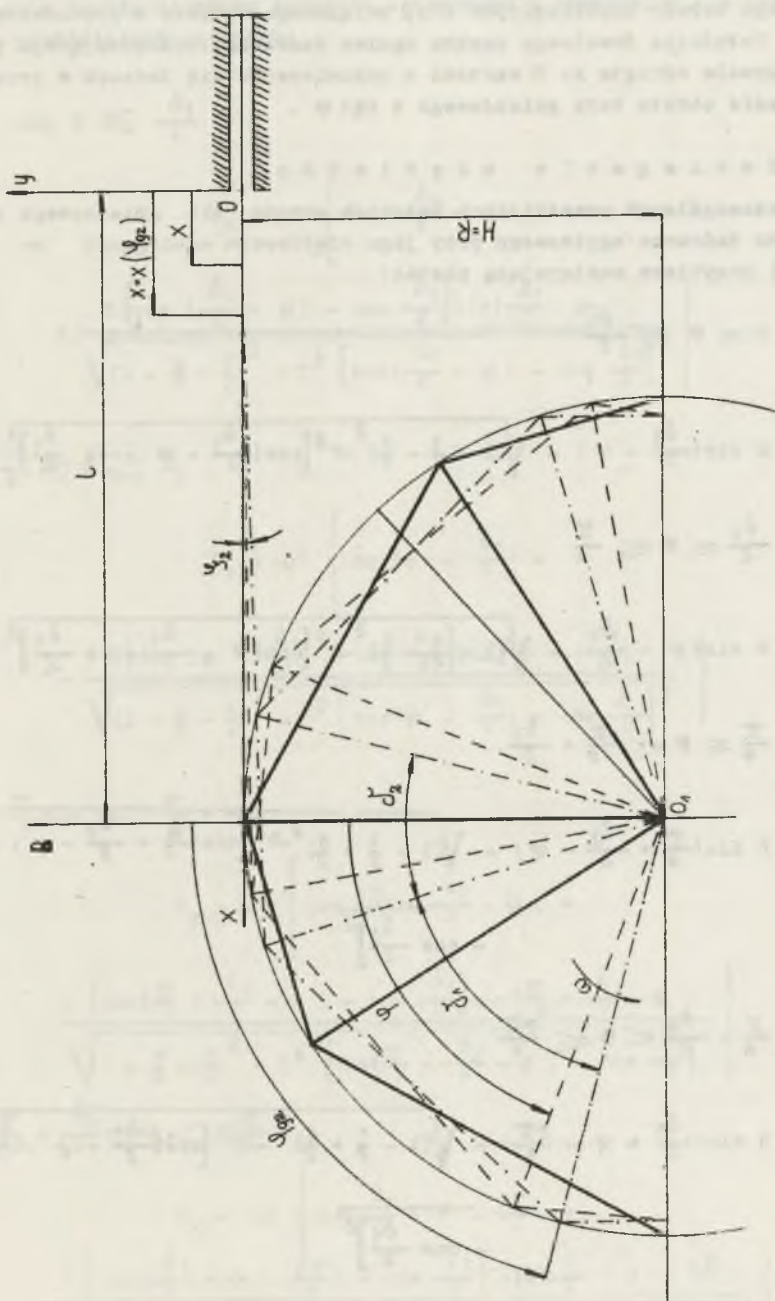
—— nabieganie swobodne, - - - nabieganie stycznne, - · - nabieganie cięciwowe



RYS. 4. Ciężowe nabieganie łańcucha ogniwowego na koło zębiste



Rys. 5a. Styczne nabieganie łańcucha ogniwowego na koło gniazdowe



Rys. 5b. Styczne nabieganie łańcucha ogniwowego na koło gniazdkowe

Ruch łańcucha przy nabieganiu wymuszonym określono w odniesieniu do prostokątnego układu współrzędnych xOy , związanego sztywno z prowadnicą (rys. 4 i 5). Położenie dowolnego punktu ogniwa łańcucha, opuszczającego prowadnicę, określa odcięta x . O wartość x przemieszcza się łańcuch w prowadnicy w czasie obrotu koła gniazdowego o kąt φ .

3.1. Nabieganie cięciwowe

W poszczególnych przedziałach kątowych obrotu koła gniazdowego równanie ruchu łańcucha ogniwowego przy jego cięciwowym nabieganiu na koło, (rys. 4) przybiera następującą postać:

$$\text{- dla } 0 \leq \varphi \leq \frac{\delta_1}{2}$$

$$x = 1 - R \sin\left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi\right) - \sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi\right) - \cos \frac{\delta_1}{2}\right]^2} \quad (14)$$

$$\text{- dla } \frac{\delta_1}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

$$x = 1 + R \sin\left(\varphi - \frac{\delta_1}{2}\right) - \sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\varphi - \frac{\delta_1}{2}\right) - \cos \frac{\delta_1}{2}\right]^2} \quad (15)$$

$$\text{- dla } \frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2}$$

$$x = 1 - R \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) - \sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) - \cos \frac{\delta_1}{2}\right]^2} \quad (16)$$

$$\text{- dla } \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{2}$$

$$x = 1 + R \sin\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) - \sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) - \cos \frac{\delta_1}{2}\right]^2} \quad (17)$$

gdzie:

1 - odległość końca prowadnicy od osi koła gniazdowego.

Różni, zkując wyrażenia (14), (15), (16) i (17) względem czasu otrzymano równania prędkości ruchu łańcucha ogniowego w przewodnicy, w poszczególnych przedziałach kątowych:

$$- \text{ dla } 0 \leq \varphi \leq \frac{\delta_1}{2}$$

$$v_x = \omega R \left\{ \cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) + \frac{R \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right] \sin \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right)}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \right\} \quad (18)$$

$$- \text{ dla } \frac{\delta_1}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

$$v_x = \omega R \left\{ \cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) + \frac{R \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right] \sin \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right)}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \right\} \quad (19)$$

$$- \text{ dla } \frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2}$$

$$v_x = \omega R \left\{ \cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi \right) + \frac{R \left[\cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right] \sin \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi \right)}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \right\} \quad (20)$$

$$- \text{ dla } \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{2}$$

$$v_x = \omega R \left\{ \cos \left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2} \right) + \frac{R \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right] \sin \left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{\pi}{2} \right)}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \right\} \quad (21)$$

Różniczkując wyrażenia (18), (19), (20) i (21) względem czasu, wyznaczono wartości przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego:

$$- \text{ dla } 0 \leq \varphi \leq \frac{\delta_1}{2}$$

$$\begin{aligned} P_x = \omega^2 R \left\{ \sin \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) + \right. \\ \left. - \frac{R}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \cos 2 \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) + \frac{R^2 \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2 \sin^2 \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right)}{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\frac{\delta_1}{2} - \varphi \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2} \right] \right\} \quad (22) \end{aligned}$$

$$- \text{ dla } \frac{\delta_1}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

$$\begin{aligned} P_x = \omega^2 R \left\{ -\sin \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{R}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \cos 2 \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) + \frac{R^2 \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2 \sin^2 \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right)}{\left(1 - \frac{t}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos \left(\varphi - \frac{\delta_1}{2} \right) - \cos \frac{\delta_1}{2} \right]^2} \right] \right\} \quad (23) \end{aligned}$$

$$- \text{ dla } \frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2}$$

$$P_x = \omega^2 R \left\{ \sin \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi \right) + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{R}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) + \right. \\
 & - \cos 2\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) + \left. \frac{R^2 \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right)}{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} - \varphi\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2} \right] \quad (24)
 \end{aligned}$$

$$- \text{ dla } \frac{\pi}{2} + \frac{\delta_2}{2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{2}$$

$$\begin{aligned}
 & P_x = \omega^2 R \left\{ - \sin\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) + \right. \\
 & + \frac{R}{\sqrt{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2}} \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) + \right. \\
 & - \cos 2\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) + \left. \frac{R^2 \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2 \sin^2\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right)}{\left(1 - \frac{t}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - R^2 \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2} + \varphi - \frac{2\pi}{2}\right) - \cos\frac{\delta_1}{2} \right]^2} \right] \left. \right\} \quad (25)
 \end{aligned}$$

Przebieg zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha ogniwowego $\varnothing 18 \times 64$ w prowadnicy przy jego cięciwowym nabieganiu na koło gniazdowe ($z = 8$, $\omega = 5 \text{ s}^{-1}$) w czasie obrotu koła o kąt $\frac{2\pi}{z}$ - dla $l = 0,256 \text{ m}$ - przedstawiono na rys. 2 i 3.

3.2. Nabieganie styczne

Poznanie przebiegu zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha ogniwowego w prowadnicy przy jego styczonym nabieganiu na koło gniazdowe wymaga przeprowadzenia analizy kinematycznej ruchu łańcucha w czterech przedziałach kątowych obrotu koła o kąt $\frac{2\pi}{z}$. Równanie ruchu w poszczególnych przedziałach kątowych przyjmuje następującą postać:

$$- \text{ dla } 0 \leq \varphi \leq \varphi_{g1}$$

$$X = l + R \sin \varphi - \sqrt{l^2 - R^2 (1 - \cos \varphi)^2} \quad (26)$$

gdzie:

φ_{g1} - graniczny kąt obrotu gniazdowego (rys. 5a).

Graniczny kąt obrotu koła gniazdowego φ_{g1} to kąt określający położenie koła, przy którym zachodzi spełnienie następującego warunku:

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\delta_1}{2} + \frac{\pi}{2} - \xi_1 + \varphi_{g1} = \pi,$$

skąd:

$$\varphi_{g1} = \frac{\delta_1}{2} + \xi_1, \quad (27)$$

gdzie:

ξ_1 - kąt pochylenia pasma łańcucha znajdującego się między prowadnicą a kołem gniazdowym (rys. 5a).

Wiadomo również, że:

$$\sin \xi_1 = \frac{R}{l} (1 - \cos(\frac{\delta_1}{2} + \xi_1)). \quad (28)$$

Rozwiązując układ równań (27) i (28) otrzymano poszukiwany graniczny kąt obrotu koła

$$\varphi_{g1} = \frac{\delta_1}{2} + 2 \arctg \left[\frac{1 - R \sin \frac{\delta_1}{2} - \sqrt{1^2 - 2 R l \sin \frac{\delta_1}{2}}}{2 R \cos^2 \frac{\delta_1}{4}} \right] \quad (29)$$

- dla $\varphi_{g1} \leq \varphi \leq \delta_1$

$$x = 1 - R \sin(\delta_1 - \varphi) - \sqrt{(1-d)^2 - R^2 [1 - \cos(\delta_1 - \varphi)]^2} \quad (30)$$

- dla $\delta_1 \leq \varphi \leq \varphi_{g2}$

$$x = 1 + R \sin(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{2}) - \sqrt{(1-d)^2 - R^2 [1 - \cos(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{2})]^2} \quad (31)$$

gdzie:

φ_{g2} - graniczny kąt obrotu koła gniazdowego (rys. 5b).

W chwili obrotu koła gniazdowego o kąt φ_{g2} zachodzi spełnienie następującego warunku:

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\delta_2}{2} + \frac{\pi}{2} - \xi_2 + \delta_2 + \varphi_{g2} - \frac{2\pi}{z} = \pi,$$

skąd:

$$\varphi_{g2} = \frac{2\pi}{z} - \frac{\delta_2}{2} + \xi_2, \quad (32)$$

gdzie:

ξ_2 - kąt (rys. 5b).

Wiadomo również, że:

$$\sin \xi_2 = \frac{R}{1-d} \left[1 - \cos\left(-\frac{\delta_2}{2} + \xi_2\right) \right]. \quad (33)$$

Rozwiązując układ równań (32) i (33) otrzymano:

$$\varphi_{g2} = \frac{2\pi}{z} - \frac{\delta_2}{2} + 2 \arctan \left[\frac{(1-d) - R \sin \frac{\delta_2}{2} - \sqrt{(1-d)^2 - 2R(1-d) \sin \frac{\delta_2}{2}}}{2R \cos^2 \frac{\delta_2}{4}} \right] \quad (34)$$

- dla $\varphi_{g2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{z}$

$$x = 1 - R \sin\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) - \sqrt{(1-t)^2 + R^2 \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) \right]^2} \quad (35)$$

Różniczkując wyrażenia (26), (30), (31) i (35) względem czasu otrzymamy równania prędkości ruchu łańcucha ogniowego w prowadnicy, w poszczególnych przedziałach kątowych:

- dla $0 \leq \varphi \leq \varphi_{g1}$

$$v_x = \omega R \left[\cos \varphi + \frac{R(1 - \cos \varphi) \sin \varphi}{\sqrt{1^2 - R^2(1 - \cos \varphi)^2}} \right] \quad (36)$$

- dla $\varphi_{g1} \leq \varphi \leq \delta_1$

$$v_x = \omega R \left[\cos(\delta_1 - \varphi) - \frac{R[1 - \cos(\delta_1 - \varphi)] \sin(\delta_1 - \varphi)}{\sqrt{(1-t-d)^2 - R^2[1 - \cos(\delta_1 - \varphi)]^2}} \right] \quad (37)$$

- dla $\delta_1 \leq \varphi \leq \varphi_{g2}$

$$v_x = \omega R \left[\cos(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}) + \frac{R \left[1 - \cos(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}) \right] \sin(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z})}{\sqrt{(1-t)^2 - R^2 \left[1 - \cos(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}) \right]^2}} \right] \quad (38)$$

- dla $\varphi_{g2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{z}$

$$v_x = \omega R \left[\cos(\frac{2\pi}{z} - \varphi) - \frac{R \left[1 - \cos(\frac{2\pi}{z} - \varphi) \right] \sin(\frac{2\pi}{z} - \varphi)}{\sqrt{(1-t)^2 - R^2 \left[1 - \cos(\frac{2\pi}{z} - \varphi) \right]^2}} \right] \quad (39)$$

Różniczkując równania (36), (37), (38) i (39) względem czasu, otrzymano wyrażenia na przyspieszenie ruchu łańcucha ogniowego w poszczególnych przedziałach kątowych:

- dla $0 \leq \varphi \leq \varphi_{g1}$

$$p_x = \omega^2 R \left[-\sin \varphi + \frac{R}{\sqrt{1^2 - R^2 (1 - \cos \varphi)^2}} \left[\cos \varphi - \cos 2\varphi + \frac{R^2 (1 - \cos \varphi)^2 \sin^2 \varphi}{1^2 - R^2 (1 - \cos \varphi)^2} \right] \right] \quad (40)$$

- dla $\varphi_{g1} \leq \varphi \leq \delta_1$

$$p_x = \omega^2 R \left\{ \sin(\delta_1 - \varphi) - \frac{R}{\sqrt{(1-t-d)^2 - R^2 \left[1 - \cos(\delta_1 - \varphi) \right]^2}} \left[\cos(\delta_1 - \varphi) + \right. \right. \\ \left. \left. - \cos 2(\delta_1 - \varphi) + \frac{R^2 \left[1 - \cos(\delta_1 - \varphi) \right]^2 \sin^2(\delta_1 - \varphi)}{(1-t-d)^2 - R^2 \left[1 - \cos(\delta_1 - \varphi) \right]^2} \right] \right\} \quad (41)$$

- dla $\delta_1 \leq \varphi \leq \varphi_{g2}$

$$p_x = \omega^2 R \left[-\sin(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}) + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{R}{\sqrt{(1-d)^2 - R^2} \left[1 - \cos\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right) \right]^2} \left[\cos\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right) + \right. \\
 & \quad \left. - \cos 2\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right) + \right. \\
 & \quad \left. + \frac{R^2 \left[1 - \cos\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right) \right]^2 \sin^2\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right)}{(1-d)^2 - R^2 \left[1 - \cos\left(\delta_2 + \varphi - \frac{2\pi}{z}\right) \right]^2} \right] \quad (42)
 \end{aligned}$$

- dla $\varphi_{g2} \leq \varphi \leq \frac{2\pi}{z}$

$$\begin{aligned}
 P_x = \omega^2 R \left\{ \sin\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) - \right. \\
 \left. - \frac{R}{\sqrt{(1-t)^2 - R^2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) \right]^2} \left[\cos\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) + \right. \right. \\
 \left. \left. - \cos 2\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) + \frac{R^2 \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) \right]^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right)}{(1-t)^2 - R^2 \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{z} - \varphi\right) \right]^2} \right] \right\} \quad (43)
 \end{aligned}$$

Przebieg zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego $\varnothing 18 \times 64$ w prowadnicy przy jego stycznym nabieganiu na koło gniazdowe ($z = 8$, $\omega = 5s^{-1}$) - dla $l = 0,256$ m - przedstawiono na rys. 2 i 3.

Okresem zmian jest czas obrotu koła gniazdowego o kąt $\frac{2\pi}{z}$.

Sposób nabiegania łańcucha ogniowego na koło gniazdowe determinuje charakter zmian prędkości i przyspieszeń ruchu łańcucha. Analiza porównawcza przebiegu zmian prędkości, a szczególnie przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego przy jego swobodnym i wymuszonym nabieganiu na koło gniazdowe wypada na korzyść nabiegania wymuszonego.

Przy nabieganiu swobodnym występuje najbardziej gwałtowna zmiana znaku przyspieszenia w końcowej chwili okresu. Ta gwałtowność zmiany znaku przyspieszenia jest już mniejsza przy nabieganiu cięciowym (rys. 3). Najbardziej korzystne jest jednak nabieganie styczne, przy którym w końcowej chwili okresu nie następuje zmiana znaku, a jedynie spadek wartości przyspieszenia do zera. Przy nabieganiu stycznym występują również najmniejsze ekstremalne wartości przyspieszeń ruchu łańcucha ogniowego.

4. Wnioski

1. Wymuszone nabieganie łańcucha ogniwowego na koło gniazdowe daje korzystniejszy przebieg zmian wartości przyspieszeń ruchu wzdłużnego łańcucha w porównaniu z nabieganiem swobodnym.
2. W aspekcie ograniczenia obciążeń dynamicznych charakteru bezwładnościowego w łańcuchu ogniwowym, najkorzystniej jest konstruować napędy łańcuchowe, w których realizowane jest styczne nabieganie łańcucha ogniwowego na koło gniazdowe.

LITERATURA

- [1] Lenkiewicz W., Opolski T.: Wpływ przewodników wrębnika na kinematykę łańcuchów wrębnych. Przegląd Górniczy nr 4/1960.
- [2] Sztokman I.G.: Rasczet i konstruirowanie gornych transportnych maszin i kompleksów, Niedra, Moskwa 1975.
- [3] Worobjew N.W.: Cepnyje pieriedaczi, Maszgiz, Moskwa 1962.

ВЫНУЖДЕННОЕ НАБЕГАНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ ЦЕПИ НА ГНЕЗДОВОЕ КОЛЕСО

Резюме

В работе произведено кинематический анализ свободного и вынужденного набегания кольцевой цепи на гнездовое колесо. Определено протечи изменения скорости и ускорения движения кольцевой цепи в прямолинейных направляющих. Доказано какой самый полезный способ набегания кольцевой цепи на гнездовое колесо.

FORCED LINK CHAIN UPRUSH ONTO THE CHAIN WHEEL

Summary

The paper presents a cinematic analysis of a free and enforced link chain uprush onto the chain wheel. Speed changes and chain movement accelerations in straight guides. Optimum uprush has been determined.