

Zbigniew BOGUCKI

Grażyna OBER

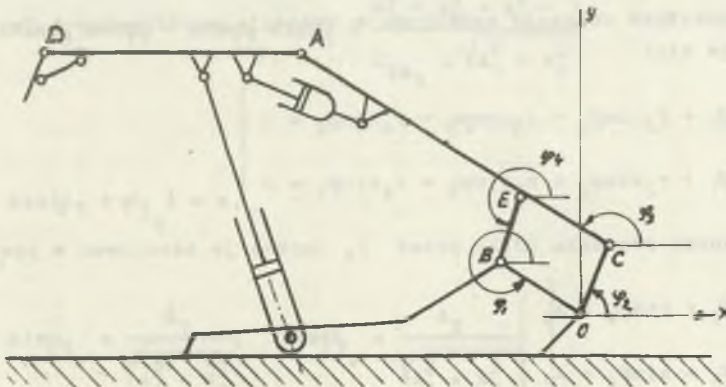
Walery SZUŚCIK

BADANIA TEORETYCZNE PROWADZENIA LEMNISKATOWEGO OBUDÓW ZMECHANIZOWANYCH Z UWZGLĘDNIWIEM LUZÓW W PARACH OBROTOWYCH

Streszczenie. Na podstawie opracowanego algorytmu wyznaczono numerycznie tory lemniskatowe obudów zmechanizowanych tworzące pasmo lemniskatowe. Przyjmowano w sposób losowy rozmieszczenia określonej wielkości luzów w parach obrotowych układu. Po ogólnej analizie problemu przytoczono przykład dla obudowy FAZOS-17/37-Oz KLZW.

1. CEL PRACY

Obudowę zmechanizowaną traktować można jako płaski mechanizm z obrotowymi bądź postępowymi parami piątej klasy (rys. 1.1) [1]. Jednym z członów tego mechanizmu jest osłona podpierająca zawał AC (rys. 1.1), której punkty poruszają się zgodnie z prawem ruchu czworoboku przegubowego OBEC. Punkt A osłony podczas ruchu mechanizmu porusza się po lemniskatowym torze. Z uwagi na to, że ruch punktu A determinuje ruch postępowy stropnicy AD (rys. 1.1), należy tak potraktować mechanizm obudowy, aby lemniskatowy tor punktu A był możliwie zbliżony do prostej pionowej (równoległej do osi y). W pracy podano prosty sposób oceny stopnia przybliżenia pionowego



Rys. 1.1

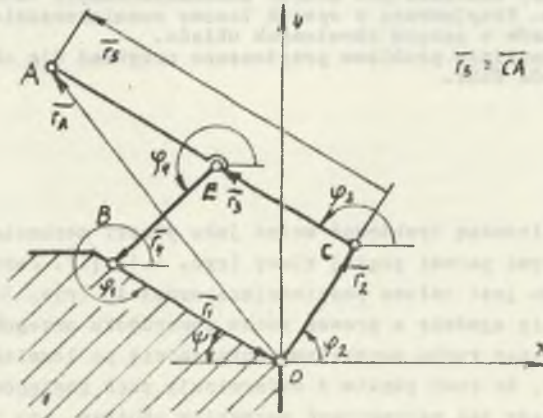
prostoliniowego toru punktu A przez rzeczywisty tor lemniskatowy. W czasie eksploatacji mogą jednak dochodzić nowe czynniki zmieniające charakter i sposób działania obudowy zmechanizowanej. Do czynników tych należy zaliczyć luzy wyjściowe w parach obrotowych oraz dodatkowe luzy wynikające z procesu zużycia.

Celem pracy jest analiza wpływu luzów wykonawczych i luzów powstałych na skutek zużycia na tory lemniskatowe punktu A.

2. RÓWNANIA PARAMETRYCZNE LEMNISKATOWEGO TORU PUNKTU A

Zgodnie z rys. 2.1 można napisać równanie wektorowe:

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \vec{r}_4 = \vec{0} \quad (2.1)$$



Rys. 2.1

Rozpisując powyższe równanie wektorowe w układzie współrzędnych Oxy (rys. 2.1) uzyskuje się:

$$\left. \begin{aligned} r_1 \cos \varphi_1 + r_2 \cos \varphi_2 + r_3 \cos \varphi_3 + r_4 \cos \varphi_4 &= 0 \\ r_1 \sin \varphi_1 + r_2 \sin \varphi_2 + r_3 \sin \varphi_3 + r_4 \sin \varphi_4 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Dzieląc stronami równania (2.2) przez r_4 można je zanotować w postaci:

$$\left. \begin{aligned} a_3 \cos \varphi_3 + \cos \varphi_4 &= A_1 \\ a_3 \sin \varphi_3 + \sin \varphi_4 &= A_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

gdzie:

$$\left. \begin{aligned} a_3 &= \frac{r_3}{r_4} \\ A_1 &= -\left(\frac{r_1}{r_4} \cos\varphi_1 + \frac{r_2}{r_4} \cos\varphi_2\right) \\ A_2 &= -\left(\frac{r_1}{r_4} \sin\varphi_1 + \frac{r_2}{r_4} \sin\varphi_2\right) \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Współczynniki a_3 , A_1 , A_2 są znane, ponieważ wynikają z geometrii zaprojektowanego mechanizmu sekcji, a kąt φ_2 traktujemy jako zmienną niezależną.

Z równań (2.3) uzyskuje się:

$$\left. \begin{aligned} \cos\varphi_4 &= A_1 - a_3 \cos\varphi_3 \\ \sin\varphi_4 &= A_2 - a_3 \sin\varphi_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

Podnosząc stronami równania (2.5) do kwadratu, a następnie dodając otrzymuje się:

$$A_1 \cos\varphi_3 + A_2 \sin\varphi_3 = \frac{A_1^2 + A_2^2 + a_3^2 - 1}{2a_3} \quad (2.6)$$

Po podzieleniu stronami równania (2.6) przez $\sqrt{A_1^2 + A_2^2}$ przyjmie ono postać:

$$\sin\varphi_{3_0} \cos\varphi_3 + \cos\varphi_{3_0} \sin\varphi_3 = \frac{A_1^2 + A_2^2 + a_3^2 - 1}{2a_3 \cdot \sqrt{A_1^2 + A_2^2}} \quad (2.7)$$

lub

$$\sin(\varphi_3 + \varphi_{3_0}) = a, \quad (2.8)$$

gdzie:

$$\left. \begin{aligned} \sin\varphi_{3_0} &= \frac{A_1}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}; & \cos\varphi_{3_0} &= \frac{A_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}} \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_3 &= \frac{A_1}{A_2}; & a &= \frac{A_1^2 + A_2^2 + a_3^2 - 1}{2a_3 \cdot \sqrt{A_1^2 + A_2^2}} \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

Wzory (2.8) i (2.9) pozwalają na wyznaczenie kąta φ_3 jako funkcji kąta φ_2 .

Zgodnie z rysunkiem 1.2 wektor promienia punktu A wynosi:

$$\bar{r}_A = \bar{r}_2 + \bar{r}_5 \quad (2.10)$$

Rozpisując równanie wektorowe (2.10) w układzie Oxy uzyskuje się parametryczne równania toru lemniskaty punktu A z parametrem φ_2 w postaci:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= r_2 \cos \varphi_2 + r_5 \cos \varphi_3 \\ y_A &= r_2 \sin \varphi_2 + r_5 \sin \varphi_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

3. LEMNISKATOWY TOR PUNKTU A DLA OBUDOWY FAZOS-17/37-0z KLZW

Zgodnie z dokumentacją techniczną CMG "KOBAG" przyjęto dla podanej wyżej obudowy następujące dane:

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,671 \text{ m} & r_2 &= 1,15 \text{ m} & r_3 &= 0,37 \text{ m} & r_4 &= 1,15 \text{ m} \\ r_5 &= 2,24 \text{ m} & \varphi_1 &= 326^\circ 55' \end{aligned}$$

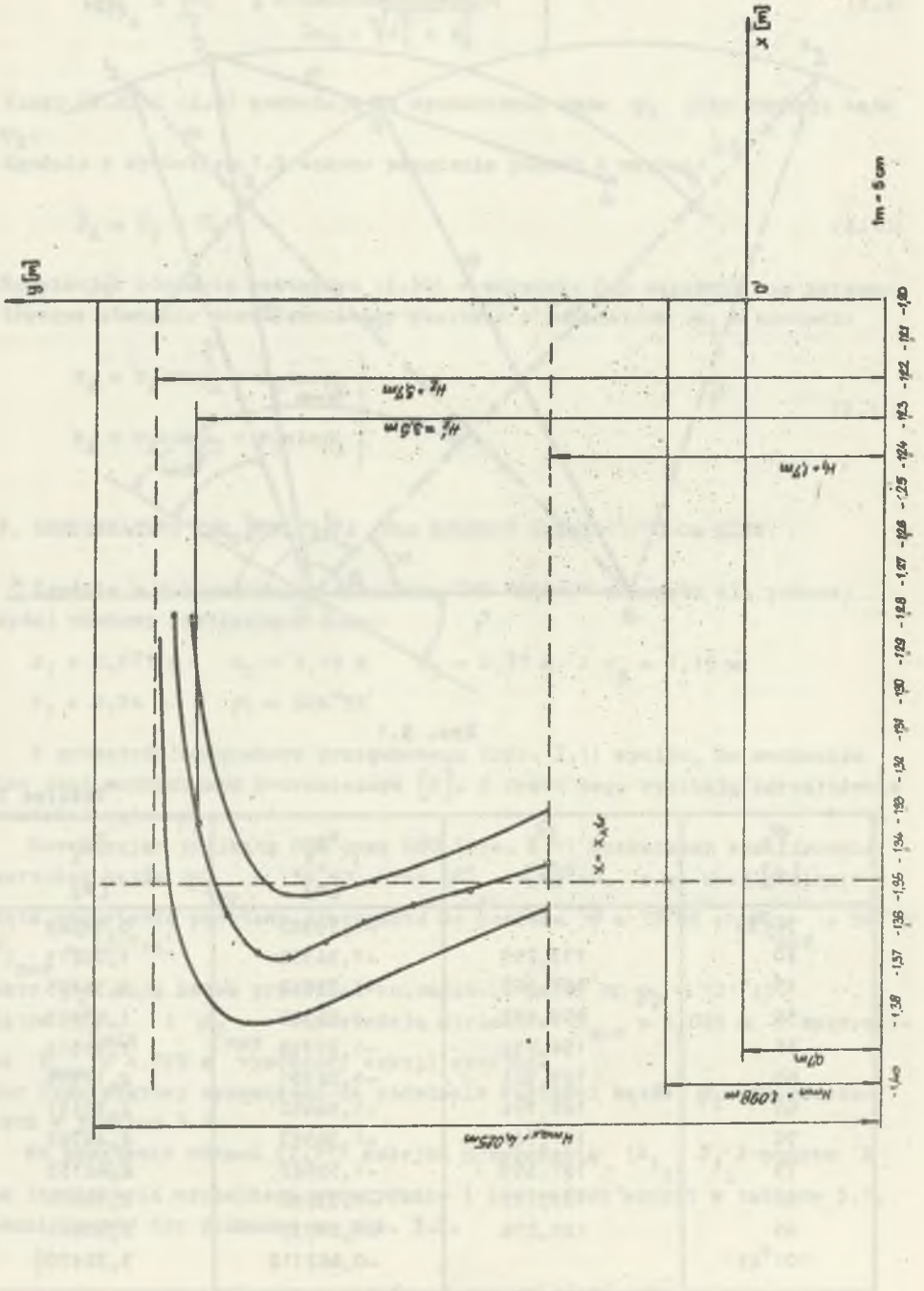
Z geometrii czworoboku przegubowego (rys. 3.1) wynika, że mechanizm ten jest mechanizmem dwuramiennym [2]. Z faktu tego wynikają ograniczenia wartości kąta φ_2 .

Rozwiązując trójkąty OBE^{gr} oraz OBC^{gr} (rys. 3.1) wyznaczamy analitycznie wartości kątów $\varphi_2^{\text{gr}} = 134^\circ 50'$ oraz $\varphi_2^{\text{gr}} = 69^\circ 40'$, a po uwzględnieniu kąta nachylenia podstawy czworoboku do poziomu $\psi = 33^\circ 05'$; $\varphi_{2 \min} = 36^\circ 35'$ $\varphi_{2 \max} = 101^\circ 45'$.

Kąty φ_2 mają zatem przedział zmienności $36^\circ 35' \leq \varphi_2 \leq 101^\circ 45'$. Kątom $\varphi_{2 \min}$ i $\varphi_{2 \max}$ odpowiadają minimalne $H_{\min} = 1,098 \text{ m}$ i maksymalne $H_{\max} = 4,025 \text{ m}$ wysokości sekcji obudowy.

Tor lemniskatowy wyznaczono na podstawie wartości kątów φ_2 umieszczonych w tabelicy 3.1.

Na podstawie równań (2.11) kolejne przyłożenia (x_{A_1}, y_{A_1}) punktu A na lemniskacie wyznaczono numerycznie i zestawiono wyniki w tabelicy 3.1. Lemniskatowy tor pokazano na rys. 3.2.



Rys. 3.2

Średnie poziome odchylenie punktu A od przyjętej (rys. 3.1) osi y można uzyskać ze wzoru

$$x_{A_{\text{śr}}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{A_i}}{n}, \quad (3.1)$$

natomiast średnie odchylenie standardowe od wartości średniej $x_{A_{\text{śr}}}$

$$\sigma_p = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{A_i} - x_{A_{\text{śr}}})^2} \quad (3.2)$$

Dla używanych w trakcie eksploatacji wartości wysokości $H_1 < H < H_2$ wartość średnia, odchylenie standardowe oraz przedział wartości zmiennej x są następujące:

$$x_{A_{\text{śr}}} = -1,34767 \text{ [m]}; \quad \sigma_p = 6,36766 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$-1,23516 \text{ [m]} \geq x_A \geq -1,36652 \text{ [m]}$$

Obliczenie wielkości σ_p umożliwia ocenę, w jakim stopniu uzyskany odcinek lemniskaty przybliża odcinek pionowy.

4. LEMNISKATOWE PASMO PODŁOŻEŃ PUNKTU A W PRZYPADKU WYSTĘPOWANIA LUZÓW W PARACH OBROTOWYCH

W efekcie występowania luzów wykonawczych i zużyciowych przyjmuje się, że wymiary konstrukcyjne r_1, r_2, r_3, r_4 mogą zmieniać się według wzoru

$$r'_j = r_j \pm \delta \quad j = (1, 2, 3, 4) \quad (4.1)$$

gdzie:

δ - jest to średni luz w parze obrotowej narzucony wymaganiami projektanta i zużyciem.

Należy rozważyć możliwie dużo wariantów występowania luzów w jednej z par obrotowych, dwóch, trzech i czterech przyjmując do obliczeń wartości promieni wg wzoru (4.1). Każde obliczenie prowadzi do jednej krzywej lemniskatowej. Otrzymujemy w ten sposób rodzinę krzywych. Obszar zawarty między obwiedniami tych krzywych nazwiemy **p a s m e m l e m n i s k a t o w y m**.

5. LEMNISKATOWE PASMO POŁOŻEŃ PUNKTU A W PRZYPADKU WYSTĘPOWANIA LUZÓW W PARACH OBROTOWYCH DLA OBUDOWY FAZOS-17/37-0z KLZW

Przyjęto według dokumentacji projektowej wielkość luzu $\delta = 2$ mm. Dokonano przeliczeń numerycznych dla 30 możliwości wynikających ze stosowania wzoru (4.1), przyjmując wielkość luzów $\delta = 0$; $+2$ mm; -2 mm. Za pomocą wzorów (3.1) i (3.2) obliczono:

$$x_{A_{gr}} = -1,358326 \text{ [m]}$$

$$\delta_p = 6,53872 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$-1,38420 \text{ [m]} \geq x_A \geq -1,21675 \text{ [m]}$$

Na rysunku 3.2 pokazano powstałe pasmo lemniskatowe.

6. PODSUMOWANIE

6.1. Przeprowadzona algorytmizacja obliczeń pozwala na wyznaczenie toru prowadzenia lemniskatowego przy dowolnych wymiarach konstrukcji sterującego czworoboku przegubowego.

6.2. Opracowany sposób badań teoretycznych pozwala na wyznaczenie granicznych wartości (teoretycznych) wysokości sekcji H_{max} i H_{min} przy dowolnych wymiarach konstrukcji (rys. 3.1).

6.3. Uwzględnienie luzów wykonawczych i zużyciowych w parach obrotowych czworoboku przegubowego pozwala na określenie ich wpływu na lemniskatę prowadzenia (pasmo lemniskatowe). Zbyt duża szerokość pasma lemniskatowego ogranicza graniczne wartości obudowy (rys. 3.2) z H_{max} na H'_2 .

6.4. Na podstawie przyjętych wymiarów geometrycznych obudowy typu FAZOS 17/37-0z KLZW stwierdzono, że średnie kwadratowe odchylenie lemniskaty teoretycznej od linii prostej pionowej w zakresie $H_1 = 1,7$ m do $H_2 = 3,7$ m wynosi $\delta_p = 6,36766 \cdot 10^{-3}$ [m].

6.5. Stwierdzono, że dla badanej obudowy wpływ luzów w parach obrotowych czworoboku przegubowego rzędu $\delta = 0,002$ [m] na odchyłki wartości średniej $x_{A_{gr}}$ jest nieznaczny i wyraża się średnim odchyleniem kwadratowym w zakresie $H_1 = 1,7$ [m] do $H'_2 = 3,7$ [m] $\delta_p = 6,53872 \cdot 10^{-3}$ [m].

6.6. Analizując uzyskane pasmo lemniskatowe stwierdza się, że dla wysokości $H'_2 \geq 3,5$ [m] występują lokalnie duże odchyłki od wartości średniej. Z tego względu zakres wysokości stropnicy od $H_1 = 1,7$ [m] do $H'_2 = 3,5$ [m] można uznać za zakres poprawnej pracy obudowy.

LITERATURA

- [1] Szuścik W., Węgrzyn J., Dsiubiński J., Mazur M., Czap M., Szumok E., Bogucki Zb., Kuczyński J., Szweda St., Ober G., Kumor L., Markowicz J.: Doskonalenie metod projektowania i obliczeń obudów zmechanizowanych. Etap II. Prace ZZMwG Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śl., Gliwice 1982, Biblioteka IMG Politechniki Śl.
- [2] Oderfeld J.: Wstęp do mechanicznej teorii maszyn. WNT, Warszawa 1962.

Recenzent: Prof. dr inż. Zbigniew KORECKI

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1984 r.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ТИПА ЛЕМНИСКАТ
ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЛЕНИЙ С УЧЁТОМ ЛЮФТОВ
В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ПАРАХ

Р е з ю м е

В статье на основе разработанного алгоритма машинным способом определены лемнискатные траектории в виде множества лемнискат для механизированных креплений. При этом распределение определённой величины люфтов в кинематических парах принято случайным.

Приведён пример для крепления типа ФАЗОС-17/37-0з КЛЗВ.

THEORETICAL STUDIES ON LEMNISCATE LEADING
OF MECHANIZED SUPPORTS WITH REGARD TO THE
PLAYS IN ROTARY PAIRS

S u m m a r y

On the base of the algorithm a lemniscate track of mechanized supports forming a lemniscate band has been numerically calculated. Distribution of a defined play magnitude in the system rotary pairs has been assumed by chance. After a general analysis of the problem an example of FAZOS-17/37-0z KLZW support has been given.