ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: MECHANIKA z.121 Nr kol.1266

Dagmara TEJSZERSKA
Katedra Mechaniki Technicznej
Politechnika Śląska

WPŁYW PARAMETRÓW UKŁADU NAPĘDOWEGO KOŁO PĘDNE-LINA NA OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE UKŁADU WYCIĄGOWEGO

Streszczenie. W pracy rozważono problem poślizgu pojedynczej liny na kole pędnym wielolinowego układu wyciągowego podczas eksploatacji. Korzystając z modelu matematycznego sprzężonych drgań poprzeczno-wzdłużnych układu przeanalizowano zmiany sił dynamicznych w zależności od parametrów geometrycznych układu napędowego, obciążenia i układu wyrównawczego zawieszenia naczyń wydobywczych.

INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF DRIVING SYSTEM PULLEY-ROPE ON DYNAMIC FORCES IN MULTIROPE MINE HOISTS

Summary. The problem of the slide of single rope on the pulley in multirope mine hoisting system is discussed. The relations between dynamic forces and geometry of hoist, load, and parameters of lever suspension gear were analysed, with use of the mathematical model of coupled longitudinal and transverse vibrations of the hoist.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩЕЙ СИСТЕМЫ КОЛЕСО-КАНАТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ В МНОГОКАНАТНОЙ ШАХТНОЙ ПОДЬЕМНОЙ УСТАНОВКЕ

Резюме. В статье рассмотрено проблему скольжения одного каната на колес емногоканатной шахтной подьемной установки. Используя математическую модель сопряженных поперечных и продольных колебаний установки - проанализировано зависимости динамических усилий от геометрических параметров движущей системы колесо-канат, нагрузки и действия системы рычагов подвески.

1. WPROWADZENIE

Ważnym zjawiskiem, związanym z drganiami wzdłużnymi układu wyciągowego jest poślizg lin na kole pędnym. Poślizg pojedynczych lin występuje przy dużych różnicach obciążeń liny po obu stronach koła pędnego [1,2]. Nawet niewielki poślizg powoduje szybkie erozyjne zużycie lin i wykładzin kół.

Niebezpieczny poślizg całego układu może wystąpić przy oblodzeniu lin i hamowaniu awaryjnym.

Podczas przechodzenia liny przez koło linowe stale występuje zjawisko minipoślizgu - pełzania. Różnica sił po obu stronach koła powoduje różnicę wydłużeń. Każdy element liny przechodząc przez koło musi się zatem skrócić lub wydłużyć, przesuwając się po wykładzinie koła, przed zejściem z niego. Pełzanie ze względu na małą intensywność nie stanowi wielkiego zagrożenia i w żadnym z dotąd opracowanych modeli dynamicznych nie było analizowane.

2. OPIS ZJAWISKA POŚLIZGU LINY

Poślizg występuje, gdy stosunek sił w linach po obu stronach koła przekroczy wartość określoną równaniem Eulera :

$$S_{max}/S_{min} = \exp(\mu\alpha), \tag{1}$$

w którym μ oznacza współczynnik tarcia między kołem a liną, zaś α jest kątem opasania liny.

Po osiągnięciu przez siły w linach wartości określonych tym stosunkiem nie będzie on nadal wzrastał, zaś wpływ czynników dążących do zmiany sił będzie kompensowany przez poślizg, obniżający stosunek sił.

Związek przemieszczenia umownego punktu kontaktu liny z kołem wskutek poślizgu δ_u ze zmianami sił δS w każdej z gałęzi liny opisuje zależność :

$$\delta S = \delta_u (EA/L) \tag{2}$$

Wartość przemieszczenia poślizgowego wyniesie więc :

$$\delta_u = [S^A - S^B \exp(\mu\alpha)] / [(EA/L)^A + (EA/L)^B], \tag{3}$$

przy indeksach A,B oznaczających gałęzie liny.

Poślizg pojedynczych lin pojawia się przy intensywnych drganiach wzdłużnych i dużych, niezsynchronizowanych zmianach sił dynamicznych po obu stronach koła pędnego. Wywołują go także różnice średnic rowków koła dla poszczególnych lin, pogłębiane przez intensywne tarcie podczas poślizgu - erodujące wykładziny.

W opisie matematycznym procesu drgań lin wprowadzono przemieszczenie względne punktu kontaktu każdej liny z kołem δu_j, odniesione do ruchu unoszenia punktu na średnim promieniu koła. Stanowi ono liczoną od początku roku sumę wszystkich przesunięć poślizgowych δ_{sl} (3) oraz wartości δu_{kj}, wynikającej ze zróżnicowania promieni koła pędnego ϵ_j i zależnej od całkowitego przemieszczenia koła u_k :

$$\delta u_{kj} = \epsilon_j u_k, \qquad \epsilon_j = 1 - R_j / R_{śr} \tag{4}$$

Wartość δu_j wprowadzana jest do równań opisujących równowagę koła pędnego oraz elementów różnicowych liny, a także do wyrażeń określających siły w linach [3,4,6,7]. W programie obliczeniowym zmniejszano przemieszczenie poślizgowe w stosunku do wartości wyrażonej wzorem (3), tak by uwzględnić bezwładność przesuwającej się liny.

3. RUCH ZAWIESIA

Elementem częściowo kompensującym zróżnicowanie sił w linach i ograniczającym występowanie zjawiska poślizgu jest zawiesie. Zamodelowano dwa rodzaje dźwigniowych zawiesi ruchomych, przedstawione na rys.1. W modelach wprowadzono momenty tarcia w łożyskach M_t, przed przekroczeniem których przez moment sumaryczny, pochodzący od sił w linach, ruch zawiesia nie występuje. Uwzględniono także wynikające z konstrukcji zawiesia ograniczenia maksymalnych przemieszczeń końców lin.

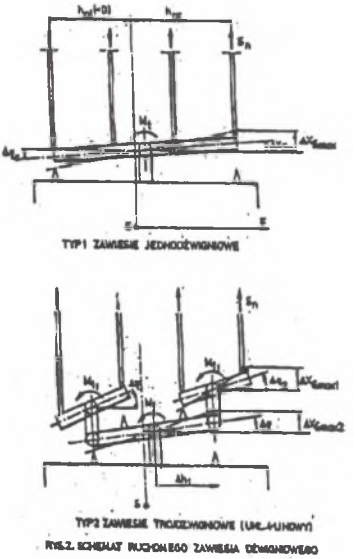
Przy podanych na rysunku oznaczeniach położenia liny zmianę siły w linie j, wynikającą z obrotu zawiesia o kąt $\delta\eta$, wyraża zależność :

$$\delta S_j = (EA/L)_j \ \delta\eta \ (h_j - h_{zaw}), \tag{5}$$

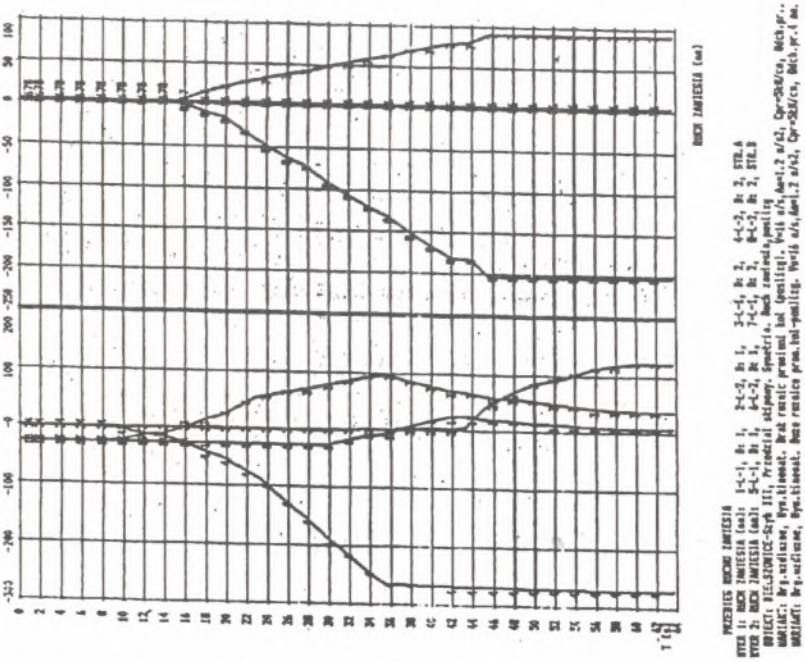
zaś przemieszczenie końca liny przy naczyniu, związane z obrotem, wynosi:

$$\delta x_{j,n} = \delta\eta \ (h_j - h_{zaw}) \tag{6}$$

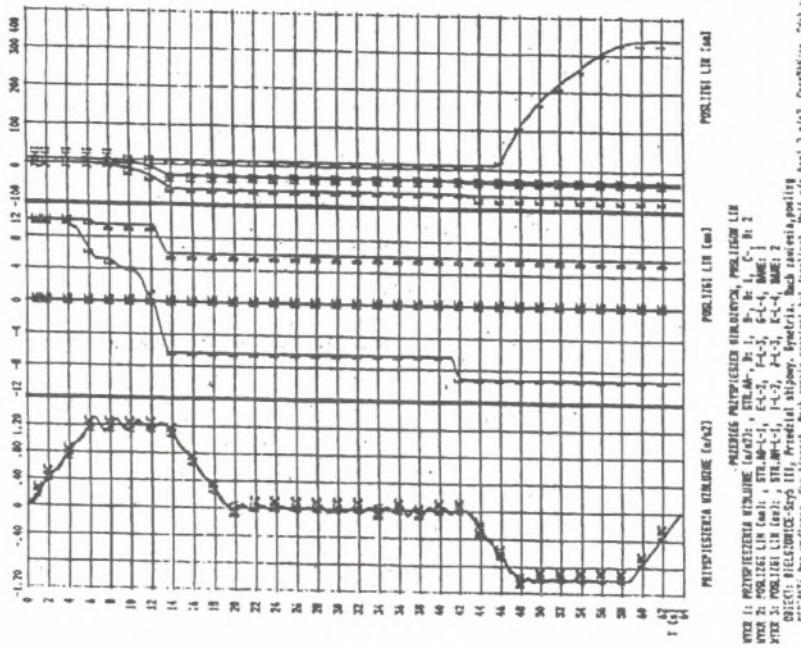
Wyrażenia określające zmiany sił w linach wprowadzane są do równań równowagi momentów na dźwigniach zawiesia, pozwalając określić zmianę kąta ich położenia. Przemieszczenia końców lin przy zawiesiu wprowadzane są do równań równowagi naczynia [5] i elementów różnicowych lin.



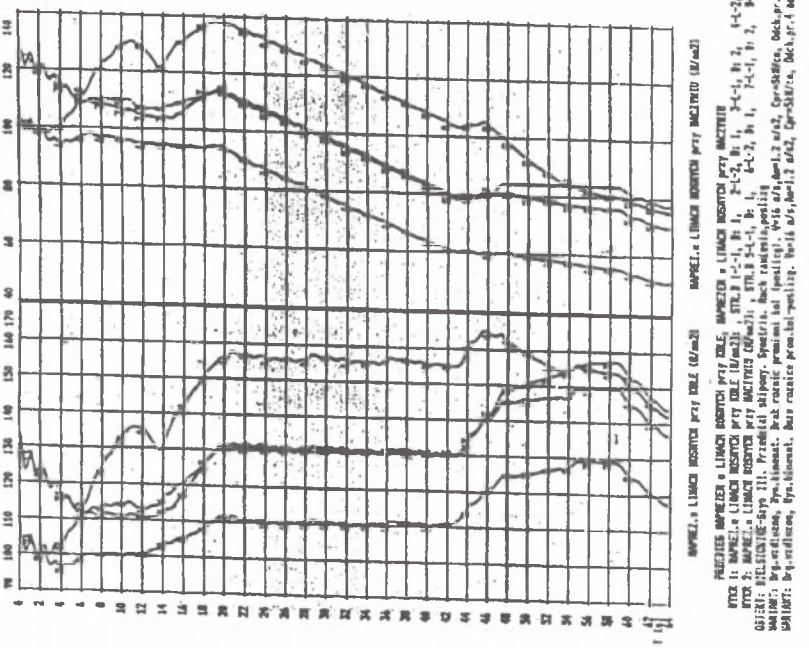
Rys.1. Schematy ruchomych zawiesi dźwigniowych
Fig.1. Schemes of moving lever suspension gears



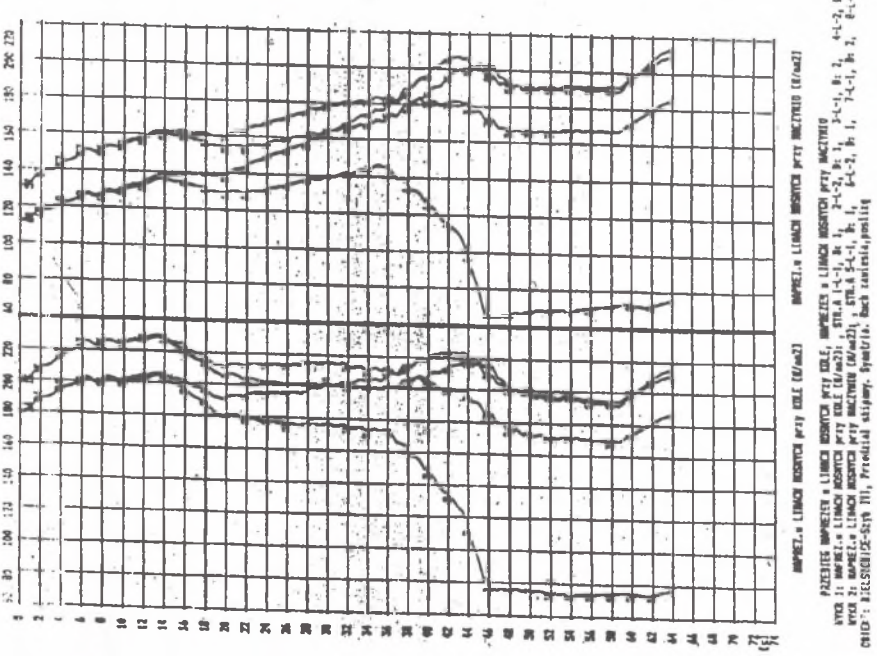
Rys.2. Przebieg zmian położenia końców lin przy zawiesiu (ruch zawiesia)
Fig.2. Movements of suspension gear



Rys.3.Przebieg przyśpieszeń koła i naczynia oraz poślizgu pojedynczych lin
Fig.3. Accelerations of rope wheel and cage and slide of single ropes



Rys.5. Przebieg sił w linach przy naczyniu i kole po stronie opadającej
Fig 5. Forces in ropes, in falling branch



Rys.4. Przebieg sił w linach przy naczyniu i kole po stronie wznoszącej się
Fig 4. Forces in ropes, in uplifting branch

4. PRZYKŁADOWE WYNIKI SYMULACJI KOMPUTEROWEJ

Na wykresach, zamieszczonych na kolejnych stronach, przedstawiono przykładowe przebiegi ruchu końców lin przy naczyniu (o zawiesiu trójdźwigniowym), (rys.2), poślizgu pojedynczych lin na kole pędnym oraz przebiegu przyśpieszeń (rys.3) oraz naprężeń w linach przy naczyniu i kole (rys.4,5). Otrzymano je symulując dwa cykle podnoszenia naczynia - przy dużych różnicach promieni rowków kół pędnych (do paru milimetrów) i przy braku tych różnic, przy trapezowym przebiegu zmian przyśpieszeń i opóźnień maszyny wyciągowej.

Opracowany model matematyczny i program komputerowy stanowią narzędzia, służące do analizy możliwości wyrównywania obciążeń i ograniczania poślizgu.

LITERATURA

[1] Karge A.: Nowoczesne urządzenia wyciągowe. Katowice 1972

[2] Cannon R.H.: Dynamika układów fizycznych. WNT,Warszawa 1973

[3] Tejszerska D.: Analiza dynamiczna górniczego ukladu wyciągowego. Praca BW-993/RMT4/91, Gliwice 1991

[4] Tejszerska D.: Computer analysis of mine hoists dynamics. Mat.Konf. "Dynamicka a pevnostni analyza pohonovych systemu", Srvatka-Brno, Czechy, 1993, ss.286-289

[5] Tejszerska D.: Modelowanie drgań poprzecznych naczynia wydobywczego. ZN Pol.Śl, s.Mechanika, z.113, 1993, ss.115-122

[6] Tejszerska D.: Dynamics of mine hoists. Mat.Konf. "Achievements in Mechanical and Material Engineering", Gliwice, 1993, ss.233-238

[7] Tejszerska D.: Sprzężone drgania poprzeczno-wzdłużne górniczego układu wyciągowego. ZN Pol.Śl, s.Mechanika, z.115, 1994, ss.385-382

Praca wykonywana w ramach tematu PBU-516 RMT-4/93

Recenzent: prof.dr hab.inż.K.Reich

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1994 r.