

KONFERENCJA: I ODFLOTANIE GÓRNICZYCH MASZYN WYCIĄGOWYCH


9-10.XII.1977

WŁADYSŁAW GORSKI

GBSIFG - BSIT, KATOWICE

MICHAŁ LATARNIK

POL. WŁASKA, GLIWICE



SYMULACYJNA TECHNIKA PROJEKTOWANIA
GÓRNICZYCH URZĄDZEŃ WYCIĄGOWYCH

Niniejsza praca stanowi propozycję sposobu projektowania optymalnych urządzeń wyciągowych z uwzględnieniem dynamiki lin na drodze symulacji.

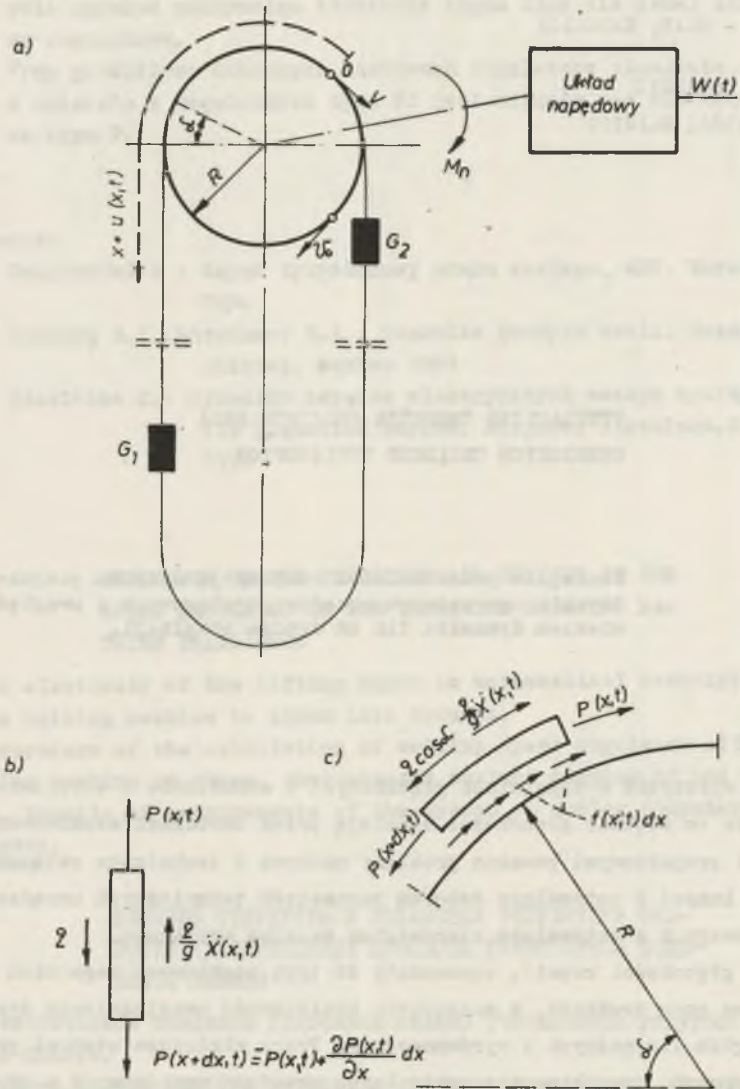
1. Wstęp

Wzrost wydobycia w kopalniach głębinowych i schodzenie z eksploatacją na coraz to większe głębokości stawiają przed ośrodkami naukowo-badawczymi i projektowymi poważne problemy naukowe i techniczne związane między innymi z optymalnym doбором parametrów technicznych urządzenia wyciągowego i z optymalnym sterowaniem maszyną wyciągową.

Wzrost głębokości kopalń, wprowadził do tych niełatwych zagadnień jakościowo nową trudność, a mianowicie konieczność uwzględnienia dynamiki długich lin nośnych i wyrównawczych. Praca niniejsza stanowi propozycję sposobu projektowania optymalnych urządzeń wyciągowych z uwzględnieniem dynamiki lin na drodze symulacji.

2. Propozycja opisu dynamiki urządzenia wyciągowego

W pracy rozpatrywane jest urządzenie wyciągowe o strukturze przedstawionej na rys. 1a. Przyjmujemy układ współrzędnych $(0, x)$ biegnący wzdłuż liny, gdzie punkt 0 oznacza początkowe ($t=0$) położenie wybranego przekroju liny.



Rys. 1. Schemat górniczego urządzenia wyciągowego

2.1. Opis liny na odcinkach pionowych

Zakłada się, że równanie równowagi sił działających na elementarny odcinek dx /rys. 1b/ można przedstawić w postaci:

$$/1/ \quad P(x,t) + \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} dx - P(x,t) - \frac{q}{g} \ddot{X}(x,t) dx \pm q dx = 0$$

gdzie:

$$/2/ \quad P(x,t) = EF \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} - B \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} \quad - \text{siła naciągu liny}$$

$q \cdot dx$ - ciężar odcinka dx liny

E - moduł sprężystości liny

F - przekrój poprzeczny liny

B - współczynnik wewnętrznego tarcia liny

$\frac{q}{g} \ddot{X}(x,t) dx$ - siła bezwładności

$$/3/ \quad X(x,t) = x + u(x,t) - \int_0^t V(\tau) d\tau$$

$u(x,t)$ - wydłużenie odcinka

$V(\tau)$ - prędkość liniowa punktu O

W stosunku do ogólnie przyjmowanych wyrażań na siłę $P(x,t)$ [1] [2], proponuje się wprowadzić dodatkowy składnik $B \frac{\partial u}{\partial t}$ reprezentujący wewnętrzne siły tarcia lepkiego liny.

Biorąc pod uwagę zależności (1) (2) oraz (3) otrzymujemy:

$$/4/ \quad \frac{q}{g} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x \partial t} - EF \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = q \left(\pm 1 + \frac{V}{g} \right)$$

jako warunki początkowe przyjmujemy początkowe wydłużenie

$u(x,0) = f_1(x)$ oraz prędkości zmian tych wydłużeń $\dot{u}(x,0) = f_2(x)$

2.2. Opis zachowania się liny na bębnie pędnym

Współpraca bębna pędnego z liną nośną ma istotny wpływ na pracę całego urządzenia wyciągowego.

Wskutek własnych drgań podłużnych liny, prędkości jej nabiegania na cwoód bębna będą różniły się od prędkości punktów na obwodzie bębna. Zatem w pobliżu punktów styczności bębna i liny można spodziewać się wystąpienia poślizgów. Wystąpienie dużego gradientu sił naciągu liny, może spowodować poślizg również w innych miejscach styku liny z bębniem pędnym.

Obecnie formułuje się warunki wystąpienia poślizgu liny po bębnie pędnym. Zakłada się, że pomiędzy liną a bębniem pędym występuje tarcie suche. Wartość siły tarcia suchego działającej na element dx przyjmujemy równą [1]:

$$/5/ \quad |f(x,t) \alpha x| = \left| \beta \frac{P(x,t)}{R} dx \right|$$

gdzie:

β - stały współczynnik, zwykle z przedziału (0,0.4)

Warunkiem wystąpienia poślizgu jest, aby wypadkowa siła działająca na element dx stycznie do obwodu bębna pędnego była większa od siły tarcia (5) czyli:

$$/6/ \quad |f(x,t) dx| \leq \left| \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} dx - \frac{g}{g} \ddot{X}(x,t) dx + g \cos \alpha \right|$$

Równanie opisujące dynamikę odcinka dx liny na bębnie pędym może być zatem przedstawione w następujących postaciach:

- przy wystąpieniu poślizgu:

$$/7/ \quad \frac{g}{g} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x \partial t} + \beta \operatorname{sign} \left[\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} - V(t) + V_0(t) \right] \frac{P(x,t)}{R} - EF \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = g \left(\cos \alpha + \frac{\dot{V}}{g} \right)$$

- przy braku poślizgu:

$$/8/ \quad \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} - V(t) + V_0(t) = 0$$

gdzie:

$V_0(t)$ - prędkość liniowa punktów na obwodzie bębna pędnego.

W równaniach (5) (6) oraz (7) pominięto wpływ siły odśrodkowej, gdyż jak pokazano w pracy [1] jest ona znacznie mniejsza od sił normalnego docisku liny do bębna pędnego.

2.3. Opis zachowania się liny w dolnym zakrzywieniu

Dla uproszczenia opisu zakłada się, że lina w dolnym zakrzywieniu posiada kształt półokrągły i jej zachowanie jest opisane równaniem (7), w którym nie występuje składnik od tarcia suchego.

2.4. Opis ruchu naczynia wydobywczego

Przyjmuje się, że równanie równowagi sił działających na naczynie posiada postać:

$$/9/ \quad P(L_+, t) - P(L_-, t) \pm G - \frac{G}{g} \ddot{X}(L, t) - F_R(L, t) = 0$$

gdzie:

$P(L_+, t), P(L_-, t)$ - siły naciągu lin z obu stron naczynia

G - ciężar naczynia z ładunkiem

$F_R(L, t)$ - siła oporów ruchu

L - położenie naczynia w układzie współrzędnych $(0, x)$

2.5. Opis dynamiki bębna pędnego i układu napędowego

Zakłada się, że równanie momentów dla bębna pędnego przyjmuje postać:

$$/10/ \quad M_n(t) = \frac{J}{R} \cdot \frac{dV_0}{dt} + S \cdot R$$

gdzie:

$M_n(t)$ - moment napędowy podawany przez układ napędowy, dla danego rozwiązania konstrukcyjnego zależy od sygnału sterującego $w(t)$

$S \cdot R$ - wypadkowy moment między bębnum pędnym i liną

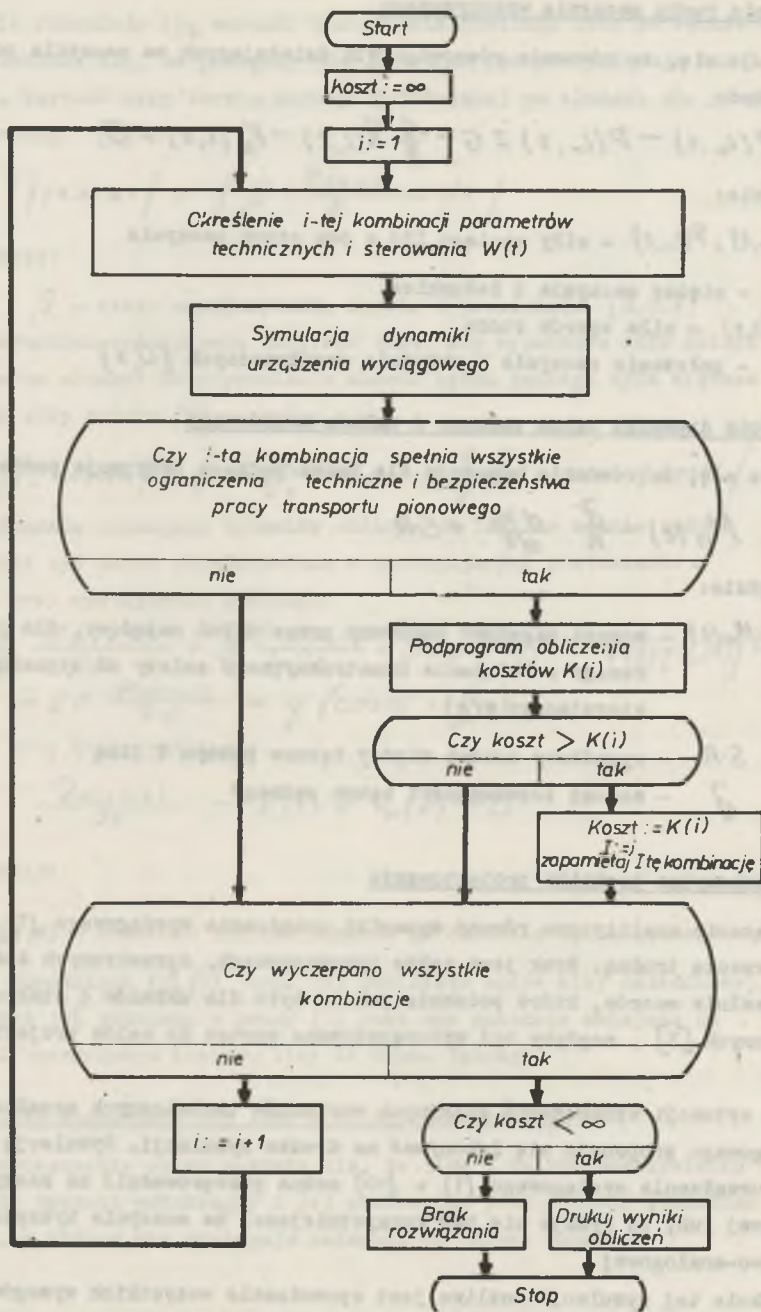
J - moment bezwładności bębna pędnego

3. Symulacyjna technika projektowania

Rozwiązanie analityczne równań dynamiki urządzenia wyciągowego (1) + (10) jest rzeczą trudną. Brak jest także uproszczonych, sprawdzonych doświadczalnie wzorów, które podobnie jak to było dla układów o stałych skupionych [3], mogłyby być wykorzystywane wprost do celów projektowych.

W tej sytuacji sprawdzenia kolejnych wariantów technicznych urządzenia wyciągowego proponuje się dokonywać na drodze symulacji. Symulację dynamiki urządzenia wyciągowego (1) + (10) można przeprowadzić na maszynie cyfrowej lub, co wydaje się być korzystniejsze, na maszynie hybrydowej cyfrowo-analogowej.

W trakcie tej symulacji możliwe jest sprawdzenie wszystkich wymogów technicznych i bezpieczeństwa ruchu stawianych przed urządzeniami wyciągowymi.



Rys. 2. Schemat blokowy obliczeń.

Wśród wariantów rozwiązań urządzenia wyciągowego spełniających wszystkie wymagania techniczne i bezpieczeństwa ruchu wybrany zostaje wariant optymalny w sposób podany schematycznie na rys. 2.

Jako wskaźnik optymalności proponuje się przyjąć kryterium ekonomiczne [4]. Optymalne rozwiązanie urządzenia wyciągowego będzie wtedy rozwiązaniem o najniższym łącznym koszcie nakładów inwestycyjnych i wydatków na eksploatację.

4. Wnioski

1. Uzyskane na drodze symulacji przebiegi stanów nieustalonych, mogą stanowić podstawę do określenia warunków bezpieczeństwa pracy urządzenia wyciągowego.
2. Przewidziany w schemacie obliczeń blok symulacji dynamiki urządzenia wyciągowego, może znaleźć także zastosowanie przy badaniu zachowania się urządzenia w niektórych stanach awaryjnych np.: przy gwałtownym zatrzymaniu naczynia wydobywczego.

5. Literatura

- [1] O.A.Goroszko, T.N.Sawin. "W wiodzenie w miechaniku deformirujemych odnomiernych tież pieremiennej dliny". Naukowa dumka Kijew - 1971.
- [2] L.Szklarski, J.Kiszka. "Sterowanie maszyną wyciągową jako układem o parametrach rozłożonych". Arch.Górnictwa. T.XXI.z2. 1972.
- [3] L.Szklarski "Napędy elektryczne maszyn wyciągowych" Warszawa-Kraków 1966.
- [4] Wł.Górski. "Optymalny dobór rodzaju i parametrów techniczno-ekonomicznych górniczego urządzenia wyciągowego przy zadanych warunkach eksploatacyjnych" Praca doktorska, Pol.Śląska 1976.

SIMULATION TECHNIQUE IN WINDERS DESIGNING

In this paper there is suggested a method of designing the optimum winders by means of simulation, the ropes included.

СИМУЛЯЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Настоящая работа является предложением способа проектирования оптимальных подъемных установок с учётом упругости подъемных канатов путём симуляции.