

Antoni Czubak

Akademia Górniczo-Hutnicza
Instytut Maszyn Górniczych,
Przeróbczych i Automatyki

PROPOZYCJE ROZWIĄZANIA NAPĘDU CIĄGNIKA KOLEJKI PODWIESZONEJ DO TRANSPORTOWANIA MATERIAŁÓW

Streszczenie. Transport ludzi i materiałów przy pomocy kolejek podwieszonych w kopalniach podziemnych węgla kamiennego budzi coraz większe zainteresowanie i jest coraz szerzej stosowany. Artykuł zawiera propozycję rozwiązania napędu ciągnika kolejki podwieszanej dla transportu materiałów.

1. Wstęp

Transport ludzi i materiałów przy pomocy kolejek podwieszonych w kopalniach podziemnych węgla kamiennego budzi coraz większe zainteresowania i jest coraz szerzej stosowany. Potrzeby w tym zakresie wynikają ze wznoszącej się koncentracji robót i coraz większego wydobywania, co pociąga za sobą konieczność rozdzielania dróg transportowych urobku z jednej strony i ludzi oraz materiałów z drugiej. Zwłaszcza w przypadkach, kiedy urobek transportuje się bezpośrednio do szybu przenośnikami, kolejki podwieszane stanowią wygodne rozwiązanie dla transportu materiałów.

Stosuje się kolejki podwieszane z napędami stacjonarnymi ciągnięte liną oraz z napędami ruhowymi ciągnięte lokomotywą. Pierwsze pracują na krótkich mocno nachylonych trasach w obrębie oddziału i wymagają dowożenia ładunków od szybu kolejami naziemnymi, drugie mogą transportować ładunki bezpośrednio od szybu lub nawet z powierzchni, gdyż wagoniki można opuszczać w klatkach szybowych. Operatywność kolejek drugiego typu jest większa, jednak mają one ograniczone możliwości jazdy po torach nachylonych.

Firmy produkujące lub eksperymentujące z kolejkami podwieszonymi z ruchowym napędem (Cowlislow Walker, Qualter Hall, Beoorit, Westfalia, Ruhrthaler, ZAM Ostrawa, ZKMPW) [1, 2, 3] podają co prawda, że ich ciągniki mogą pracować na drogach nachylonych do 30° względem poziomu, jednak w świetle analiz i obliczeń wydaje się to raczej wątpliwe.

2. Parametry techniczne ciągnika

Warunki górnicze, systemy eksploatacji oraz potrzeby w zakresie transportowania materiałów i ludzi określają podstawowe parametry kolejek podwieszonych. Powinny to być urządzenia o niewielkich wymiarach, mieszczące się w wąskich wyrobiskach, często nad lub obok innych urządzeń transportowych np. przenośników. Skrajnię taboru dla kolejek podwieszonych można więc określić: 1500 mm wysokość i 1200 mm szerokość. Ciągnik i wagony powinny być możliwie krótkie ze względu na przechodzenie łuków o dużej krzywiznie. Promień krzywizny łuków zarówno pionowych jak i poziomych nie może przekraczać 4 m. Jest to konieczne ze względu na skrzyżowania chodników, gdyż montaż kolejki nie powinien wymagać dodatkowego poszerzenia wyrobisk górniczych, zwłaszcza w miejscach trudnych do utrzymania, wymagających wzmocnionej obudowy. Nachylenie drogi transportowej nie powinno być mniejsze od 30° , a w niektórych przypadkach pożądane jest nachylenie do 45° . Maksymalną masę przypadającą na pojedynczy wózek można określić na 5 t, gdyż taka jest masa największych elementów stosowanych obecnie maszyn górniczych. Przy zdarzających się czasami większych ładunkach jednostkowych powinna być możliwość transportowania ich na dwóch wózkach. Ładunek, ciężar własny wózka i nachylenie torów określają siłę na haku lokomotywy, która nie może być mniejsza od 30 kN. Powinna przy tym istnieć możliwość pracy lokomotyw w systemie tandem, ażeby w razie potrzeby podwoić siłę na haku. Bardzo ważnym a jednocześnie dyskusyjnym parametrem kolejki jest prędkość jazdy. Do transportowania maszyn i materiałów prędkość może być stosunkowo niska. Niska prędkość jest również korzystna ze względu na stateczność jazdy i możliwość wychyleń bocznych pojazdów. Do transportowania natomiast ludzi potrzebna jest prędkość możliwie największa, gdyż czas jazdy skraca efektywny czas pracy górnika. Nie można oczekiwać w najbliższym czasie, aby prędkość kolejek podwieszonych dorównała prędkości kolei naziemnej, zatem stosunkowo dłuższy czas jazdy powinien być rekompensowany brakiem przesładek na trasie. Kolejka podwieszona powinna i może przewieźć górnika bezpośrednio od szybu do przodka. Biorąc pod uwagę powyższe uwagi można określić maksymalną prędkość na 3,0 m/s, co odpowiada 10,8 km/h. Prędkość taką pociąg powinien rozwijać na drodze poziomej i prędkość ta musi maleć odpowiednio ze wzrastającym nachyleniem przy określonej mocy silnika.

Jeżeli przyjąć następujące oznaczenia:

N - moc silnika napędowego, (kW)

G_1 - ciężar lokomotywy, (N)

G_w - ciężar wozu, (N)

G_z - ciężar ładunku, (N)

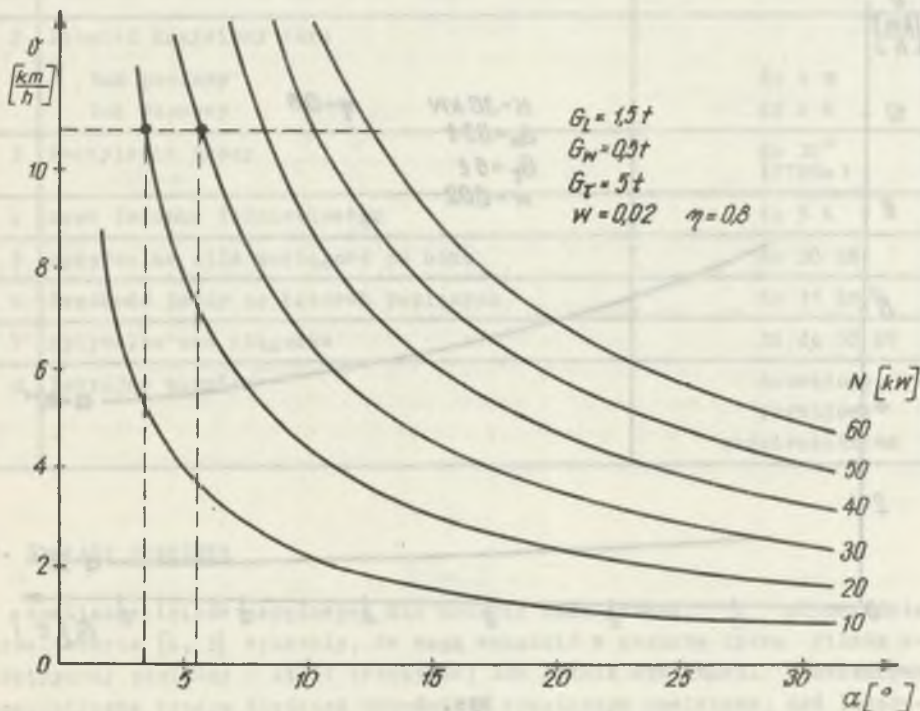
α - kąt nachylenia torów, ($^{\circ}$)

w - jednostkowy opór jazdy,

η - sprawność mechanizmów lokomotywy,

to prędkość maksymalną, jaką może rozwiązać pociąg określa się wzorem:

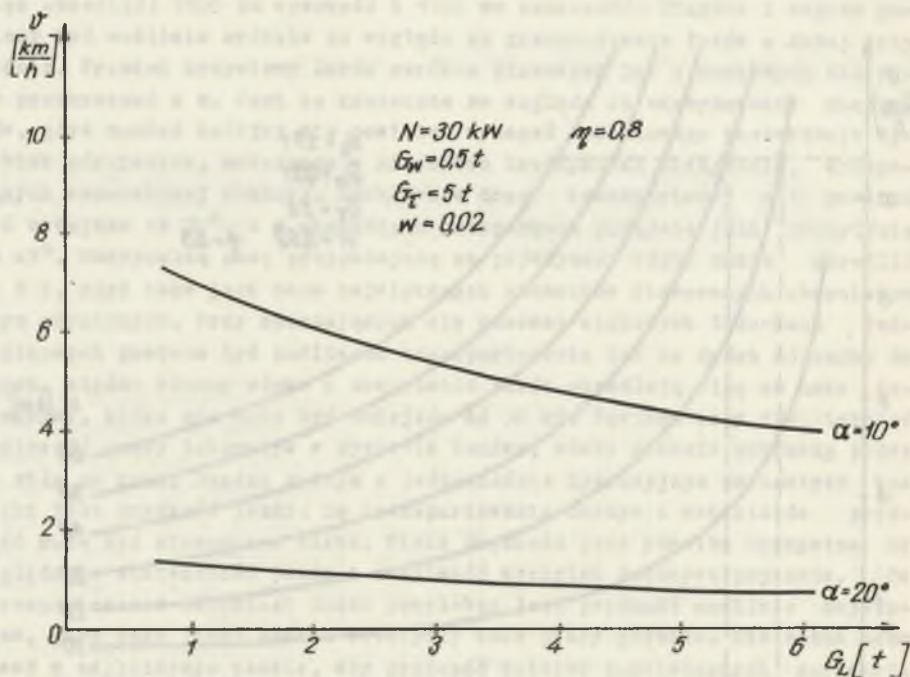
$$v = \frac{3600 N \eta}{(G_1 + G_w + G_2) (\sin \alpha + w \cos \alpha)} \text{ km/h} \quad (1)$$



Rys. 1

Na rys. 1 przedstawiono wykresnie zmianę prędkości jazdy w zależności od kąta nachylenia drogi przy określonych wartościach mocy silnika napędowego. Z wykresu można odczytać, że jeżeli silnik lokomotywy będzie miał moc 20 kW, to założoną prędkość jazdy 10 km/h będzie można uzyskiwać do nachylenia $3^{\circ}25'$ (59,7%), natomiast przy mocy 30 kW do nachylenia $5^{\circ}35'$ (98%). Ponieważ większość przekopów i ohodników w kopalniach nie ma większego nachylenia niż 5° , a więc można przyjąć, że optymalną mocą lokomotywy będzie 20 do 30 kW. Oczywiście założona prędkość będzie potrzebna do transportowania ludzi, natomiast przy transportowaniu materiałów i maszyn będzie można wolniej montować większe składy pociągu, które na odcinkach pochyłych będzie się rozpinało i odciągnęło oześlami, albo będzie można do

łączyć dodatkową lokomotywę na końcu. Zwiększanie mocy lokomotywy ponad 30 kW nie jest celowe ze względu na konieczność powiększania ciężaru lokomotywy (niektóre lokomotywy krajów zachodnich mają moc nawet 70 kW i masę 6 t). Ciężar lokomotywy zwiększa balast, a na odcinkach mało nachylnych moc nie jest zwykle wykorzystana.

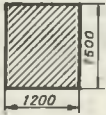


Rys. 2

Na rys. 2 przedstawiono wykresie, jak maleje prędkość jazdy pociągu wraz ze wzrostem ciężaru lokomotywy o mocy 30 kW. Np. przy nachyleniu 10° i wzroście masy lokomotywy od 1 t do 6 t prędkość maleje o 43,5%. Lokomotywa kolejki podwieszanej powinna zatem być możliwie najlżejsza.

Optymalne (zdaniem autora) parametry lokomotywy kolejki podwieszanej dla kopalń podziemnych zestawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Lp.	Parametr kolejki podwieszanej	Zakres wartości
1	Skrajnia taboru	
2	Promień krzywizny toru łuk poziomy łuk pionowy	do 4 m do 4 m
3	Nachylenie trasy	do 30° (578‰)
4	Masa ładunku jednostkowego	do 5 t
5	Maksymalna siła pociągowa na haku	do 30 kN
6	Prędkość jazdy po trasach poziomych	do 11 km/h
7	Optymalna moc ciągnika	20 do 30 kW
8	Potrójne hamulce	manewrowy postojowy bezpieczeństwa

3. Energia napędowa

Analiza silników napędowych dla kolejki podwieszanej i odpowiednie przeliczenia [4, 5] wykazały, że mogą wchodzić w rachubę tylko silnik elektryczny zasilany z sieci trakcyjnej lub silnik spalinowy. Lokomotywa pneumatyczna wymaga ciężkich zbiorników sprężonego powietrza, zaś lokomotywa akumulatorowa ciężkiej baterii akumulatorów. Podobnie ma się rzecz z lokomotywą inercyjną. Te zbiorniki energii, które w klasycznej lokomotywie zwiększają ciężar i tym samym siłę szepności, w kolejce pracującej na dużym nachyleniu stanowią zbędny balast i zmniejszają ładunek użyteczny do tego stopnia, że lokomotywa może załedwie jeździć sama.

Silnik lokomotywy powinien przy niskiej prędkości jazdy rozwijać maksymalny moment, aby sprostać opozem ruchu na dużych nachyleniach. Moment ten powinien maleć przy większych prędkościach uzyskiwanych na drogach poziomych. Tego typu własności ma silnik elektryczny prądu stałego z uzwojeniem szeregowym stosowany do trakcji dołowej. Silnik spalinowy natomiast prawie nie posiadający tej właściwości wymaga stosowania skrzyni biegów. Istnieje jeszcze możliwość wykorzystania hydrostatycznego układu napędowego, który jednakże może być tylko przekaźnikiem energii z silnika elek-

trycznego lub spalinowego. Układ taki pozwala płynnie regulować prędkość i nie wymaga stosowania przekładni mechanicznych.

Warto nadmienić, że silnik elektryczny prądu stałego, zwłaszcza sterowany tyrystorowo, jest prostszy w obsłudze i pozwala prosto rozwiązać przeniesienie momentu na koło napędowe ciągnika. Trakoja elektryczna stwarza jednak niebezpieczeństwo porażenia prądem oraz powstania łuku na zbierakach, co grozi wybuchem gazów lub pyłów. Silnik spalinowy wysokoprężny natomiast jest bardziej bezpieczny i chociaż można go stosować w niektórych kopalniach gazowych, wydziela jednak szkodliwe spaliny i wymaga skomplikowanego układu przeniesienia momentu na koło napędowe. Dlatego ciągnik z silnikiem spalinowym musi być cięższy od ciągnika tej samej moocy z silnikiem elektrycznym.

4. Siła szepności

W klasycznych lokomotywach siła szepności jest realizowana poprzez tarcie pomiędzy gładkim kołem dociskany ciężarem lokomotywy do gładkiej szyny. System taki nie wystarcza przy drogach nachylonych powyżej 40%, gdyż nachyleniem siły oporów jazdy mocno wzrastają, zaś siła docisku maleje. W kolejkach podwieszonych stosuje się więc koła dociskane do szyny siłami wywołanymi "sztucznie" i często uzależnionymi od oporów ruchu pociągu. W ten sposób siła szepności rośnie wraz ze wzrostem nachylenia torów. Jej wartość potrzebna do pokonania oporów jazdy jest określona wzorem (5):

$$F = \frac{\psi \cdot \sum W}{\psi - \sum k} \quad (2)$$

gdzie:

ψ - współczynnik szepności koła z szyną,

$\sum W$ - suma oporów ruchu pociągu,

$\sum k$ - sumaryczny współczynnik oporów toczenia koła napędowego dociskanego do szyny siłą K

$$\sum k = \frac{2k}{D} + k_1 + k_2 + k_3 + k_4 \quad (3)$$

gdzie:

k - współczynnik tarcia toczenia,

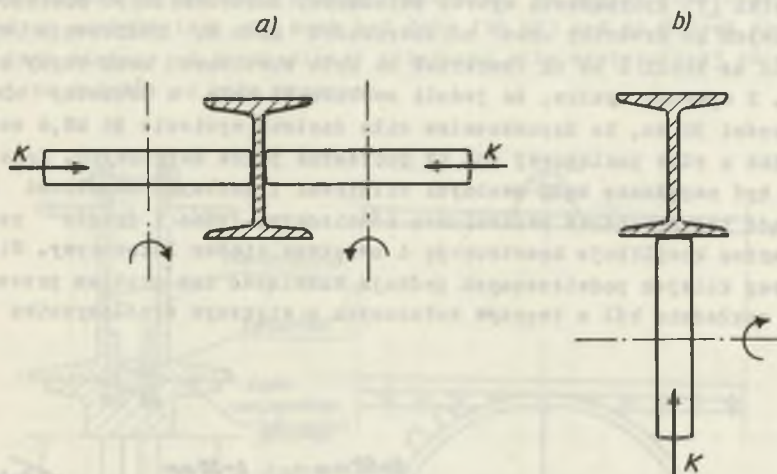
k_1 - współczynnik oporów wynikających ze zukosowania koła względem szyny,

k_2 - współczynnik względnego poślizgu koła na łuku,

k_3 - współczynnik wzdłużnego poślizgu kół o jednakowej średnicy na łuku, sprzężonych sztywno przekładnią zębatą,

k_4 - współczynnik wzdłużnego poślizgu kół o różnej średnicy sprzężonych sztywną przekładnią, toczących się na prostej.

Istnieją dwie możliwości współpracy koła napędowego z szyną przedstawione na rys. 3.



Rys. 3

W rozwiązaniu a) dwa koła napędowe mają osie pionowe. Nie istnieje wtedy opór określony współczynnikiem k_2 na łukach poziomych, natomiast występuje na łukach pionowych. W rozwiązaniu b) koło napędowe ma oś poziomą. Opór k_2 występuje wtedy na łukach poziomych, zanika natomiast na pionowych, znikają również opory k_3 i k_4 .

Ze wzoru (2) wynika, że w przypadku nadmiernych oporów toczenia koła napędowego, potrzebna siła pociągowa F rośnie i może dojść do wartości absurdalnie wysokich kiedy,

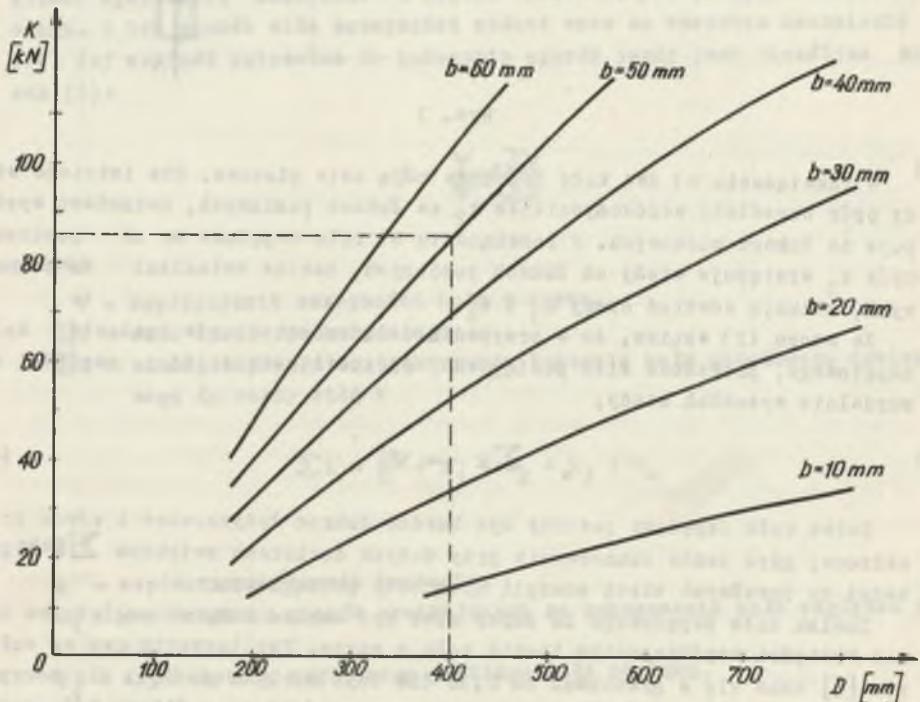
$$\sum k \rightarrow \psi \quad (4)$$

Zatem koła napędowe powinny być bardzo dobrze łożyskowane i równo prowadzone, gdyż każde zukosowanie przy dużych dociskach zwiększa $\sum k$ i prowadzi do poważnych strat energii oraz siły pociągowej.

Docisk koła napędowego do szyny musi być bardzo duży ze względu na niekie wartości współczynnika tarcia koła z szyną. Współczynnik ten wg autorów [6] waha się w granicach od 0,36 dla szyn suchych do 0,13 dla mokrych i zaolejonych. Na pochyłościach nie można dopuścić do poślizgu kół napę-

dowych i tym samym do ześlizgnięcia się ruchem przyspieszonym lokomotywy z poociągami, więc współczynnik szepności ψ należy przyjąć mniejszy od najmniejszej wartości współczynnika tarcia, czyli około 0,1. W ten sposób sumaryczna siła docisku kół napędowych przy sile na haku 30 kN oraz sile oporów ruohu lokomotywy około 10 kN (masa lokomotywy 2 t) powinna wynieść około 400 kN.

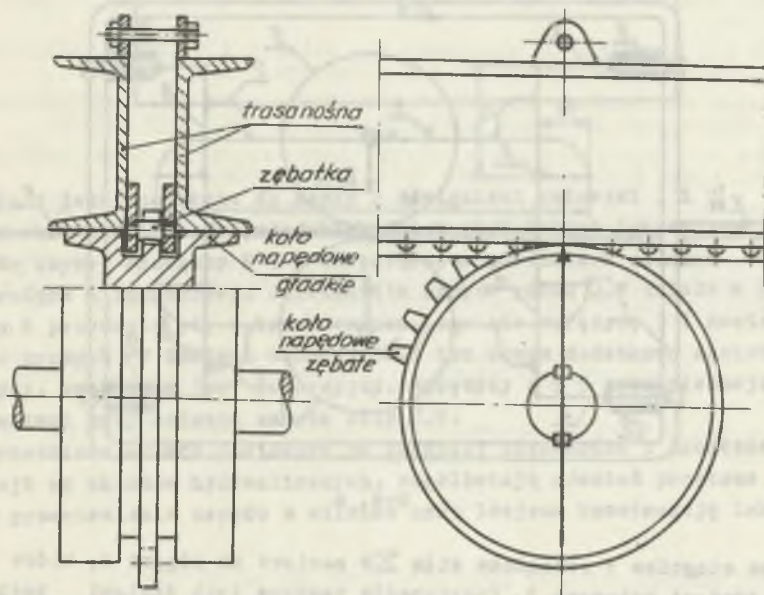
Naciski kół na szynę są ograniczone ze względu na dopuszczalną wartość naprężeń kontaktowych. W oparciu o teorię Hertza i wzory opracowane przez St. Pytko [7] sporządzono wykres zależności dopuszczalnych docisków kół napędowych od średnicy oraz od szerokości koła b . Obliczenia wykonano dla kół ze stali L 45 G2 (materiał na koła suwnicowe) oraz szyny ze stali St. 5. Z wykresu wynika, że jeżeli zastosować koła o średnicy 400 mm i szerokości 50 mm, to dopuszczalna siła docisku wyniesie 85 kN, a zatem dla ciągnika o sile pociągowej 400 kN potrzebna 5 kół napędowych. Koła te powinny być napędzane bądź osobnymi silnikami i osobnymi hamulcami hamowane, bądź też sprzężone mechanizmem różnicowym. Jedno i drugie rozwiązanie bardzo komplikuje konstrukcję i zwiększa ciężar lokomotywy. Niektórzy wytwórcy kolejek podwieszonych próbują rozwiązać ten problem przez stosowanie wykładzin kół z tworzyw sztucznych o większym współczynniku tarcia



Rys. 4

(Ruhrthaler) lub koła napędowe zaopatrywać w ząbki, które wgniatają się w materiał szyny (ZAM Ostrava). Jednakże wykładziny z tworzyw sztucznych mają mniejszy dopuszczalny nacisk od stali, natomiast moletowane koła niszczą szynę i powodują jej szybkie zużycie.

Rokującym duże nadzieje rozwiązaniem problemu szczepności jest zastosowanie przez IMGPIA AGH koła napędowego zaopatrzonego w zęby zaś szyny jezdnej w zębatkę, tak jak to jest pokazane na rys. 5. Koło napędowe na małych nachyleniach pracuje jako cierne, natomiast na większych (powyżej $i = 54\%$) wchodzi na zębatkę. Należy podkreślić, że docisk koła napędowego na małych nachyleniach nie musi być duży (30 kN) zaś na dużych wystarczy, że jest większy od promieniowej składowej siły występującej na zębie. Siła ta jest zależna od kąta przyporu.



Rys. 5

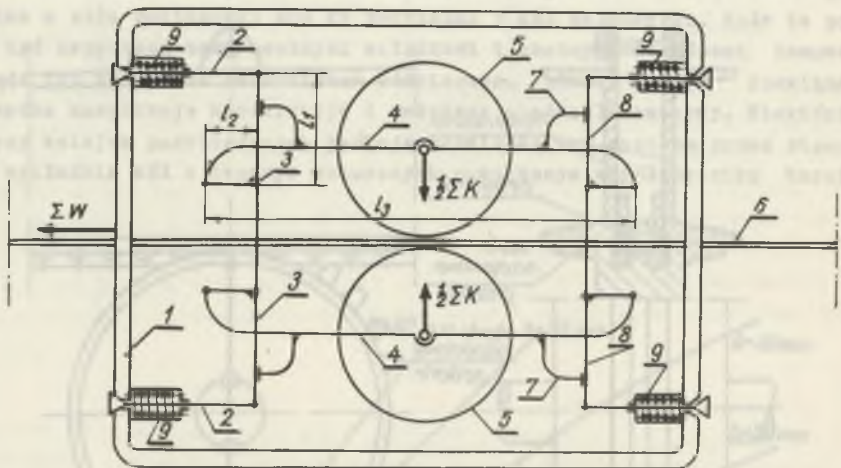
5. Realizacja siły docisku

Siła docisku kół napędowych może być realizowana przez układ hydrauliczny lub mechaniczny dźwigowy. Układy hydrauliczne podobnie jak i mechaniczne mogą być dwójakiego rodzaju: ze stałym naciskiem lub ze zmiennym. Stały nacisk jest wywierany albo przez cylindry hydrauliczne z akumulatorem ciśnienia, albo przez ciężar lokomotywy poprzez układ dźwigni. Rozwiązanie tego typu ma wady ze względu na zbędny nacisk na odcinkach trasy o małym nachyleniu i zwiększone opory tocznienia. Nacisk zmienny w układach

hydraulicznych jest realizowany poprzez cylindry hydrauliczne pod ciśnieniem oleju przepływającego przez hydrauliczne silniki napędowe. Ciśnienie w układzie zależy od oporów jazdy, a więc i docisk kół napędowych również.

Układ mechaniczny ze zmiennym dociskiem [8] także uzależnia docisk od oporów ruchu, a więc od siły pociągowej. Na drodze mechanicznej można zrealizować docisk poprzez mechanizmy: z jednostronną dźwignią kątową, z dwustronną dźwignią kątową, mechanizm ciągnowo-dźwigniowy, ciągnowo-krzywkowy, dźwigniowo-krzywkowy oraz dźwigniowo-klinowy [6].

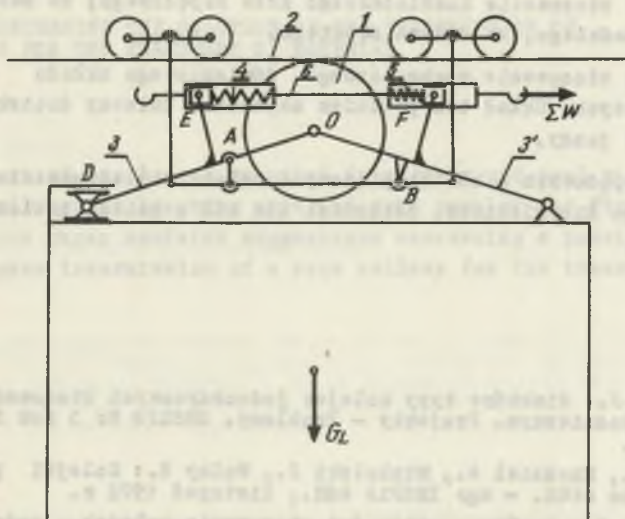
Dla układu kół pędnych przedstawionego na rys. 3a najlepszy okazał się mechanizm z jednostronną dźwignią kątową opracowany i zbadany przez Biersieniewa [5, 8]. Schemat tego mechanizmu przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6

Rama ciągnika 1 obojętna siłą ΣW naciska na ciężki 2, które powodują obrót dźwigni kątowych 3. Prostopadłe ramiona tych dźwigni połączają w kierunku prostopadłym do szyny dźwignie 4, w której są osadzone łożyska kół napędowych 5 i która dociska te koła z siłą ΣK do szyny 6. Przeciwno końce dźwigni 4 mają tendencję odchylenia się od szyny, zabezpieczają je przed tym zderzaki 7 umieszczone na dźwigniach 4. Na zderzakach tych opierają się przeciwległe dźwignie kątowe 8. Wstępną siłę zaociskającą koła napędowe wywołują sprężyny 9.

Dla układu kół pędnych przedstawiono na rys. 3b można zastosować mechanizm docisku z dwustronną dźwignią kątową [6]. Istnieje jednakże bardzo wygodne rozwiązanie docisku kombinowanego pochodzącego od sumarycznego działania siły ciężkości lokomotywy i siły na haku. Schemat tego mechanizmu opracowanego w AGH przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7

Koło 1 jest dociskane do szyny 2 dźwigniami kątowymi 3 i 3' mającymi punkty obrotu A i B. Na przegubach C i D wisi kabina lokomotywy i dociska koło do szyny. Przeguby E i F są połączone suwliwie z układem oięgnym nawskrośnym 6 lokomotywy. Jeżeli siła oporów ruchu ΣW działa w prawo, to oięgno 6 przesunie się w tym kierunku, zgnięta sprężynę 5 i naciska siłą ΣW na przegub F dźwigni kątowej 3' i tym samym dodatkowo dociska koło 1 do szyny. Mechanizm jest rewersyjny. Sprężyny 4 i 5 zabezpieczają przed uderzeniami przy zmianie zwrotu siły ΣW .

Mechaniczne układy dociskowe są bardziej niezawodne i prostsze w konstrukcji od układów hydraulicznych, umożliwiają również prostsze rozwiązanie przeniesienia napędu z silnika oraz lżejszą konstrukcję lokomotywy.

6. Wnioski

- Optymalna wartość mocy lokomotywy kolejki podwieszanej na obecnym etapie rozwoju górnictwa podziemnego wynosi około 20 do 30 kW.
- Do napędu lokomotywy nadają się silniki elektryczne prądu stałego szeregowy, silniki spalinowe wysokoprężne lub też silniki hydrostatyczne w układzie napędzanym silnikiem elektrycznym lub spalinowym.
- Koło napędowe lokomotywy może być zrealizowane jako gładkie toczące się po gładkiej szynie lub zębate po zębatoe. Koło gładkie ma ograniczoną siłę szepności ze względu na naprężenia kontaktowe. Siła szepności może być kilkakrotnie większa przy kole zębatym.

- d) Zaleca się stosowanie kombinowanego koła napędowego; na małych nachyleniach gładkiego, na dużych zębatego.
- e) Zaleca się stosowanie mechanicznego, dźwigniowego układu dociskowego kół napędowych. Układ ten powinien zapewniać zmienny docisk zależny od sił oporów jazdy.
- f) Dla kół napędowych o osiach pionowych zaleca się stosowanie mechanizmu dociskowego Biersieniewa, natomiast dla kół o osiach poziomych mechanizmu AGH.

LITERATURA

- [1] Antoniak J.: Niektóre typy kolejek jednoszynowych stosowanych w górnictwie podziemnym. Projekty - Problemy. GBSiPG Nr 5 Rok XVI, maj 1971 Katowice.
- [2] Celmer R., Kurdziel A., Michalski J., Wolny B.: Kolejki podwieszane. Seminarium stud. - mgr IMGPIA AGH., listopad 1972 r.
- [3] Szymaszek A.: Analiza możliwości stosowania kolejek podwieszonych w kopalniach polskich. Praca dyplomowa IMGPIA 1972, AGH Kraków.
- [4] Stępień W.: Projekt ciągnika kolejki podwieszanej do transportu materiałów. Praca dyplomowa IMGPIA 1971. AGH Kraków.
- [5] Biersieniew W.S.: Lokomotywy ze sprężystym poślizgiem kół napędowych. Zagadnienia torowa, Zużycia i Smarowania, Zeszyt 7, 1970.
- [6] Praca zbiorowa - Lokomotywy i kolejki jednoszynowe z mechanizmem ciernym przystosowane do jazdy po stromych torach. Etapy I, II, III, IV, V. Instytut Maszyn Górniczych, Przerobczych i Automatyki AGH 1971, 1972 r.
- [7] Pytko St.: Badania mechanizmu niszczenia powierzchni toczonej elementów maszynowych. Zeszyty Naukowe AGH Elektr. i Mech. Górniczo-górnictwa z. 25 1967.
- [8] Czubak A.: Mechanizmy pociągowe dla pojazdów szynowych z automatyczną regulacją siły przyzwarpciości. Przegląd Mechaniczny Nr 6. 1970.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ РЕШЕНИЯ ТЯГОВОГО ПРИВОДА КАНАТНО-ПОДВЕСНОЙ ДОРОГИ
ДЛЯ ТРАНСПОРТА МАТЕРИАЛОВ

Резюме

Транспорт людей и материалов по канатно-подвесной дороге в подземных каменноугольных шахтах вызывает все больший интерес и все шире применяется. Статья содержит предложение решения тягового привода канатно-подвесной дороги для транспорта материалов.

SUGGESTIONS CONCERNING THE SOLUTION OF THE TRANSMISSION OF A ROPE RAILWAY FOR THE TRANSPORT OF MATERIAL

Summary

The transport of people and material in underground coal mines by means of rope railways is becoming more and more popular and finding wider application. The paper contains suggestions concerning a possibility of solving the power transmission of a rope railway for the transport of material.

W artykule przedstawiono propozycje rozwiązania napędu ociągacza w kopalniach węgla kamiennego przy użyciu kolei linowych. Wskazano na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika elektrycznego, który jest zasilany z sieci energetycznej kopalni. Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika diesla, który jest zasilany z własnego zbiornika paliwa.

W artykule przedstawiono propozycje rozwiązania napędu ociągacza w kopalniach węgla kamiennego przy użyciu kolei linowych. Wskazano na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika elektrycznego, który jest zasilany z sieci energetycznej kopalni. Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika diesla, który jest zasilany z własnego zbiornika paliwa.

Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika diesla, który jest zasilany z własnego zbiornika paliwa. Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika elektrycznego, który jest zasilany z sieci energetycznej kopalni.

Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika elektrycznego, który jest zasilany z sieci energetycznej kopalni.

Wskazano również na możliwość zastosowania napędu ociągacza przy pomocy silnika elektrycznego, który jest zasilany z sieci energetycznej kopalni.