

Stanowisko laboratoryjne do badania sprzężenia ciernego z regulacją nacisku koła na szynę

DOMINIK KĘSEK

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

W pracy przeprowadzono analizę teoretyczną współpracy cierniej koła z szyną w kolejkach z automatyczną regulacją nacisku koła na szynę, oraz przedstawiono koncepcję stanowiska laboratoryjnego do badań tej współpracy. Scharakteryzowano transport kopalniany oraz przedstawiono rolę, jaką pełni transport pomocniczy w kopalni głębinowej. Przedstawiono systemy transport pomocniczego w kopalniach oraz wyszczególniono zadania, jakie on pełni. Przeanalizowano możliwości zaprojektowanego stanowiska laboratoryjnego z uwzględnieniem jego ograniczeń.

Słowa kluczowe: transport kopalniany, sprzężenie cierne

1. Wprowadzenie

Procesy transportowe występujące w kopalni głębinowej są niezbędne i wiążą się z wieloma trudnościami i zagrożeniami, które im towarzyszą od czasów powstania przemysłu górniczego. Ciągły rozwój techniki i nowe rozwiązania pozwalają wyeliminować bądź zminimalizować niektóre z niekorzystnych, niebezpiecznych lub niepożądanych zjawisk, które towarzyszyły procesom transportowym. Największy nacisk kładzie się na poprawę bezpieczeństwa i efektywności pracy w tych ogniwach transportu, w których muszą uczestniczyć ludzie oraz tych, których eksploatacja jest najdroższa.

W przypadku transportu pomocniczego wyżej opisane problemy występują. W nowych rozwiązaniach dąży się do tego, aby zminimalizować zagrożenia, jakie powstają w trakcie tegoż transportu. Ważne jest również, aby cena zarówno urządzenia jak jego eksploatacji była możliwie niska.

Obecnie duże możliwości stoją przed kolejami podwieszanymi z napędem ciernym i zębatym. Pozwalają one na zminimalizowanie liczby punktów przeładunkowych dzięki pokonywaniu większych nachyleń toru. Możliwości trakcyjne napędów takich kolejek limituje sprzężenie cierne kół napędowych z torem. Z tymi zagadnieniami wiąże się niniejsza praca.

Celem pracy jest analiza współpracy kół napędowych z szyną w kolejkach z automatyczną regulacją docisku koła do szyny oraz przedstawienia koncepcji stanowiska do badań tej współpracy.

2. Transport kopalniany

W ogólnym ujęciu transport kopalniany można zdefiniować, jako zespół czynności, które związane są z przemieszczaniem w określonym czasie wszelkiego rodzaju materiałów, urobku, maszyn, urządzeń, osób etc. z jednego miejsca na drugie na terenie kopalni przy użyciu odpowiednio dobranych środków transportu. W procesie produkcyjnym kopalni, transport jest jednym z najistotniejszych ogniw.

Transport kopalniany ogólnie klasyfikuje się, jako transport wewnątrzzakładowy. Jednak biorąc pod uwagę wielkość obszaru, na jakim transportowane są materiały oraz konieczność powiązania kopalni z innymi zakładami, stosuje się obok siebie maszyny zarówno do transportu bliskiego jak i dalekiego. Jako urządzenia transportu bliskiego wykorzystywane są np. przenośniki, dźwignice, wyciągi szybowe, natomiast

do urządzeń transportu dalekiego można zaliczyć np. tabor kolejowy podziemny i naziemny, tabor drogowy, tabor wodny i lotniczy.

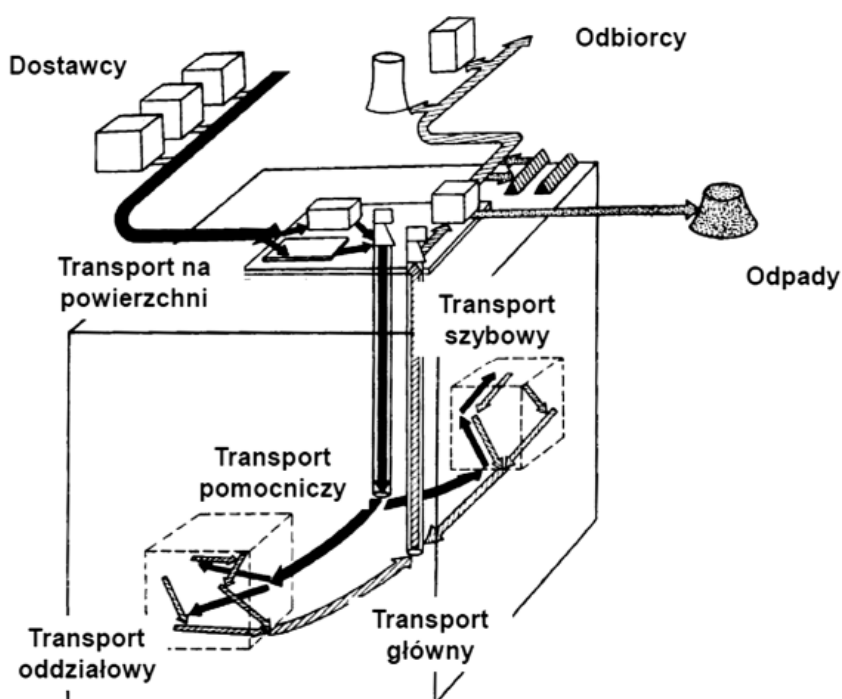
Do transportu kopalnianego zalicza się również wszelkiego rodzaju czynności pomocnicze, takie jak załadunek, przeładunek i rozładunek oraz grupowanie, rozdzielanie, magazynowanie ładunków etc.

W transporcie kopalnianym kopalni głębinowej możemy wyróżnić:

- transport podziemny – do którego zaliczmy: transport oddziałowy, transport główny, transport szybowy oraz transport pomocniczy,
- transport na powierzchni kopalni,
- transport zewnętrzny.

Jeśli chodzi o rodzaj transportowanych ładunków można wyszczególnić:

- urobek,
- skałę płonną lub nadkład,
- materiały, maszyny i urządzenia,
- ludzi.



Rys. 1. Schemat głównych ogniw transportu kopalnianego [1]

2.1. Rola transportu pomocniczego w kopalniach

Istotnym problemem w przypadku kopalń głębinowych jest konieczność szybkiego, sprawnego i bezpiecznego transportu wszelkiego rodzaju materiałów, maszyn i urządzeń a także ludzi do miejsca pracy. Biorąc pod uwagę bardzo duże jednostkowe masy urządzeń pracujących przy wydobywaniu węgla, a także znaczne ich gabaryty, maszyny transportujące muszą mieć odpowiednie parametry techniczno-ruchowe przy zachowaniu rachunku ekonomicznego. Najważniejsze wymagania, jakie są stawiane urządzeniom do transportu pomocniczego w kopalniach to:

- zapewnienie bezpieczeństwa pracy i obsługi maszyny,
- możliwość transportowania elementów o dużej masie i gabarytach (jak np. sekcje obudów, kombajnów) jak również ludzi,
- możliwość łatwej obsługi, instalacji a także wydłużenia zasięgu transportowania,
- zapewnienie bezkolizyjności z innymi środkami transportu kopalnianego,
- możliwość pokonywania odcinków o dużym kącie nachylenia,
- możliwie niski koszt instalacji oraz użytkowania.

Masę dostarczanego do kopalni i wywożonego z niej materiału, maszyn, złomu itp., szacuje się na około 8-9 % [5] dziennego wydobycia węgla netto. Biorąc pod uwagę, że koszt transportu 1 tony materiału jest około 10 razy wyższy niż koszt transportu 1 tony węgla, koniecznym jest zastosowanie urządzeń, które nie generując dodatkowych strat, szybko i terminowo dostarczają ładunek w różne miejsca kopalni.

Materiał transportowany można podzielić na drobnicę w postaci oddzielnych jednostkowych przedmiotów (elementy maszyn, obudowy itp.) oraz masówkę w postaci materiału sypkiego (węgiel, skała, piasek itp.). Urządzenia do transportu pomocniczego nie działają w sposób ciągły, więc transportowany materiał jest zazwyczaj przystosowywany do transportu z pomocą jednostek ładunkowych (jak np. wiązki, skrzynki, palety lub kontenery).

Korzystne jest, jeśli wykorzystuje się te same środki transportu do przewożenia materiałów oraz ludzi. Urządzenia do transportu, którymi poza przemieszczaniem materiałów, jest możliwe przewożenie ludzi muszą spełniać bardziej restrykcyjne wymagania bezpieczeństwa i zarówno one jak i trasa, po której się poruszają, muszą być odpowiednio przygotowane (kształt elementów, na trasie nie może być wystających niebezpiecznych elementów).

Istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych maszyn roboczych transportu pomocniczego w kopalniach. Różnią się one również parametrami technicznymi oraz gabarytami. Różnice między nimi wynikają głównie ze względu na trudność dostosowania jednego urządzenia do realizowania transportu pomocniczego różnorodnych ładunków w różnych warunkach pracy.

Ogólnie środki transportu pomocniczego w kopalniach można podzielić z uwagi na:

- przeznaczenie – można wyróżnić transportujące materiały i urządzenia oraz ludzi,
- rodzaj napędu – elektryczne, spalinowe, spalinowo – hydrauliczne, hydrauliczne, spalinowo – elektryczne i inne.
- rodzaj układu napędowego – linowe, łańcuchowe, taśmowe, gąsienicowe, kombinowane,
- rodzaj drogi – podwieszane, spągowe, szynowe, bezszynowe, linowe, wyciągi szybkie, przenośnikowe, kombinowane.

2.2. Systemy zintegrowanego transportu pomocniczego

System zintegrowanego transportu pomocniczego powinien eliminować problemy, które występują w dotychczas stosowanych rozwiązaniach:

- poprawa bezpieczeństwa pracy,
- ciężkie i wielkogabarytowe jednostki powinny być transportowane bez przeładunku demontażu do samego miejsca ich zastosowania,
- odległość transportowania powinna być dowolna,
- możliwość transportowania przy znacznych nachyleniach (do 30°),
- stateczność pojazdu transportowego przy znacznych pochyleniach poprzecznych.

Z uwagi na bezpieczeństwo pracy i znaczny stopień skomplikowania konstrukcji obecnie odchodzi się od napędów linowych. Konwencjonalne napędy ciernie nie gwarantują za to możliwości pokonywania większych pochyłości. Wiele możliwości stoi za to przed zastosowaniem napędów zębatych oraz z automatyczną regulacją kół, wyposażonych w wysokociernie okładziny.

3. Warunki pracy kół napędowych w kolejkach z automatyczną regulacją nacisku koła na szynę

Konwencjonalne rozwiązania środków transportowych z napędem ciernym nie spełniają wymagań stawianym zintegrowanym systemom transportu pomocniczego. Przede wszystkim problemem jest brak możliwości pokonywania wyrobisk o zwiększonym nachyleniu, ze względu na znaczny wzrost oporów ruchu związanych ze zmianą kąta nachylenia. W nowych rozwiązaniach kolei górniczych z napędem ciernym problem ten jest rozwiązywany przez zmianę nacisku kół napędowych na szynę w zależności od zmiennych oporów ruchu. Odpowiednio dobierając położenie w torze sprzężenia zwrotnego można zagwarantować pracę kół napędowych sprowadzoną do punktu znajdującego się w górnym zakresie krzywej przyczepności. Gwarantuje to brak możliwości wystąpienia makropoślizgu kół napędowych.

Przyjmując zależność:

$$F = \psi \cdot P \quad (1)$$

gdzie:

F – siła przyczepności koła napędowego,

ψ – współczynnik przyczepności,

P – siła docisku koła do szyny,

oraz przyjmując, że $\psi = \text{const}$, można wywnioskować, że siła przyczepności F jest wprost proporcjonalna do siły docisku P . Należy zatem sterować wartością siły docisku P w zależności od wymaganej siły przyczepności F . Ponieważ zastosowanie siły F , jako sygnał sprzężenia zwrotnego może być problematyczne, gdyż część z niej jest wykorzystywana na pokonanie oporów w strefie styku koła i szyny, jako sygnał ten wykorzystać można użyteczną siłę pociągową, praktycznie traktowaną jako wprost proporcjonalną do siły F . Siła ta jest równa oporom ruchu kolejki W , z wyłączeniem oporów ruchu koła napędowego.

Uzależniając wartość siły docisku P od wartości oporów ruchu W można zapisać następującą zależność:

$$P = m \cdot W \geq m \cdot N_w \quad (2)$$

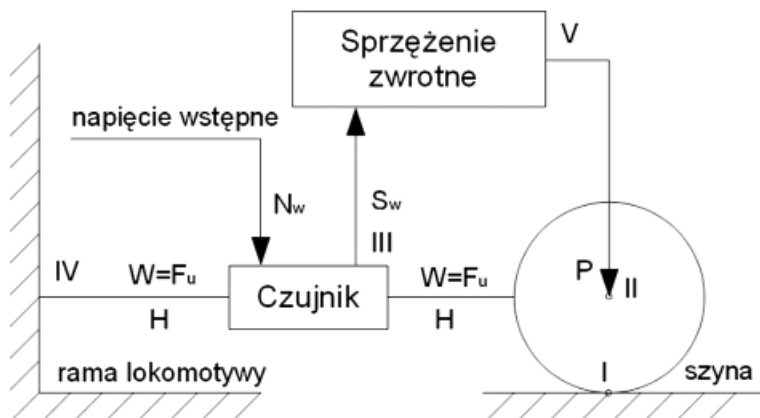
gdzie:

m – współczynnik toru przełożenia w układzie z automatyczną regulacją docisku koła do szyny,

$N_w = (0,02 \div 0,05) W_{\text{max}}$ – minimalna wartość, którą przyjmuje się, jako docisk początkowy utrzymujący koło w kontakcie z szyną, gdy wartość oporów W jest bliska lub równa zeru.

Jednocześnie można zapisać równanie:

$$F = W + w' \cdot P \quad (3)$$



Rys. 2. Schemat blokowy mechanizmu pociągowego z automatyczną regulacją docisku koła do szyny [1]

gdzie: w' – współczynnik charakteryzujący opory w strefie styku koła z szyną.

Projektując układ z automatyczną regulacją docisku koła napędowego do szyny konieczne jest zastosowanie układu pomiarowego umieszczonego między ramą lokomotywy a kołem napędzającym, który będzie podawał do toru sprzężenia zwrotnego sygnał S_w proporcjonalny do oporów ruchu W i będzie go przekształcał w pożądaną siłę nacisku P .

Rozwiązując równania 1-3 otrzymujemy wartość współczynnika wzmocnienia równą:

$$m = \frac{1}{\psi - w'} \quad (4)$$

Współczynnik m może być traktowany, jako geometryczne przełożenie mechanizmu napędowego. Siła pociągowa będzie miała największą wartość, gdy współczynnik m będzie możliwie najmniejszy, przy

jednoczesnym zachowaniu przyczepności koła napędzającego i szyny dla najgorszych warunków współpracy cierniej między nimi. Taka wartość parametru $m = m_0$ jest wartością optymalną i zapewni ona pełne wykorzystanie siły przyczepności przy maksymalnym docisku koła do szyny.

Wartość tego parametru jest zatem strategiczna przy konstruowaniu napędów ciernych z zmiennym dociskiem kół napędowych do szyny. Aby wyznaczyć współczynnik m konieczna jest znajomość współczynników w' oraz ψ . Współczynniki te odpowiadają warunkom współpracy cierniej koła z szyną. Chodzi tu szczególnie o stan powierzchni szyny.

Przy teoretycznym rozważaniu, dla optymalnie zaprojektowanego układu tego rodzaju nie ma ograniczeń, jeśli chodzi o pokonywanie nachyleń toru jazdy. Jednak patrząc od strony praktycznej, siła docisku koła napędzanego do szyny musi być ograniczona ze względów wytrzymałościowych i ekonomicznych.

Przy założeniu siły maksymalnej P_{max} , dobranej ze względów wytrzymałościowych, maksymalny kąt nachylenia toru jazdy można wyznaczyć z zależności opisującej ogólny współczynnik oporów biegu:

$$W = (G + Q) \cdot (w \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + \frac{k' \cdot P + k'' \cdot Q}{g} \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

gdzie:

- G – ciężar lokomotywy [N],
- Q – ciężar doczepiony [N],
- w – współczynnik oporu biegu pojazdu,
- k', k'' – współczynniki redukcji mas obracających się części w lokomotywie i w ciężarze doczepionym,
- α – kąt nachylenia toru [°],
- v – prędkość jazdy [m/s],
- t – czas [s].

Przyjmując założenia upraszczające dalsze rozważania:

$$k' = k'' = k$$

wartość dynamicznej składowej oporów ruchu może zostać pominięta, ponieważ jej udział w wartości W przyjeździe poziomej pojazdu jest niewielki, a już przy nieznacznych pochyleniach gwałtownie spada, opór łuku również może być pominięty, gdyż ujmowany jest w oporze biegu oraz oporze wzniesienia.

Zatem wartości oporów wzniesienia oraz biegu są zdecydowanie najistotniejsze biorąc pod uwagę kopalniane koleje podziemne. Upraszczając wzór (5) otrzymujemy:

$$\frac{(G + Q)}{P} = k = \frac{\psi - w'}{w \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} \quad (6)$$

Dalej można wyznaczyć graniczny kąt α :

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{\psi - w}{k(w^2 + 1)} + \frac{w}{(w^2 + 1)} \sqrt{(w^2 + 1) - \left(\frac{\psi - w}{k} \right)^2} \right] \quad (7)$$

Stosując rozwiązanie napędu kolei z regulowanym naciskiem kół na szyny, przy znacznych pochyleniach trasy, a co z tym idzie przy dużych siłach nacisku trzeba stosować koła napędowe o dużych średnicach lub zwiększać ich liczbę, dodatkowo muszą być wykonane z materiałów o odpowiedniej wytrzymałości. W znaczny sposób komplikuje to konstrukcję tego typu napędu, dodatkowo zwiększając koszty.

3.1. Zależności między kątem nachylenia toru a potrzebną siłą nacisku koła na szynę

W celu zobrazowania zależności między kątem pochylenia wyrobiska, a siłą potrzebną do utrzymania prawidłowego sprzężenia ciernego między kołem napędowym a szyną dla przyjętych stałych parametrów przeprowadzono prostą symulację w środowisku MATLAB/Simulink.

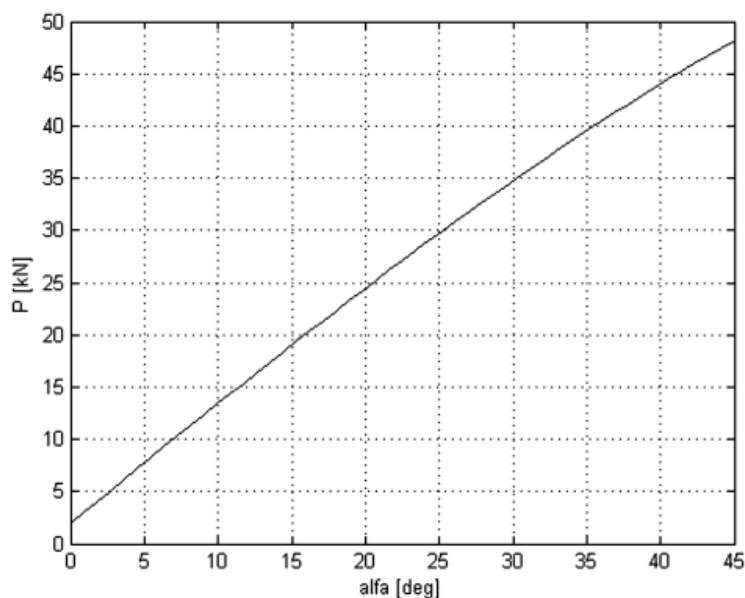
Jako sygnał sprzężenia zwrotnego użyto wartość siły oporów ruchu, opisanym w równaniu (5) z uwzględnieniem uproszczeń przyjętych powyżej, więc:

$$P = m \cdot (G + Q) \cdot (w \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \quad (8)$$

Jako wartości przyjęte do symulacji przyjęto:

- $G + Q = 16$ [kN]
- $\psi = 0,25$
- $w = 0,03$
- $w' = 0,008$

Wynikiem symulacji jest wykres (Rys. 3) przedstawiający zależność między kątem nachylenia α a siłą P potrzebną do zachowania sprzężenia ciernego między kołem a szyną.



Rys. 3. Wykres zależności między kątem nachylenia α toru a siłą nacisku P

4. Propozycja stanowiska badawczego z szyną prostą oraz układem obciążanym sprężyną

Czysto teoretyczne rozważanie zagadnienia współpracy cierniej koła i szyny nie daje pełnego poglądu na zjawiska zachodzące w strefie styku. Trudnym zagadnieniem w rozważaniach analitycznych jest działanie napędu ciernego w przypadku różnych warunków, w jakich musi on często pracować, takich jak np. zawilgocenie czy zapylenie szyny.

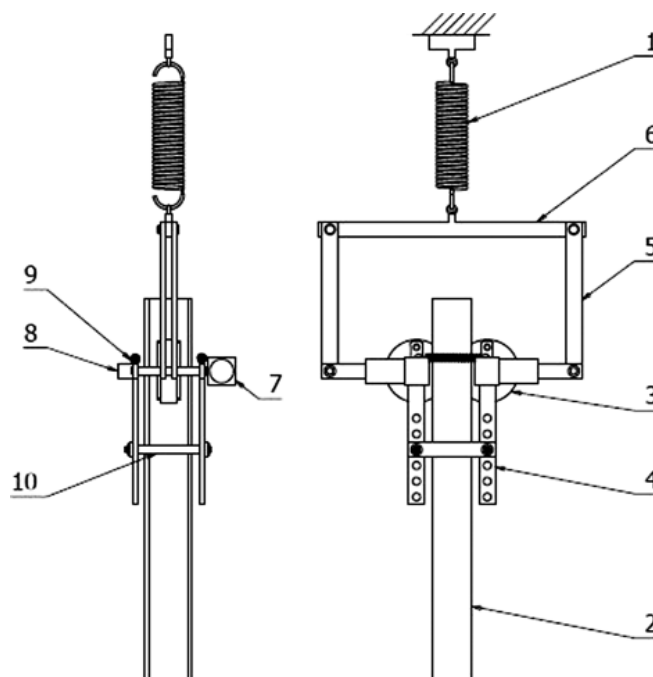
Stworzenie laboratoryjnego stanowiska badającego działanie napędu ciernego z możliwością regulacji nacisku koła na szynę pozwoli na określenie współczynników przyczepności i oporów ruchu, niezbędnych do wykonania obliczeń współpracy cierniej koła i szyny. Pozwoli również na badanie zmiany tych współczynników w zależności od zmiennych warunków pracy napędu.

W pierwszej kolejności konstrukcja stanowiska badawczego powinna umożliwiać odnoszenie otrzymywanych wyników do obiektów rzeczywistych. Bardzo istotną kwestią jest również, aby konstrukcja stanowiska była możliwie prosta, tania i wygodna w obsłudze.

W Pracy [2] przedstawiono kilka koncepcji konstrukcji stanowiska laboratoryjnego. Wybrano rozwiązanie możliwie optymalne które opisano poniżej.

Opis stanowiska:

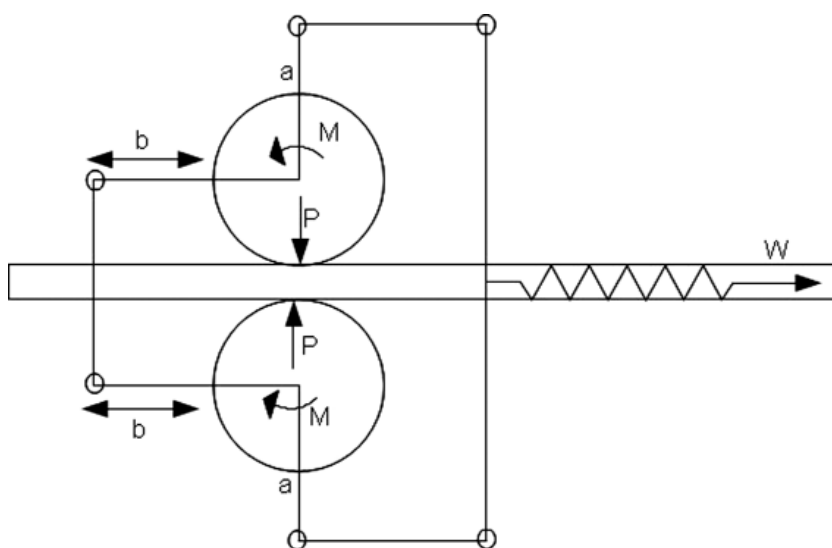
- 1 – sprężyna o znanej charakterystyce w układzie z dynamometrem;
- 2 – szyna;
- 3 – koła napędzane;



Rys. 4. Koncepcja stanowiska badawczego

- 4 – dźwignie umożliwiające regulowanie siły docisku;
- 5, 6 – cięgła łączące układ obciążenia z układem napędowym;
- 7 – motoreduktory DC;
- 8 – układ równoważący ciężar motoreduktorów;
- 9 – sprężyny zapewniające wstępny docisk kół do szyny;
- 10 – sworznie przesuwne do regulacji długości ramienia.

W powyższym rozwiązaniu siła oporu W jest wytwarzana za pomocą sprężyny śrubowej (1). Siła W jest mierzona przez wydłużenie sprężyny o znanej charakterystyce. Siła ta obciąża układ jezdny za pomocą cięgła (5) zamocowanych ruchomo na ramionach (4). Koła (3) napędzane są za pomocą motoreduktorów (7) i dociskane są do szyny (2) z siłą P proporcjonalną do siły W . Koncepcja ta opiera się na zapewnieniu regulowanego docisku koła do szyny w sposób mechaniczny za pomocą ramion (4) przy zmianie odległości sprzęgnięcia ich ze sobą.



Rys. 5. Schemat sił działających dla wybranych konstrukcji stanowiska

Zaletą tego rozwiązania jest prostota konstrukcji, która jednocześnie zapewnia proporcjonalność siły nacisku P koła na szynę od siły obciążenia W . Dzięki temu nie będzie konieczna budowa skomplikowanego układu sterowania. Samo stanowisko pozwala na określenie przy jakiej sile oporu proporcjonalnej do siły nacisku koła wpadną w makropoślizg dla różnych warunków jazdy.

Proporcjonalność siły nacisku koła na szynę od oporów ruchu można wyznaczyć z pomocą wzoru

$$P = W \cdot \frac{a}{b} \quad (9)$$

W pracy [2] zawarto pełny projekt konstrukcyjny stanowiska laboratoryjnego. Wykonano obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji dla maksymalnych obciążeń wynikających założeń projektowych, rysunki konstrukcyjne oraz dobrano podzespoły. W obliczeniach uwzględniono teorię podobieństwa mechanicznego we współpracy ciernej koła i szyny, aby wyniki otrzymywane z badań przeprowadzonych na tym stanowisku można było odnosić do obiektów rzeczywistych.

5. Wnioski

Zaprojektowane stanowisko laboratoryjne zapewnia uzyskanie wyników odpowiadających rzeczywistym zjawiskom, które zachodzą między kołem a szyną. Najbardziej interesującym badanym parametrem jest współczynnik przyczepności koła do szyny ψ . Dzięki konstrukcji stanowiska współczynnik ten można w prosty sposób wyznaczyć przekształcając wzór (1):

$$\psi = \frac{P}{F} \quad (10)$$

Znając siłę wydłużającą sprężynę oraz długości ramion a i b , z zależności (9), możemy określić wartość siły nacisku P . Następnie podstawiając wartość tych sił do zależności (10) możemy wyznaczyć współczynnik przyczepności ψ .

Ważnym jest, że badania można przeprowadzać dla różnych warunków jakie występują podczas rzeczywistego ruchu kolejki (np. w kopalni). Badania przeprowadzane przy zmiennych warunkach, takich jak zawilgocenie czy zabrudzenie szyny pozwalają określić współczynniki przyczepności koła do szyny dla tych warunków.

Z teoretycznych rozważań można w przybliżeniu określić wartość siły nacisku koła na szynę P w zależności od warunków ruchu oraz długości ramienia b . Wartości te przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Teoretyczne wartości siły nacisku koła na szynę P w zależności od współczynnika przyczepności oraz długości ramienia b

Warunki	Wartość ψ	Długość ramienia b [mm]	Siła docisku P [N]
Szyna sucha, czysta, skojarzenie stal-stal	0,25	60	848,4
Szyna mokra, zanieczyszczona skojarzenie stal-stal	0,1	100	893,11
Szyna sucha, czysta skojarzenie stal-okładzina wysokocierna	0,446	160	884,42

Należy zapobiec przeciążaniu elementów stanowiska, więc eksperyment należy przeprowadzać zawsze zaczynając od maksymalnej wartości na ramieniu b . Jeśli siła docisku P jest zbliżona do wartości siły zamieszczonej w tabeli 8.1 dla odpowiadających warunków ruchu, długość ramienia b nie powinna być zmniejszana.

W projekcie skupiono się głównie na skojarzeniu materiałów koła i szyny stal – stal. Jest to skojarzenie najmniej korzystne. Istnieje możliwość, przy niewielkiej zmianie konstrukcji stanowiska, przeprowadzania badań przy skojarzeniu materiałów stal – okładzina wysokocierna.

Sam projekt uwzględnia warunek podobieństwa mechanicznego dotyczący jednakowych nacisków jednostkowych oraz warunki wytrzymałościowe. Dobrane elementy stanowiska nie stanowią wymogu

koniecznego do jego budowy. Zamiennie można zastosować inne tańsze, dostępne elementy (np. silnik z motoreduktorem lub sprężyną).

Mimo pewnych ograniczeń, można stwierdzić, że stanowisko laboratoryjne, wykonane zgodnie z projektem, pozwoli na przeprowadzanie badań, które dawać będą wiarygodne wyniki, jednocześnie dając możliwość odnoszenia ich do rzeczywistych urządzeń pracujących w różnych warunkach otoczenia.

Literatura

- Furmanik K., Siedlar A.: *Sprzężenia cierne i zębate w napędach kolei szynowych*, Kraków, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2002.
- Kęsek D.: *Projekt modelowego stanowiska z automatyczną regulacją nacisku koła na szynę*. Praca magisterska, Kraków AGH 2013.
- Furmanik K.: *Problemy badawcze w eksploatacji wybranych obiektów technicznych – p. Teoria podobieństwa w badaniach eksploatacyjnych*. (s. 180-194). PAN, Komitet Budowy Maszyn Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa 2010.
- Siedlar A., Furmanik K.: *System zintegrowanego transportu pomocniczego dla kopalń podziemnych w świetle nowych zadań*. Materiały międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej „Modernizacja systemu transportu podziemnego” – KOMAG-SITG, Szczyrk, czerwiec 1977.
- Antoniak J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1990.
- Antoniak J.: *Podstawowe maszyny robocze kopalnianego transportu pomocniczego*. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk” 1973.

Laboratory position for testing frictional with adjustment wheel load on the rail

Abstract

In this paper thesis analyzes the theoretical frictional engagement between the rail wheels and a car with automated wheel load control and shows the development of a laboratory stand to test this kind of a cooperation. Mine transport and its functions in the secondary transport has been characterized. Auxiliary transportation systems in mines and its specific tasks have also been fully described. All possibilities of the previously designed laboratory stand were analyzed, taking into account its limitations.

Keywords: Underground transportation systems, frictional contact