

Badania stanowiskowe mobilnego urządzenia czyszczącego typu MUC

mgr inż. Dariusz Czerniak
dr inż. Zbigniew Szkudlarek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Stand tests of mobile cleaning device of MUC type

Streszczenie:

W artykule przedstawiono badania oceny skuteczności czyszczenia szyn tras kolejek podwieszonych z napędem ciernym przez urządzenie czyszczące MUC-2. Opisano metodę badawczą i stanowisko badawcze oraz przebieg badań. Określono wpływ stosowania badanego urządzenia na zwiększenie współczynnika tarcia pary ciernej koło napędowe – szyna, co może przekładać się na poprawę bezpieczeństwa i wzrost efektywności transportu kolejkami podwieszonymi.

Abstract:

Assessment of MUC-2 device's rails cleaning effectiveness of the of suspended monorail with frictional drive route is presented. Testing methodology, test stands as well as testing procedures are described. Impact of using the tested cleaning device on increasing the friction coefficient between wheel and rail, what improves travel safety and efficiency of suspended monorail transport, is determined

Słowa kluczowe: górnictwo, transport podwieszony, urządzenie czyszczące, badania skuteczności

Keywords: mining industry, suspended transport, cleaning device, testing the effectiveness

1. Wprowadzenie

W numerze 4/2016 kwartalnika *Maszyny Górnicze* przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych prototypu urządzenia do utrzymywania torowisk podwieszonych MUC-1 [4]. Opisano w nim również konstrukcję urządzenia MUC-2, która powstała w oparciu o wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych prób dołowych oraz spostrzeżenia po dokonaniu przeglądu technicznego. Po publikacji artykułu uruchomiono produkcję ww. urządzenia (rys. 1), we współpracy z Biurem Techniczno-Handlowym Waldemar Korolew oraz Instytutem Techniki Górniczej KOMAG. Urządzenie MUC-2 uzyskało dopuszczenie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego (znak GM – 45/17) do stosowania w podziemnych zakładach górniczych, w polach niemetanowych i metanowych, w wyrobiskach zaliczanych do stopnia „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach zaliczanych do klasy A lub B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Urządzenie do czyszczenia trasy kolejki podwieszanej chronione jest patentem nr PL 226360. Należy podkreślić, że cały projekt współfinansowany był ze środków unijnych Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Niniejszy artykuł prezentuje metodę badawczą oraz budowę stanowiska badawczego, jak również przebieg i wyniki badań oceny skuteczności czyszczenia szyn trasy kolejki podwieszanej przez urządzenie czyszczące MUC-2. W podsumowaniu wskazano na możliwe korzyści wynikające ze stosowania badanego urządzenia, takie jak m.in. poprawa bezpieczeństwa pracy i efektywność prac transportowych prowadzonych kolejkami podwieszonymi.

Badania przeprowadzono w Laboratorium Badań Stosowanych ITG KOMAG w sierpniu 2017 roku.



Rys. 1. Urządzenie MUC-2 wystawione na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, Katowice 2017 [2]

2. Metoda badawcza

Przyjęto, że miarą skuteczności działania urządzenia MUC-2 będzie zwiększenie współczynnika tarcia statycznego pomiędzy kołami ciernymi urządzenia a średnikiem szyny podwieszanej. Należało zatem wyznaczyć współczynnik tarcia statycznego kół na szynie zabrudzonej i porównać go z wynikiem pomiaru, powtórzonego w tym samym miejscu szyny, po jej oczyszczeniu, za pomocą urządzenia czyszczącego.

Założono ciągnięcie urządzenia czyszczącego, zawieszono na prostym odcinku toru podwieszono, przy zablokowanych przed obrotem kołach ciernych, dociskanych do średnika szyny znaną siłą F_N , ze skierowaną wzdłuż toru narastającą siłą pociagową F_P , której wartość mierzona przetwornikiem siły będzie rejestrowana w celu wyznaczenia jej wartości maksymalnej. Ponieważ z szyną współpracowała para kół ciernych, siła pociagowa była równa sumie podwojonej siły hamowania F_{HK} koła, równej co do wartości sile tarcia statycznego F_T , pomiędzy kołem ciernym a szyną oraz siły oporów toczenia rolek nośnych F_{RT} urządzenia czyszczącego.

$$F_P = 2 \cdot F_{HK} + F_{RT} = 2 \cdot F_T + F_{RT} \quad (1)$$

Można było wyznaczyć szukany współczynnik tarcia statycznego μ , równy ilorazowi wartości siły tarcia statycznego F_T i siły docisku kół F_N .

$$\mu = \frac{F_T}{F_N} \quad (2)$$

Jako, że okładziny kół ciernych urządzenia czyszczącego i lokomotywy podwieszanej wykonane były z tego samego materiału, stąd wyznaczone wartości statycznego

współczynnika tarcia kół o szynę mogły mieć również zastosowanie w odniesieniu do lokomotywy podwieszanej.

Otrzymane wyniki współczynników tarcia, po porównaniu z wartością minimalnego granicznego współczynnika tarcia, charakterystycznego dla danego materiału okładziny koła ciernego, przy którym możliwe było jeszcze przeniesienie nominalnej siły uciągu lokomotywy podwieszanej, posłużyły do określenia możliwości zmniejszenia siły docisku kół ciernych lokomotywy, a co za tym idzie do zwiększenia trwałości kół ciernych [1].

3. Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze zbudowano w Laboratorium Badań Stosowanych ITG KOMAG. Biorąc pod uwagę konieczność rozpędzenia urządzenia czyszczącego na torze do prędkości $v=1$ m/s oraz jazdę w trybie roboczym na odcinku pomiarowym o długości około 3 metrów, jak również konieczność wyhamowania pojazdu przed końcem toru, wyznaczono długość toru – 8 metrów.

Do budowy toru wykorzystano cztery szyny jezdne proste o profilu I155 typu 3P, o nośności wzdłużnej 85 kN i nośności od zawiesi 50 kN. Szyny podwieszono do rusztowania zbudowanego z ramek zgrupowanych w czterech kolumnach za pomocą pasów transportowych z napinaczami. Dopuszczalna masa obciążenia wynosiła 1800 kg [1, 5].

3.1. Układ pociągowy urządzenia czyszczącego

W normalnym warunkach eksploatacyjnych urządzenie czyszczące typu MUC-2 czerpie energię niezbędną do pracy mechanizmów czyszczących z ruchu liniowego kolejki podwieszanej. Napęd szczotek wymuszany jest poprzez koła cierne, dociskane do szyn podczas przemieszczania urządzenia po trasie kolejki podwieszanej [3].

Na stanowisku badawczym (rys. 2) rolę napędu pociągowego spełniał traktor Husqvarna, połączony ze sworzniem zaczepu z przodu urządzenia, za pośrednictwem liny stalowej. Koniec szyny zabezpieczono odbojnikiem gumowym. Prędkość ruchu liniowego urządzenia MUC-2 po szynie mierzono za pomocą przyrządu rejestrującego czas przejazdu odcinka kontrolnego. Ruch powrotny urządzenia realizowała elektryczna wciągarka linowa, zainstalowana po przeciwnej stronie stanowiska.



Rys. 2. Widok układu pociągowego [5]

3.2. Układ pomiaru siły inicjującej poślizg

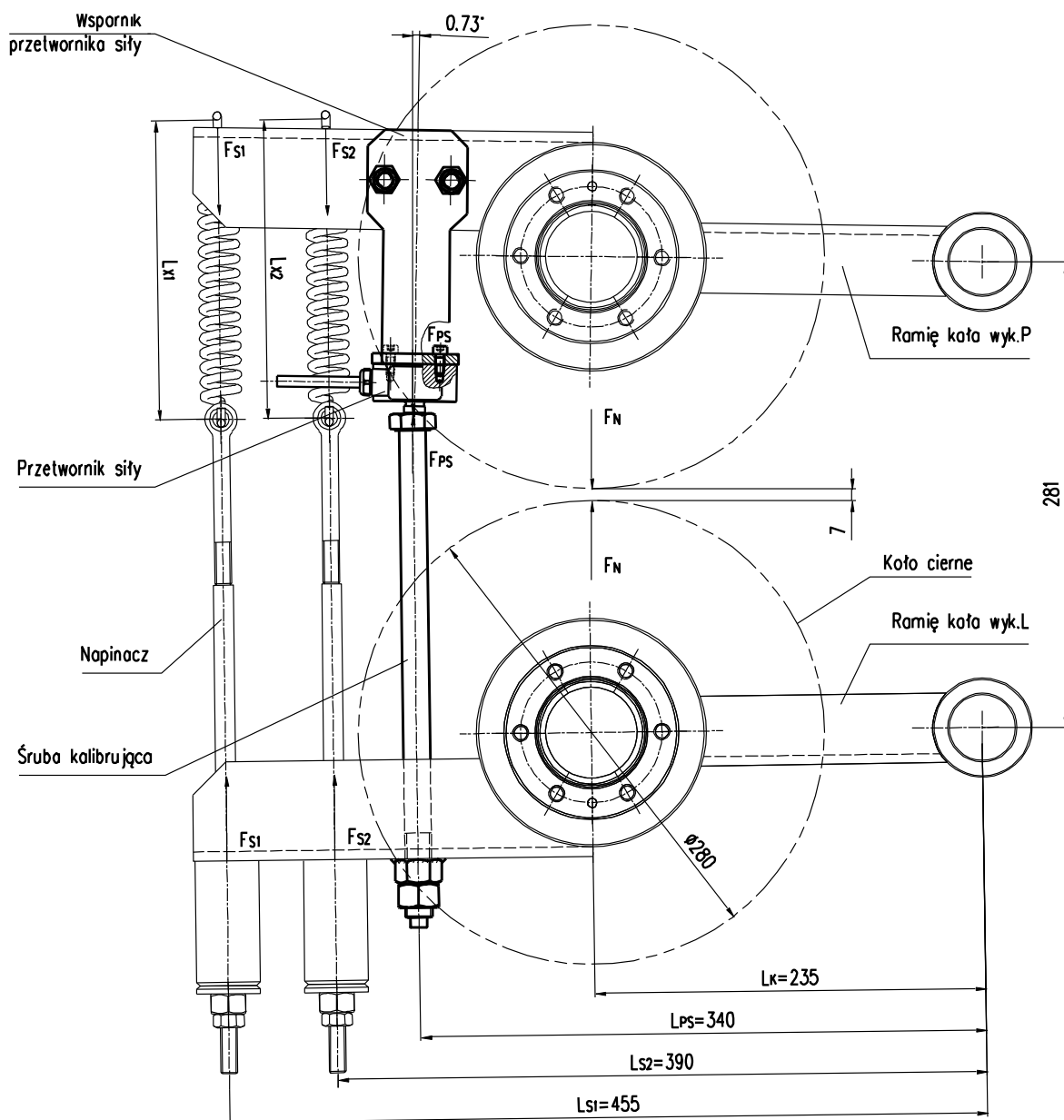
Do wywoływania siły inicjującej ruch ślizgowy urządzenia czyszczącego wykorzystano cylinder hydrauliczny tłokowy, zasilany ręczną pompą hydrauliczną, poprzez podanie ciśnienia hydraulicznego do przestrzeni podtłokowej (rys. 3). Jeden koniec cylindra przypięto do uchwyty mocującego na torze badawczym, a drugi łączył się ze sworzniem zaczepu z tyłu urządzenia czyszczącego, za pośrednictwem cięgieł. Pomiędzy cięglami wpięto tensometryczny przetwornik siły o zakresie znamionowym 20 kN, który służył do pomiaru siły inicjującej poślizg F_p . Wartości tej siły rejestrowano na komputerze pomiarowym.



Rys. 3. Widok elementów układu do pomiaru siły tarcia [5]

3.3. Układ pomiaru siły docisku kół

W urządzeniu czyszczącym MUC-2 docisk kół ciernych do środka szyny wywołwany jest poprzez naciągnięcie obu sprężyn napinacza. Dysponując danymi katalogowymi zastosowanych sprężyn, ich siłę naciągu można było w przybliżeniu wyliczyć, dokonując pomiaru ich długości pod obciążeniem [3]. W celu dokładnego wyznaczenia siły docisku kół ciernych do szyny podwieszanej zdecydowano się na wykonanie układu pomiarowego z tensometrycznym przetwornikiem siły. Zabudowano go pomiędzy ramionami kół, mocując do wspornika w przestrzeni pomiędzy napinaczami a obudowami węzłów łożyskowych osi kół ciernych (rys. 4). Na głowicę pomiarową przetwornika siły naciskał łeb śruby kalibrującej, która umożliwiała precyzyjną regulację szczeliny pomiędzy kołami ciernymi, odpowiadającej grubości środka szyny.



Rys. 4. Układ do pomiaru siły docisku [1]

Siła docisku kół ciernych do środka szyny F_N związana jest z siłą rejestrowaną na przetworniku siły F_{PS} zależnością:

$$F_N = F_{PS} \cdot \frac{L_{PS}}{L_K} = F_{PS} \cdot \frac{340}{235} = F_{PS} \cdot 1,44681 \quad (3)$$

gdzie:

L_{PS} – odległość osi przetwornika siły od osi sworznia ramienia koła [mm]

L_K – odległość osi koła ciernego od osi sworznia ramienia koła [mm]

Błąd pomiaru, związany z odchyleniem kątowym osi przetwornika siły od kierunku działania siły F_{PS} wynoszący 0,73 stopnia, dla zastosowanego przetwornika nie przekraczał 0,015% i w obliczeniach został pominięty. Ewentualny moment zginający, wynikający z niecentrycznego punktu przyłożenia obciążenia, kompensowany był przy użyciu wielu punktów pomiarowych rozmieszczonych na obwodzie obrotowo-symetrycznego przetwornika siły.

4. Przebieg badań

Badaniu skuteczności czyszczenia szyn podwieszonych poddano nowe, sprawne technicznie mobilne urządzenie czyszczące MUC-2, dostarczone przez producenta tj. Biuro Techniczno-Handlowe Waldemar Korolew. Zakres badań obejmował: nastawienie siły docisku, wyznaczenie średniej siły oporu pracy urządzenia, pomiary siły inicjującej poślizg kół ciernych na szynie czystej, zabrudzonej i oczyszczonej, w dostępnych trybach pracy urządzenia MUC-2 oraz wyznaczenie współczynnika tarcia statycznego kół ciernych na szynie. Dodatkowo przeprowadzono ocenę skuteczności czyszczenia wspomaganego spryskiwaniem.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach – dla maksymalnej i nominalnej siły docisku kół ciernych do środka szyny.

4.1. Nastawienie siły docisku kół ciernych

W celu dokładnej nastawy siły docisku kół ciernych na potrzeby badań potrzebna była znajomość średniej grubości środka szyny, zmierzona w różnych miejscach toru badawczego. Dokonano pomiarów za pomocą suwmiarki cyfrowej, uzyskując średnią wartość $g = 6,5$ mm.

Po wysunięciu kół ciernych urządzenia czyszczącego poza szynę toru badawczego, pokręcając śrubą kalibrującą układu pomiarowego, nastawiono wielkość szczeliny pomiędzy tymi kołami (umieszczono szczelinomierz o grubości 6,5 mm).

Po usunięciu szczelinomierza pomiędzy kół ciernych, łeb śruby kalibrującej zaczął przenosić na grzybek tensometrycznego przetwornika sumaryczną siłę napięcia, pochodzącą od dwóch sprężyn naciągowych, zachowując przy tym odległość ramion kół, identyczną jak na torze badawczym.

Pokręcając śrubami nastawnymi napinaczy zwiększano napięcie sprężyny naciągowych do wartości $F_{PS} = 2411,0$ N, odpowiadającej średniemu napięciu każdej ze sprężyn $F_S = 970,0$ N. Stanowiło to 88% maksymalnego obciążenia użytych sprężyn naciągowych, wynoszącego $F_{Sn} = 1110$ N.

Wyliczona ze wzoru (3) wartość siły docisku kół ciernych do środka szyny wyniosła $F_N = 3488$ N.

4.2. Wyznaczenie średniej siły oporu pracy urządzenia

W dokumentacji technicznej podano analityczne wyliczenie mocy potrzebnej na pokonanie oporów pracy urządzenia MUC-2 [3]. W badaniach postanowiono wyznaczyć doświadczalnie średnią siłę oporu pracy urządzenia dla wszystkich trybów pracy:

- praca w trybie jałowym,
- czyszczenie tylko zgarniaczami,
- czyszczenie tylko szczotkami walcowymi,
- czyszczenie szczotkami walcowymi ze zgarniaczami.

Badania sił oporu przeprowadzono na używanych szynach suchych, ze śladami rdzy. Koła cierne, szczotki oraz zgarniacze nie wykazywały zużycia, a docisk sprężyną gazową szczotki walcowej do środka szyny wyregulowano. Wykonano serię pomiarów, dla każdego z trybów pracy urządzenia. Urządzenie czyszczące ciągnięte było siłownikiem hydraulicznym z wolno narastającą siłą pociągową, zadaną ręczną pompą hydrauliczną. Zabudowany w układzie pociągowym tensometryczny przetwornik siły mierzył wartości siły pociągowej wzdłuż drogi pomiarowej, równej skokowi siłownika $s = 325$ mm.

4.3. Siła inicjująca poślizg kół ciernych na szynie

W kolejnym etapie badań dokonano pomiaru siły inicjującej poślizg zablokowanych kół ciernych urządzenia MUC-2 po nieoczyszczonej szynie podwieszanej (rys. 5), dla różnych warunków sprzężenia ciernego:



Rys. 5. Blokada zakładana na przekładnię urządzenia MUC-2 do badania siły inicjującej poślizg kół ciernych [2]

- szyna sucha,
- szyna mokra,
- szyna pokryta wilgotną mieszaniną pyłu węglowego i kamiennego.

Zastosowana siła docisku kół ciernych wynosiła $F_N = 3488$ N.

Sztuczne zabrudzenie szyny uzyskiwano poprzez nałożenie na jej środek wodnej mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego.

Następnie przeprowadzono pomiary siły inicjującej poślizg na szynie oczyszczonej z mazistej substancji za pomocą urządzenia MUC-2, dla trzech trybów czyszczenia:

- tylko zgarniaczami,
- tylko szczotkami walcowymi,
- szczotkami walcowymi ze zgarniaczami.

Po każdej serii badań myto i osuszano tor badawczy oraz urządzenie czyszczące.

W trakcie czyszczenia urządzenie MUC-2 poruszało się na odcinku pomiarowym toru badawczego z prędkością $v = 1,3$ m/s. Wizualne efekty czyszczenia szyn przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Efekty wizualne czyszczenia szyn z wodnej mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego [2]

4.4. Czyszczenie szyn wspomagane wodą

Mając na uwadze dalsze prace rozwojowe nad urządzeniem MUC-2, postanowiono zbadać skuteczność czyszczenia szyn wspomagane wodą. Do tego celu zastosowano instalację wodną ze stożkowymi dyszami, które zamocowano na zgarniaczach urządzenia czyszczącego MUC-2, za pośrednictwem uchwyty nożowych przykręconych do uchwyty magnetycznych. Strumień wody, o natężeniu przepływu $Q = 1$ l/min w każdej z dwóch dysz, kierowany był obustronnie na zabrudzony środek szyny przed wirujące szczotki walcowe (rys. 7). Siła docisku kół ciernych wynosiła $F_N = 3488$ N, a pracujące urządzenie MUC-2 poruszało się na odcinku pomiarowym toru badawczego z prędkością $v = 1,3$ m/s.



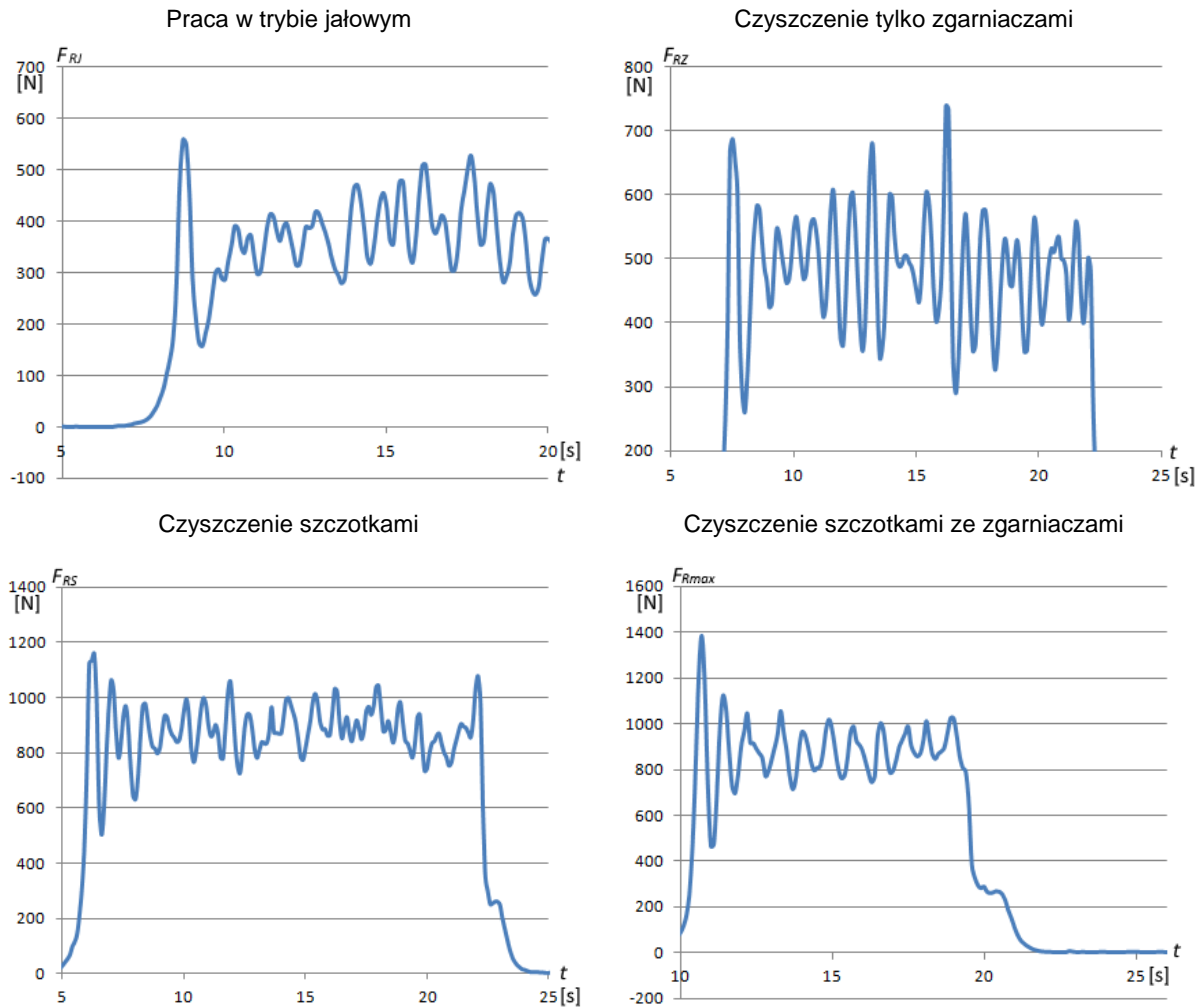
Rys. 7. Czyszczenie szyny z wodnej mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego szczotkami wspomaganymi wodą [2]

Na tak oczyszczonej szynie dokonano pomiaru siły pociągowej.

5. Wyniki badań

5.1. Średnia siła oporu pracy urządzenia

Wartość siły pociągowej, mierzone z częstotliwością próbkowania wynoszącą 10 Hz, dobraną do dynamiki zjawiska, zarejestrowano na komputerze pomiarowym (rys. 8). Wznoszące odcinki krzywej przebiegu obciążenia odpowiadały stanowi spoczynku urządzenia czyszczącego, gdy wartość siły pociągowej jest mniejsza od wartości siły oporu ruchu urządzenia w danym trybie pracy. Moment wprowadzenia urządzenia w ruch reprezentowany był przez górne wierzchołki krzywej, gdzie wartość siły pociągowej odpowiadała maksymalnej sile oporu ruchu urządzenia. Odcinkom pracy urządzenia w danym trybie czyszczącym odpowiadały opadające odcinki krzywej, które osiągają minimum w chwili zatrzymania urządzenia na szynie.



Rys.8. Zarejestrowane opory pracy urządzenia MUC-2 w różnych trybach pracy [opracowanie własne]

Do wyznaczenia średniej siły oporu pracy urządzenia czyszczącego w danym trybie pracy obliczono średnią arytmetyczną z dziesięciu wartości sił odpowiadających kolejnym górnym wierzchołkom na danym wykresie, pomijając wierzchołki wtórne [6]. Wyniki przedstawiono w tabeli 1 i odniesiono do dwóch typowych sił uciążu F_U lokomotyw podwieszonych.

Średnie siły oporu pracy urządzenia MUC-2 dla $F_N = 3488$ [N] [opracowanie własne]

Tabela 1

Tryb pracy urządzenia MUC-2	Średnia siła oporu ruchu MUC-2		Odniesienie do F_U lokomotywy [%]	
	oznaczenie	wartość [N]	$80 \cdot 10^3$ [N]	$120 \cdot 10^3$ [N]
Praca w trybie jałowym	F_{RJ}	470,1	0,59	0,39
Czyszczenie tylko zgarniaczami	F_{RZ}	603,6	0,75	0,50
Czyszczenie tylko szczotkami walcowymi	F_{RS}	1008,4	1,26	0,84
Czyszczenie szczotkami walcowymi i zgarniaczami	F_{Rmax}	1057,9	1,32	0,88

Na opory pracy urządzenia MUC-2 w trybie jałowym składały się opory toczenia rolek nośnych, toczenia kół ciernych oraz obrotu przekładni multiplikującej. Średnia wartość siły oporu pracy w tym trybie wyniosła $F_{RJ} = 470,1$ N, czyli stanowiła $0,4\% \div 0,6\%$ siły uciągu typowej lokomotywy podwieszanej.

W trybie czyszczenia tylko zgarniaczami opory pracy urządzenia zwiększyły się o tarcie zgarniaczy o środek szyny. Średnia wartość siły oporu czyszczenia trasy suchej zgarniaczami wyniosła $F_{RZ} = 603,6$ N, czyli stanowiła $0,5\% \div 0,8\%$ siły uciągu lokomotywy.

Tryb czyszczenia samymi szczotkami walcowymi zwiększał opory pracy, w stosunku do pracy urządzenia w trybie jałowym, o tarcie wirujących szczotek o środek szyny. Średnia wartość siły oporu czyszczenia trasy suchej szczotkami walcowymi wyniosła $F_{RS} = 1008,4$ N, co stanowiło $0,8\% \div 1,3\%$ siły uciągu lokomotywy.

W trybie czyszczenia szczotkami walcowymi ze zgarniaczami występowały maksymalne opory pracy urządzenia. Średnia wartość siły maksymalnego oporu czyszczenia trasy suchej szczotkami walcowymi ze zgarniaczami wyniosła $F_{Rmax} = 1057,9$ N, co pochłaniało $0,9\% \div 1,3\%$ siły uciągu lokomotywy.

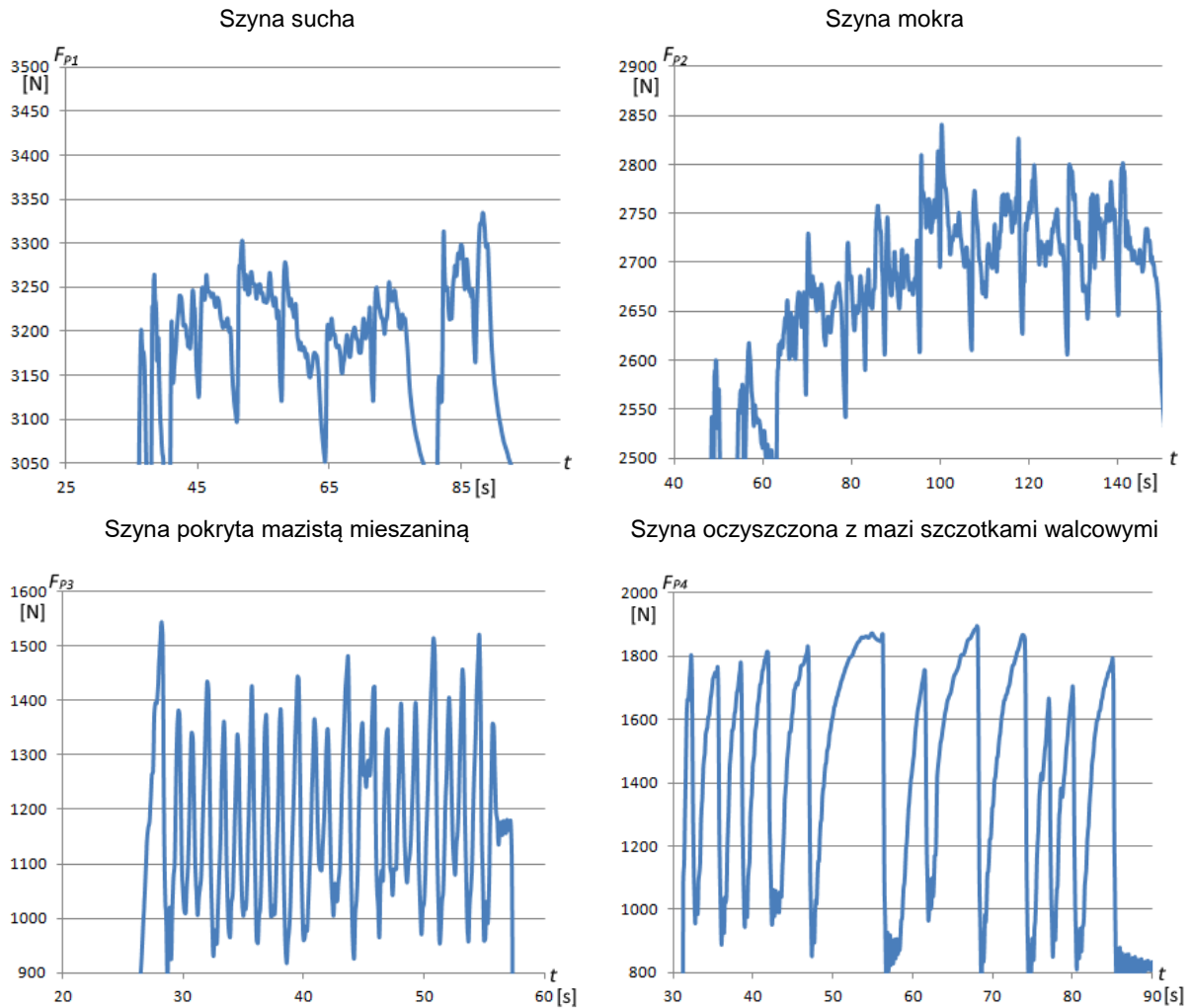
Badania średniej siły oporu pracy urządzenia czyszczącego MUC-2 powtórzono dla mniejszej siły docisku kół średnich $F_N = 2084,3$ N. Otrzymane wyniki były zgodne z przedstawionymi w tabeli 1, z dokładnością od $+1,9$ do $1,4\%$. Można było zatem przyjąć, że siła docisku kół ciernych w urządzeniu czyszczącym MUC-2 nie miała wpływu na siłę oporu jego pracy.

Ponieważ współczynnik tarcia w warunkach suchych osiągał największe wartości, zatem opory pracy urządzenia mierzone dla poszczególnych trybów pracy urządzenia były maksymalne i w warunkach rzeczywistych nie powinny być przekroczone. Przedstawione wyniki zmierzonych średnich sił oporu pracy urządzenia MUC-2 ułatwią wyliczenie strat energii lokomotywy podwieszanej zużytych na oczyszczanie trasy jezdnej.

Wyznaczono również siłę oporu rolek tocznych F_{RT} , po uprzednim rozłączeniu sprzężenia ciernego kół z szyną za pomocą śruby kalibrującej. Jej średnia wartość w trzech seriach pomiarów wyniosła $F_{RT} = 80,9$ N, czyli nie przekraczała $0,1\%$ siły uciągu typowej lokomotywy pociągowej.

5.2. Średnia siła inicjująca poślizg kół ciernych na szynie

Wartości siły pociągowej, mierzone z częstotliwością próbkowania wynoszącą 10 Hz, dobraną dla dynamiki zjawiska, zarejestrowano na komputerze pomiarowym i zilustrowano na wykresach (rys. 9). Górne wierzchołki krzywej reprezentowały siłę tarcia statycznego w chwili zainicjowania poślizgu zablokowanych kół ciernych po szynie, podczas gdy wierzchołki dolne odpowiadały punktom zakończenia ruchu ślizgowego, w których dochodziło do ponownego sprzężenia ciernego.



Rys. 9. Zarejestrowane siły inicjujące poślizg kół ciernych na szynie w różnych warunkach tarcia [opracowanie własne]

Średnią wartość siły inicjującej poślizg kół ciernych po szynie wyznaczono jako średnią arytmetyczną z dziesięciu wartości sił odpowiadających kolejnym górnym wierzchołkom na danym wykresie, z pominięciem wierzchołków wtórnych [6]. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Oprócz wartości średnich w tabeli 2 podano również wartości minimalne siły inicjującej poślizg.

Średnie siły inicjujące poślizg kół ciernych po szynie dla $F_N = 3488$ [N] [opracowanie własne]

Tabela 2

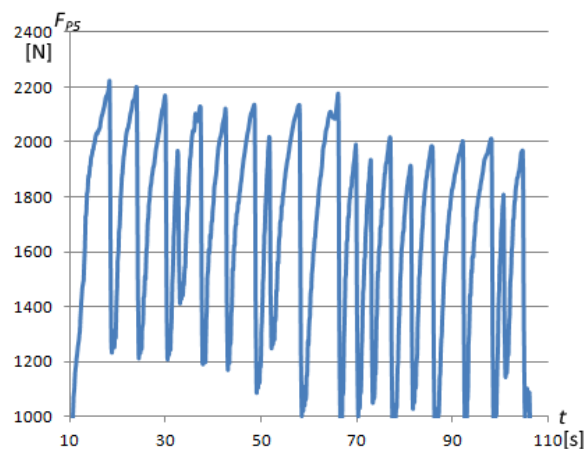
Warunki sprzężenia pary cierniej	Siła inicjująca poślizg			Odchylenie siły minimalnej od średniej [%]
	oznaczenie	średnia [N]	minimalna [N]	
Szyna sucha	F_{P1}	3248,5	3202,0	1,43
Szyna mokra	F_{P2}	2673,5	2600,4	2,73
Szyna pokryta mazistą mieszaniną	F_{P3}	1403,9	1338,5	4,66
Szyna oczyszczona z mazi szczotkami walcowym	F_{P4}	1815,0	1756,4	3,23

Czyszczenie samymi zgarniaczami prowadziło do pocienienia warstwy mazi pokrywającej średnik szyny i następnego rozprowadzenie jej na szynę czystą. W przypadku czyszczenia szyny szczotkami walcowymi ze zgarniaczami nie stwierdzono wyraźnego zwiększenia wartości siły inicjującej poślizg w stosunku do wariantu czyszczenia wyłącznie szczotkami walcowymi.

5.3. Średnia siła inicjująca poślizg przy czyszczeniu wspomaganym wodą

Wartość siły pociągowej, zmierzonej na szynie oczyszczonej szczotkami wspomaganymi wodą zarejestrowano na komputerze (rys. 10).

Wyznaczona średnia wartość siły inicjującej poślizg kół ciernych na szynie oczyszczonej z wodnej mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego za pomocą szczotek walcowych wspomaganym wodą wyniosła $F_{PS} = 2131,5$ N.



Rys. 10. Zarejestrowana siła inicjująca poślizg kół ciernych na szynie oczyszczonej szczotkami wspomaganymi wodą [opracowanie własne]

5.4. Wyznaczenie współczynnika tarcia statycznego kół ciernych na szynie

Miarą skuteczności pracy urządzenia do utrzymywania torowisk podwieszonych jest zwiększenie wartości współczynnika tarcia pomiędzy kołami ciernymi urządzenia a średnikiem szyny podwieszanej. Współczynnik tarcia statycznego μ wyznaczono z zależności (2) z uwzględnieniem wzorów (1) i (3):

$$\mu = \frac{F_T}{F_N} = 0,34559 \cdot \frac{F_P - F_{RT}}{F_{PS}}$$

gdzie:

F_P – zmierzona wartość siły inicjującej poślizg [N]

F_{RT} – zmierzona wartość siły oparu rolek tocznych [N]

F_{PS} – zmierzona wartość siły docisku [N]

Wyniki obliczeń zebrano w tabeli 3.

Średnie wartości współczynnika tarcia statycznego dla różnych warunków sprzężenia ciernego
[opracowanie własne]

Tabela 3

	Szyna sucha	Szyna mokra	Szyna pokryta mazią	Szyna oczyszczona z mazi szczotkami	Szyna oczyszczona z mazi szczotkami wspomaganymi wodą
Współczynnik tarcia	0,45	0,37	0,19	0,25	0,29
Zwiększenie współczynnika tarcia				32 [%]	53 [%]

Mobilne urządzenie czyszczące MUC-2 w czasie badań usuwało ze środków szyn podwieszonych znaczącą ilość naniesionej na nie wodnej mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego, zwiększając współczynnik tarcia statycznego pomiędzy kołami ciernymi a szyną z wartości $\mu_3 = 0,19$ do wartości $\mu_4 = 0,25$, czyli o 32%.

Badanie czyszczenia szyn wspomaganie wodą wykazało dalszy wzrost współczynnika tarcia statycznego do wartości $\mu_5 = 0,29$, a więc o 53%.

6. Podsumowanie

Podczas badań wyznaczono średnie siły oporu ruchu urządzenia czyszczącego MUC-2 we wszystkich jego trybach pracy. Ich wartość odniesiona do siły uciągu typowej lokomotywy podwieszanej to 0,4% ÷ 0,6% w trybie jałowym oraz maksymalnie 0,9% ÷ 1,3% podczas czyszczenia szczotkami walcowymi ze zgarniaczami. Wskazuje ona na możliwość stosowania urządzenia równoległe z prowadzeniem normalnych prac transportowych.

Na siłę oporu pracy urządzenia nie miała wpływu siła docisku jego kół ciernych.

W badaniach wyznaczono siły inicjujące poślizg kół ciernych urządzenia na szynie w różnych warunkach sprzężenia pary cierniej, od szyny suchej, poprzez mokrą, pokrytą wodną mieszaniną pyłu węglowego i kamiennego, po szynę oczyszczoną z tej mazi. Zaobserwowano, że im lepsze były warunki sprzężenia ciernego tym mniejsze było odchylenie zmierzonej siły minimalnej od wartości siły średniej.

Na podstawie wyznaczonych wartości średnich sił inicjujących poślizg wyliczono odpowiednie średnie wartości współczynników tarcia statycznego. Najlepsze warunki sprzężenia ciernego, $\mu_1 = 0,45$, występowały dla szyny suchej, najgorsze zaś, $\mu_3 = 0,19$, dla szyny pokrytej mazią. Usunięcie jej szczotkami walcowymi urządzenia MUC-2 zwiększyło wartość współczynnika tarcia statycznego o 32% do wartości $\mu_4 = 0,25$. Nie stwierdzono wyraźnej poprawy przy załączonych dodatkowo zgarniaczach. Zastosowanie czyszczenia szyn z mazi szczotkami wspomaganymi wodą wykazało wzrost współczynnika tarcia do $\mu_5 = 0,29$, czyli o 53%. Jego wartość w dalszym ciągu jest mniejsza od współczynnika tarcia $\mu_2 = 0,37$ na szynie mokrej, która nie była wcześniej zabrudzona. Zwiększenie współczynnika tarcia statycznego uznano za miarę skuteczności czyszczenia szyn.

Stwierdzono, że istnieje zależność pomiędzy wartością siły inicjującej poślizg od zawartości wody w mieszaninie pyłu węglowego i kamiennego. Nie prowadzono jednak badań nad ilościowym określeniem wpływu wilgoci zawartej w mazi na współczynnik tarcia kół ciernych o szynę. Zaobserwowano, że przy mniejszej wilgotności mazi pokrywającej

środek szyny, mierzona siła inicjująca poślizg przed i po czyszczeniu była wyższa. Zwiększenie siły tarcia statycznego na szynie oczyszczonej notowano niezależnie od zawartości wody w mieszaninie.

Urządzenie czyszczące MUC-2 poprawia warunki sprzężenia ciernego występujące na mokrej i śliskiej trasie, co podnosi bezpieczeństwo prowadzonych prac transportowych i redukuje ryzyko ześlizgnięcia się lokomotywy na upadzie.

Zastosowanie urządzenia do czyszczenia pokrytych wodną mieszaniną pyłu węglowego i kamiennego odcinków trasy przekłada się na zwiększenie rzeczywistej siły uciągu, bez zwiększania siły docisku oraz umożliwia podniesienie masy transportowanej i kąta pokonywanych upadów.

Urządzenie MUC-2 może pozwolić na zmniejszenie siły docisku kół napędowych lokomotywy, a tym samym na podwyższenie ich żywotności.

Literatura

- [1] Czerniak D. i in.: Stanowisko badawcze do oceny skuteczności czyszczenia szyn podwieszonych. Praca statutowa, ITG KOMAG, Gliwice, lipiec 2017 (materiały niepublikowane)
- [2] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG
- [3] Dokumentacja techniczna Mobilne urządzenie czyszczące MUC-2. ITG KOMAG, Gliwice 2016 – 2017 (materiały niepublikowane)
- [4] Korolew W., Czerniak D., Szkudlarek Z.: Mobilne urządzenie typu MUC do oczyszczania środka szyny trasy kolejek podwieszonych. Maszyny Górnicze 2016, nr 4, s. 44-57
- [5] Rybka A., Talarek M.: Budowa stanowiska badawczego do oceny skuteczności czyszczenia szyn podwieszonych. Sprawozdanie Laboratorium Badań Stosowanych ITG KOMAG, Gliwice, sierpień 2017 (materiały niepublikowane)
- [6] Rybka A., Talarek M.: Przeprowadzenie oceny skuteczności czyszczenia szyn podwieszonych przez urządzenie Czyszczące MUC-2. Sprawozdanie Laboratorium Badań Stosowanych ITG KOMAG, Gliwice, sierpień 2017 (materiały niepublikowane)

Czy wiesz, że

...wierciarka COP MD20 firmy Atlas Copco, globalnego lidera w produkcji sprzętu wiertniczego, wykorzystywana jest do prac przy podziemnym wierceniu skał. To nowej generacji urządzenie zapewnia możliwość osiągnięcia dotychczasowej prędkości postępu prac wiertniczych oraz pozwala na dwukrotne wydłużenie okresu pracy pomiędzy planowymi przerwami remontowymi. Wiertarkę opracowano we współpracy z niemiecką firmą Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, która dostarczyła własne systemy uszczelnień hydraulicznych, wykorzystujące najnowsze materiały konstrukcyjne, w tym stopy o znacznie zwiększonej wytrzymałości i trwałości eksploatacyjnej.

Mining Report. Glückauf 2018 nr 1 s.84