

Andrzej POPOWICZ
Andrzej SANETRA

STANOWISKO DO DYNAMICZNYCH BADAŃ WÓZKÓW HAMULCOWYCH

Streszczenie. Spełnienie warunków, jakie narzucają "Dyrektywy europejskie", wymaga prowadzenia szczegółowych badań wózków hamulcowych kolejek podwieszanych. W ślad za tymi dyrektywami trwają prace przy opracowaniu polskiej normy dotyczącej wymagań. W Głównym Instytucie Górnictwa opracowano i wykonano stanowisko do dynamicznych badań wózków hamulcowych kolejek podwieszanych.

TEST STAND FOR DYNAMIC TESTING OF BRAKING CARS

Summary. Fulfilment of the conditions imposed by the "European guidelines" requires conducting the detailed test on the braking cars of the suspension railways. Following these guidelines the work is under way at preparing the Polish standard relating to these requirements. Special stand has been designed and produced at the Central Mining Institute for dynamic testing of the braking cars of suspension railways.

1. WSTĘP

Wózki hamulcowe do kolejek podwieszanych, a także spagowych, będące elementem zabezpieczenia przed możliwością zaistnienia wypadku w procesie transportu materiałów i ludzi w podziemiach kopalń zostały z nazwy wyszczególnione w Załączniku IV pkt 13 pt. "Maszyny do prac pod ziemią", rodzajów maszyn, do których powinna być stosowana procedura, o której mowa w art. 8 pkt 2 "Dyrektywy europejskiej tzw. nowego podejścia (maszynowej) nr 89/392/EEC".

W związku z tym podjęte zostały prace przygotowujące zaplecze naukowo-badawcze górnictwa do spełnienia warunków, jakie narzuca ta "dyrektywa", a w ślad za nią wymagania szczegółowe dotyczące wózków hamulcowych do kolejek podwieszanych.

2. CHARAKTERYSTYKA TRANSPORTU KOPALNIANEGO

Kolejki podwieszane w procesie najszerzej pojętego transportu kopalnianego stanowią rolę służebną głównie w zakresie transportu wyposażenia technicznego w oddziałach przodkowych.

Ilość maszyn, urządzeń elementów do obudowy chodników i ścian jest bardzo znaczna, a transport kołowy na spągu wymaga starannego utrzymania spągu w należyтым porządku, co nie zawsze jest możliwe. Poza tym torowisko na spągu znacznie uszczupla i tak ograniczoną ilość miejsca w chodnikach oddziałowych.

Podwieszane szyny kolejki na łukach obudowy chodnikowej lub kotwiach w stropie, nie uszczuplając szerokości chodnika pozwalają stosunkowo wygodnie dostarczyć do przodka nawet bardzo ciężkie urządzenia.

Rozbudowana sieć chodników przodkowych dopasowuje się do układów geologicznych pokładów węgla, są to więc przeważnie chodniki pofałdowane, a często nawet silnie nachylone. Na takich nachyleniach oscylujących nawet w granicach 30° od poziomu zabezpieczenie transportu wozu po spągu liną ciągnioną kołowrotem w praktyce sprowadza się do stosowania łapaczy typu "stasch" umieszczonych w torowisku, a będących jedynie iluzją zabezpieczenia uciekającego wozu kopalnianego. Natomiast przy transporcie kolejką podwieszaną w miarę skuteczne zabezpieczenie stanowią wózki hamulcowe, których układy hamulcowe wyzwala się samoczynnie po przekroczeniu nastawionej prędkości granicznej, nie pozwalając na uzyskanie niebezpiecznej prędkości podczas niekontrolowanego staczania się wózków nośnych kolejki podwieszanej.

Każde niekontrolowane staczanie się po nachylonej trasie zestawu transportowego kolejką podwieszoną jest sytuacją awaryjną i nie powinno się do niej dopuścić. Jak wskazuje praktyka górnicza, sytuacje takie niestety występują, a do wiadomości szerszego grona docierają w zasadzie tylko wtedy, gdy efektem końcowym jest wypadek z ludźmi lub poważniejsza awaria.

Sprawne zadziałanie wózka hamulcowego to zatrzymanie staczającego się zestawu transportowego, zanim niebezpiecznie się rozpędzi. Jednocześnie sprawny wózek to taki, który nie zadziała bez potrzeby.

Każde zadziałanie wózka hamulcowego w sposób dynamicznie niebezpieczny oddziałuje poprzez szynę jezdnią i jej zawiesia na miejsca podwieszenia - czyli z reguły na łuki stropowe obudowy chodnika, a poprzez nie na całe odrzwia obudowy.

Wyniki takich badań w GIG, a także Instytutu VVUU- Ostrawa - Radwanice w Czechach zamieszczono i omówiono w artykule zamieszczonym w miesięczniku WUG nr 6 (46)/98. Widać z nich, że przy dynamicznym hamowaniu zestawu kolejowego wózkiem hamulcowym obciążenia zawiesi wzrastają nawet kilkakrotnie, co w przypadku podwieszenia na łukach obudowy może spowodować awaryjne wyrabowanie odrzwi obudowy chodnikowej.

3. WYMAGANIA DOTYCZĄCE BADAŃ WÓZKÓW HAMULCOWYCH

Stosunkowo młoda dziedzina, jaką jest (na tle historii rozwoju górnictwa) transport kolejkami podwieszanymi, nie może się na razie pochwalić ustalonymi od lat ścisłymi wymaganiami odnośnie do wózków hamulcowych.

Wózków tych w kopalniach w Polsce zostało wprowadzonych kilkaset sztuk. Ile z tych czynnych w eksploatacji jest niesprawnych, wymagających remontu lub po remoncie, ale nie sprawdzonych, jest trudne do ścisłego określenia.

Wymagania odnośnie do wózków hamulcowych były przedmiotem kilku kolejnych wersji "wytycznych", których opracowanie bazowało na doświadczeniach z eksploatacji. Ostatecznie powstał projekt normy PrPN-G-46860 opracowany w ramach prac Normalizacyjnej Komisji Problemowej nr 148, której zapisy skorygowane podczas ankiety adresowanej zostały przesłane do ustanowienia przez PKN pod tytułem "Kopalniane koleje szynowe. Wózki hamulcowe. Wymagania". Wymagania tam zawarte mają jeden z najistotniejszych zapisów, który w pkt. 2.8 brzmi następująco: "Siła hamowania wózka hamulcowego powinna być taka, aby w trakcie hamowania minimalnej granicznej masy transportowej nie wywołała opóźnienia hamowania większego niż $9,81 \text{ m/s}^2$, a przy hamowaniu maksymalnej dopuszczalnej masy transportowej opóźnienia mniejszego niż 1 m/s^2 ".

Zapis ten narzuca więc konstruktorom wózka ściśle określenie, do jakich zestawów o masie od do i na jakim maksymalnym nachyleniu dany wózek z racji swojej siły hamowania może służyć.

W świetle tego wymagania podanie w DTR danego wózka statycznej siły hamowania, to znaczy siły, jaką trzeba przyłożyć, aby ruszyć z miejsca zahamowany wózek, jest mało przydatne.

Konieczna jest znajomość "dynamicznej siły hamowania" - a więc oporu jaki stawia jadący i zahamowany wózek przesuwany się po szynie w stanie zahamowanym, pchany lub ciągniony rozpędzoną masą zestawu transportowego kolejki.

W praktyce oznacza to potrzebę wykonania takich urządzeń badawczo-pomiarowych, które na takie pytania potrafią jednoznacznie odpowiedzieć i to zarówno w stosunku do wózka fabrycznie nowego, jak i dla wózka po remoncie w zakładzie remontowym i w warsztacie kopalnianym.

W wyniku prac Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach wykonany został prototyp takiego urządzenia na terenie kopalni "Powstańców Śląskich" i tam też przeprowadzono pierwsze próby i doświadczenia.

Zachęcające wyniki tych doświadczeń zaowocowały wykonaniem projektu stanowiska badawczego zbudowanego przez ZBUiAND i zainstalowanego obecnie w GIG. W trakcie instalacji wprowadzono oczywiście szereg innowacji i zmian dotyczących w szczególności systemu pomiarowo-rejestrującego.

4. OPIS NOWEGO STANOWISKA DO DYNAMICZNYCH SYMULACYJNYCH BADAŃ

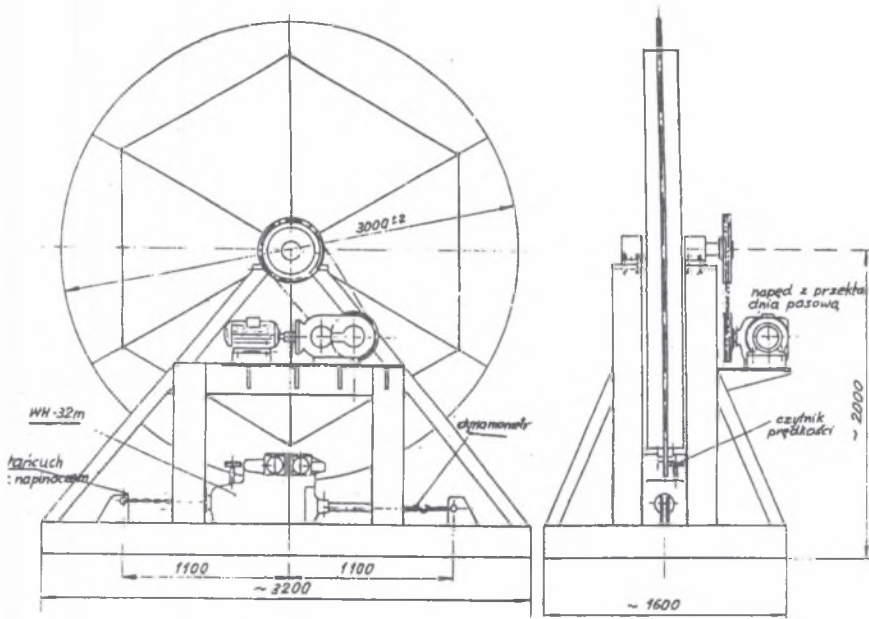
Wzorując się na prototypie stanowiska z KWK "Powstańców Śląskich", wykonano projekt techniczny stanowiska badawczego spełniającego zarówno wymagania możliwości badawczych, jak również przystosowany do ustawienia w warunkach lokalowych, którymi dysponuje GIG.

Założono, aby stanowiskiem było urządzenie, które nie wymaga specjalnego fundamentu ani zakotwienia, by transport badanych wózków bezpośrednio z samochodu nie wymagał wysiłku fizycznego obsługi. Badania mają być prowadzone niezależnie od czynników atmosferycznych. Jest oczywiste, że badane wózki nie mogą być poddane przeciążeniom niszczącym, a ewentualne złe jego zadziaływanie lub niezadziaływanie nie może powodować jakichkolwiek zagrożeń BHP.

Powstało więc stanowisko zbudowane z typowych elementów stalowych, jak kształtowniki i blachy. Typowa przekładnia oraz sprzęgło i silnik elektryczny zostały adaptowane z przenośnika Skat.

Koło zamachowe posiadające grzebień z blachy 8 mm ma średnicę 3 000 mm i łożyskowane jest na dwóch łożyskach umocowanych na mocnej i stabilnej ramie, a ta ustawiona na betonowej posadzce hali badawczej posiada od spodu gładką płytę blaszaną.

która spełnia dwa zadania: po pierwsze, eliminuje do minimum opór tarcia kółek platformy podkładowej pod badany wózek, po drugie, pozwala na utrzymanie czystości, a ewentualne wycieki powstające przy pompowaniu wózka łatwo jest usunąć.



Rys. 1. Stanowisko do dynamicznych badań wózków hamulczych
Fig. 1. Test stand for dynamic testing of braking cars

Napęd silnikiem elektrycznym uruchamiany jest przyciskiem "zał." i przekazywany jest na wał koła zamachowego w sposób elastyczny za pomocą przekładni pasowej. Takie rozwiązanie niezależnie od uzyskania łagodnego rozruchu i stopniowego nabierania prędkości obrotowej przez koło zamachowe zabezpiecza napęd przed dynamicznym oddziaływaniem gwałtownie hamowanego szcękami wózka koła. Zwłoka w wyłączeniu energii elektrycznej zasilającej silnik napędowy wynikająca z reflexu prowadzącego próbę nie stanowi w tych warunkach żadnego zagrożenia tak dla ludzi prowadzących badania, jak i dla urządzenia, a także jest obojętna na zapis wyników próby.

Do kompletu stanowiska należy platforma pod badany wózek, na którą wprost z samochodu podnośnikiem widłowym wstawia się przeznaczony do badań wózek hamulcowy. Platforma ta jest wyposażona w cztery niezależne ustawiane kierunkowo łożyskowane kółka

stalowe, na których bez wysiłku wózek można wtoczyć w miejsce pod kołem zamachowym.

Wózek ustawiony na platformie może praktycznie bez tarcia przemieszczać się wzdłuż swej osi w przód i tył.

Wózek hamulcowy ustawiony jest pod kołem zamachowym w ten sposób, że swymi szczękami obejmuje blaszany grzebień koła zamachowego i zostaje zamocowany z jednej strony ciągnem łańcuchowym, a z drugiej strony rzymską śrubą umocowaną do tensometrycznego przetwornika siły i w ten sposób jest przygotowany do przeprowadzenia badań.

5. ROZRUCH STANOWISKA

Badania kontrolne wózków hamulcowych prowadzi się zazwyczaj na stanowiskach wyposażonych w tor jezdny nachylony pod kątem $\alpha = 20^\circ$, na którym w wyniku samostaczania się wózka przy określonej prędkości powinien zadziałać ogranicznik prędkości powodujący zahamowanie wózka. Takie działania są w zasadzie tylko próbą działania, a wynikiem próby jest pomiar śladu hamowania na stojącej szynie kolejki podwieszanej wózka hamulcowego samego lub z masą obciążającą kolejkę.

Do badań dynamicznych skonstruowano w GIG stanowisko uruchomione początkowo na terenie KWK "Powstańców Śląskich", w którym wózek hamulcowy jest nieruchomy. natomiast wirująca tarcza powoduje zadziałanie układu wyzwalającego wózek. W oparciu o uzyskane doświadczenia ruchowe przy uruchamianiu tego stanowiska skonstruowano i wykonano w GIG nowe stanowisko usytuowane w hali VI, które początkowo było wyposażone w układ pomiarowy stosowany podczas rozruchu stanowiska w KWK "Powstańców Śląskich", wykonany przez "PRACELWAG" Gliwice i oparty na komputerze IBM PC 386, w którym elektroniczny układ pomiarowy zlokalizowano w jednostce centralnej. Podstawowe funkcje systemu były realizowane przez program gig.exe.

W celu zapewnienia bezawaryjnej pracy układu pomiarowo-rejestrującego oraz uzyskania stabilnej pracy przetworników zakupiono w firmie Hottinger Baldwin Messtechnik w pełni nowoczesny, przenośny, cyfrowy wzmacniacz tensometryczny "SPIDER8" oraz pakiet oprogramowania "CATMAN" współpracujący z programem WINDOWS '95 umożliwiający obsługę wzmacniacza oraz zbieranie i opracowanie danych pomiarowych.

Przeprowadzony rozruch stanowiska pozwolił sprawdzić założone parametry stanowiska, jak prędkość obrotowa tarczy, czas rozruchu, zachowanie się wózka podczas hamowania oraz

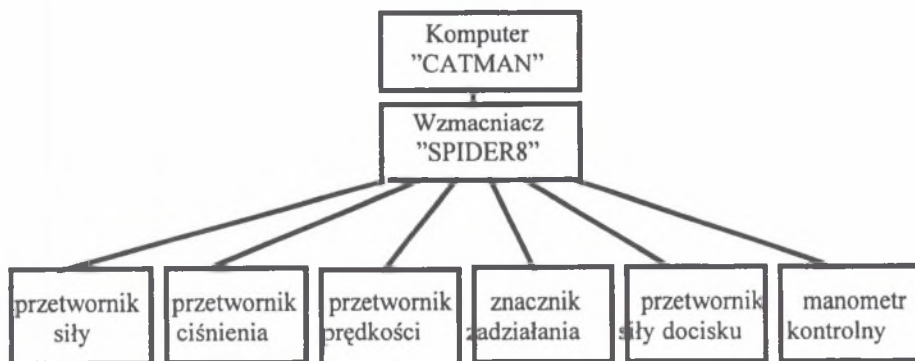
nowy układ pomiarowo-rejestrujący. W konsekwencji opracowano nową procedurę badawczą, która zostanie zgłoszona do akredytacji w PCBC.

6. UKŁAD POMIAROWY STANOWISKA

Zgodnie z założeniami [1,3] system pomiarowy stanowiska powinien zapewnić pomiar:

- siły hamowania,
- siły zwierania szczęk hamulcowych,
- czasu wyzwania działania wózka,
- szczelności układu hydraulicznego,
- prędkości obrotowej wyzwacza oraz drogi hamowania (kąta obrotu tarczy).

Badane parametry narzuciły konieczność zastosowania nowoczesnej aparatury pomiarowej w postaci cyfrowego wzmacniacza "SPIDER8", klasy 0.1, firmy Hottinger Baldwin Messtechnik (Niemcy), zdolnej zmierzyć i zarejestrować poszczególne parametry z częstotliwością do 1 kHz. Wzmacniacz ten może współpracować z tensometrycznymi przetwornikami w układzie pełnego i pół mostka, z czujnikami indukcyjnymi i oporowymi. jak również można rejestrować temperaturę za pomocą termopar typu J, K, T, S oraz termometrów oporowych Pt100. Do obsługi, zbierania oraz obróbki danych zakupiono opracowany w firmie Hottinger specjalny pakiet oprogramowania "CATMAN", który znacznie rozszerzył możliwości obsługi sprzętu i opracowywania wyników pomiarów.



Rys.2. Układ pomiarowy
Fig.2. The measuring system

Układ pomiarowy stanowiska do dynamicznych badań wózków hamulcowych (rys. 2) składa się:

- z zestawu pomiarowo-rejestrującego obejmującego komputer klasy IBM PC i cyfrowego wzmacniacza,
- z tensometrycznego przetwornika siły hamowania wózka pomiarowego,
- z impulsowego przetwornika prędkości,
- ze znacznika zadziałania układu hamującego,
- z tensometrycznego przetwornika ciśnienia,
- z przetwornika siły docisku szczęk hamulcowych,
- z kontrolnego manometru.

Tensometryczny dynamometr zamocowany jest pomiędzy ramą nośną stanowiska a wózkiem umieszczonym na platformie na rolkach w osi pionowej tarczy koła zamachowego (rys.1). W przypadku zadziałania układu hamowania szczęki hamulcowe zostaną dociśnięte do obracającej się tarczy i sygnał z tensometrycznego przetwornika siły proporcjonalny do siły hamowania zostanie zarejestrowany w funkcji czasu rzeczywistego w pamięci układu pomiarowego.

Tarcza impulsowego przetwornika prędkości przylega do tarczy koła zamachowego i obraca się proporcjonalnie do prędkości liniowej wirującej tarczy. Przekazywane impulsy do układu elektronicznego, a następnie do wzmacniacza przetwarzane są na sygnał proporcjonalny do prędkości liniowej.

Znacznik zadziałania układu hamulcowego zamocowany jest do obudowy układu hydraulicznego i w przypadku przekroczenia określonej prędkości powoduje zadziałanie sprzęgła odśrodkowego, którego obrót powoduje zwarcie styku i podanie impulsu do układu pomiarowego.

Tensometryczny przetwornik ciśnienia zabudowany jest w układzie hydraulicznym cylindrów powodujących pod wpływem określonego ciśnienia odblokowanie układu hydraulicznego. W przypadku zadziałania sprzęgła odśrodkowego zadziała zawór zwalniający, nastąpi spadek ciśnienia rejestrowany w układzie pomiarowym i pod wpływem pakietu sprężyn talerzowych szczęki zostają dociśnięte do środka szyny toru jezdny w przypadku omawianego stanowiska do blachy tarczowego koła.

Określenie czasu reakcji od momentu zadziałania sprzęgła odśrodkowego poprzez początek spadku ciśnienia w układzie hydraulicznym do czasu pojawienia się siły hamującej charakteryzuje poprawność działania układu hamulcowego wózka.

Odrębnym zagadnieniem są badania siły zwierania szczęk hamulcowych. Wytyczne [1] nie określają sposobu pomiaru tych sił. W jednostce certyfikującej wyroby GIG opracowano prototyp przetwornika, który został poddany badaniom. W oparciu o te badania dokonano zmian konstrukcyjnych przetwornika i zgłoszono go Urzędowi Patentowemu RP jako projekt wynalazczy pod nr P-326 409 w celu uzyskania patentu na rzecz GIG. Unikalność rozwiązania polega na tym, że przetwornik z uwagi na konstrukcję wózka hamulcowego musi posiadać grubość 18 mm, a element sprężysty stanowi czasza wykonana ze stali sprężynowej. Przetwornik ten w celu pomiaru siły zwierania szczęk hamulcowych umieszcza się pomiędzy tłokami wózka hamulcowego. Po uruchomieniu zaworu zwalnającego następuje spadek ciśnienia powodujący pod wpływem sprężyn docisk tłoków do przetwornika. Wartość siły w funkcji czasu rejestrowana jest w układzie pomiarowo-rejestrującym.

7. WNIOSKI KOŃCOWE

Przygotowany do ustanowienia przez PKN projekt polskiej normy PrPN-G-46860 dotyczący wymagań wózków hamulcowych kopalnianych kolejek podwieszanych przewiduje konieczność przeprowadzania badań zarówno fabrycznie nowych wózków hamulcowych, jak i po remontach i awariach wykonanych w zakładach naprawczych i warsztatach kopalnianych.

Wybudowanie odpowiednich stanowisk badawczych z uwagi na olbrzymie koszty zarówno konstrukcji samego stanowiska, jak i zakupu aparatury przekracza możliwości poszczególnych warsztatów. Skonstruowane i wykonane w Głównym Instytucie Górnictwa nowe stanowisko do dynamicznych badań wózków hamulcowych, wyposażone w nowoczesną cyfrową aparaturę pomiarowo-rejestrującą, pozwoli prowadzić wszelkie badania wózków hamulcowych, nie niszcząc ich struktury, sprawdzać i zarejestrować w pamięci komputera ich parametry ruchowe, wykonać odpowiedni wydruk zarejestrowanych parametrów i w efekcie poprawić bezpieczeństwo pracy pod ziemią.

LITERATURA

1. Wytyczne dotyczące metodyki badań kontrolnych wózków hamulcowych szynowych kolejek podwieszanych i spagowych oraz stanowisk do tych badań wydane przez Centrum Badań i Dozoru Technicznego Górnictwa Podziemnego, Ośrodek Rzeczoznawstwa i Dozoru Urządzeń Górniczych. Mysłowice, czerwiec 1994 r. (Wydanie drugie zmienione).

2. Miesięcznik WUG: "Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie" nr 6(46)/98 - artykuł pt. "Wpływ górniczych kolejek podwieszanych na obudowę chodnikową".
3. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa. Wózek hamulcowy WH-32m. PIOMA SA Piotrków Trybunalski.
4. Popowicz A. i inni: "Opracowanie metod i projektów stanowisk do badań i certyfikacji pod względem bezpieczeństwa pracy i ergonomii maszyn i środków ochrony pracowników zgodnie z wymogami Wspólnoty Europejskiej" - Zadanie badawcze pt. "Metody i stanowiska badań certyfikacyjnych maszyn na szynach: lokomotyw, wózków hamulcowych i innych do prac pod ziemią". Projekt Badawczy Zamawiany Nr BPZ/0001/S4/92. Lipiec 1993 r. Sprawozdanie z pracy badawczej Głównego Instytutu Górnictwa, praca publikowana tylko na potrzeby zamawiającego oraz GIG.

Recenzent: Dr hab.inż. Marek Sitarz
Prof. Politechniki Śl.

Abstract

Fulfilment of the conditions imposed by the "European guidelines" requires conducting the detailed test on the braking cars of the suspension railways. Following these guidelines the work is under way at preparing the Polish standard relating to these requirements. Special stand has been designed and built at the Central Mining Institute for dynamic testing of the braking cars of suspension railways. The designers based on the promising results of the tests on the prototype stand constructed, by their own means, at the Powstańców Śląskich mine. The new stand at the CMI was slightly modified after the initial experience, relying mainly on an improvement of the measuring-recording system. The present stand is being prepared to obtain the status of the accredited laboratory at the Polish Centre for Testing and Certification.