ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: TRANSPORT z. 54 Nr kol. 1656

Adam OSIAK

UWARUNKOWANIA TECHNICZNE ZASTOSOWANIA KOMPOZYTOWYCH WSTAWEK HAMULCOWYCH W WAGONACH TOWAROWYCH

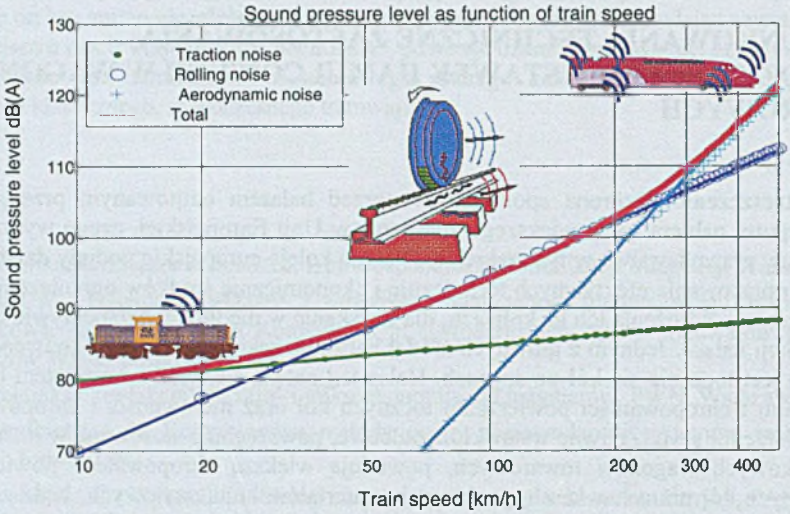
Streszczenie. Ochrona społeczeństwa przed hałasem emitowanym przez środki transportu nabiera coraz większego znaczenia w Unii Europejskiej, czego wyrazem są zmiany prawodawstwa w tym zakresie. Dlatego koleje europejskie podjęły działania w celu opracowania efektywnych technicznie i ekonomicznie środków ograniczenia emisji hałasu i wdrożenia ich na kolejach, dla uzyskania w niedługiej perspektywie istotnej redukcji hałasu. Jednym z głównych źródeł hałasu w zakresie prędkości konwencjonalnych jest toczenie się kół po szynach. Hałas ten natęża się wraz ze wzrostem błędów kształtu i chropowatości powierzchni tocznych kół oraz nierówności i chropowatości powierzchni szyn. Żeliwne wstawki hamulcowe, powszechnie stosowane w hamulcach klockowych wagonów towarowych, powodują większą chropowatość powierzchni tocznych kół niż wstawki z organicznych materiałów kompozytowych, bądź ze spieków proszków metali. Zastąpienie wstawek żeliwnych wstawkami z kompozytów prowadzi do znacznego obniżenia poziomu hałasu emitowanego w ruchu towarowym (o 8...10 dB(A) przy prędkości 100 km/h). W artykule przedstawiono działania dla poznania, zbadania i rozwiązania problemów technicznych, związanych z zastąpieniem żeliwnych wstawek hamulcowych materiałami kompozytowymi.

TECHNICAL CONDITIONS OF THE PLASTIC BRAKE SHOE USED IN FREIGHT CARS

Summary. Society protection against the noise from the means of transport is more and more important in the European Union, and subsequently it causes the change in law. That is why the European railways have taken actions in order to work out the effective technical and economic means limiting the noise, implementing of it at the railways, in order to obtain in the nearest future the noise reduction. One of the noise source, in conventional speeds, is the wheel rolling. This noise intensifies together with the increase of the shape mistakes and roughness of the rails. Coast iron brake shoe, which are commonly used in block freight cars, cause the bigger roughness of the wheel rolling than the brake shoe made of organic plastic. The replacement of the coast iron brake shoe lead to the substantial decrease of the noise level from (8…10 Db(A) by the speed 100km/h). This article focuses on the activities in order to get know, to examine and to solve the technical problems connected with the replacement of the coast iron brake shoe with plastic brake shoe.

1. WSTĘP

Walka z hałasem emitowanym przez środki transportu nabiera coraz większego znaczenia także na kolejach. Jednym z głównych źródeł hałasu w zakresie prędkości konwencjonalnych jest toczenie się koła po szynie (rys. 1). Hałas ten natęża się wraz ze wzrostem błędów kształtu powierzchni tocznej koła (owal, mimośrodowość, poligonizacja) oraz chropowatości powierzchni tocznych kół, jak również nierówności i chropowatości powierzchni szyn.



Rys. 1. Źródła i poziomy hałasu transportu kolejowego w funkcji prędkości [4]
Fig. 1. Railway exterior sound sources and typical dependence on train speed [4]

Żeliwne wstawki hamulcowe, powszechnie stosowane w wagonach towarowych, powodują powstawanie drobnych nalepów materiału w wyniku hamowania, spowodowanych mikrozespawaniami materiałów wstawek i kół, i tym samym zwiększają chropowatość powierzchni tocznych kół. Chropowatość ta jest większa niż w przypadku stosowania wstawek klocków hamulcowych z organicznych materiałów kompozytowych bądź ze spieków proszków metali.

Jak wykazały badania, zastąpienie wstawek żeliwnych wstawkami z materiałów kompozytowych prowadzi do znacznego obniżenia poziomu hałasu emitowanego w ruchu towarowym (redukcja emisji hałasu pociągu towarowego przy prędkości 100 km/h o 8...10 dB(A)) [5].

W celu wprowadzenia do eksploatacji produktu mającego zastąpić konwencjonalne wstawki żeliwne przewidziane są dwie następujące drogi postępowania:

1. W pojazdach nowych - zastosowanie wstawek z materiałów typu K, o nominalnym współczynniku tarcia 0,25 [7], znacznie wyższym niż współczynnik tarcia wstawek żeliwnych, ale mniej zróżnicowanym w zależności od prędkości hamowania i obciążeń niż w przypadku wstawek żeliwnych;
2. W wagonach już eksploatowanych - zastosowanie wstawek typu LL, o charakterystyce ciernej zbliżonej do charakterystyki wstawek żeliwnych, które mogłyby zastąpić konwencjonalne wstawki z żeliwa szarego, możliwie bez konieczności wprowadzania jakichkolwiek zmian w układach hamulcowych wagonów.

Zanim to nastąpi, trzeba zbadać wcześniej szereg problemów i znaleźć rozstrzygnięcia techniczne, dotyczące m. in. następujących zagadnień:
- Zagwarantowania wymaganej skuteczności hamulca (drogi hamowania);
- Zapewnienia drogi hamowania we wszystkich warunkach meteorologicznych;
- Zagwarantowania braku negatywnego wpływu kompozytowych wstawek hamulcowych na funkcjonowanie urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego (bocznikowanie obwodów prądów szynowych);
- Zapewnienia bezpieczeństwa ruchu mieszanych składów pociągów, złożonych z wagonów hamowanych wstawkami kompozytowymi oraz wagonów ze wstawkami żeliwnymi;
- Zagwarantowania nieprzeciążania termicznego koła jezdnego w przypadku awarii (zablokowania) hamulca;
- Niezwiększenia całkowitych kosztów zakupu, utrzymania i eksploatacji wagonów towarowych (koszty LCC).

2. CHARAKTERYSTYKI RÓŻNYCH TYPÓW WSTAWEK HAMULCOWYCH

2.1. Żeliwne wstawki hamulcowe

Wagony towarowe kolei UIC wyposażone są najczęściej w hamulce klockowe z żeliwnymi wstawkami hamulcowymi. W ciągu wielu lat konstrukcja i działanie tych hamulców podlegały dostosowywaniu do zmieniających się parametrów ruchu i warunków zastosowań. Hamulce te są niezawodne, tanie i wystarczające pod względem energetycznym do dotychczasowych zastosowań (ruch z obciążeniami osiowymi do 22,5 t i prędkościami do 120 km/h), aczkolwiek już niewystarczające przy większych obciążeniach. Hamulce klockowe są w dużym stopniu standaryzowane, gdyż ich obsługa w ruchu międzynarodowym musi być szybka, niezawodna i bezpośrednia.

Żeliwo zostało zastosowane jako materiał cierny w hamulcach pojazdów kolejowych przed wielu laty i, poza pewnymi modyfikacjami składu, nie było istotnie zmieniane. Stosowane w ruchu międzynarodowym standardowe wstawki z żeliwa gatunku P10 cechują się własnościami typowymi dla tego materiału - współczynnik tarcia jest silnie zależny od mocy hamowania, tj. od stanu załadowania wagonu i prędkości początkowej hamowania (jest wyższy w hamowaniach w stanie próżnym i z mniejszych prędkości, a niższy w stanie ładownym i w hamowaniach z wyższych prędkości), a ponadto zmienny w funkcji chwilowej prędkości hamowania - wzrasta ze spadkiem prędkości pojazdu, najsilniej przed zatrzymaniem.

Jednocześnie wstawki żeliwne cechują się stosunkowo małą zmiennością własności ciernych w zależności od warunków atmosferycznych, takich jak wilgoć, śnieg, niskie temperatury - co jest ich pozytywną cechą.

Ponadto, kontrola jakości produkcji jest łatwa i nie wymaga badań trybologicznych (wystarczą badania składu i struktury) [10].

2.2. Kompozytowe wstawki hamulcowe typu K

Kompozytowe wstawki hamulcowe typu K używane są na niektórych kolejach już od wielu lat. Jednak ze względu na niekorzystne cechy dalsze rozpowszechnianie „starych" materiałów typu K w ruchu międzynarodowym, poza dotychczasowymi zastosowaniami, zostało zakazane [8].

W wyniku intensywnych prac badawczo-rozwojowych, prowadzonych w ostatnich latach w ramach programu UIC dotyczącego ograniczenia hałasu, opracowano nowe wymagania odnośnie do tych materiałów i doprowadzono do powstania kilku materiałów nowej generacji, które osiągnęły pełną dojrzałość do zastosowania eksploatacyjnego i zostały dość dobrze zbadane w eksploatacji [2]. Opracowano także nowe wytyczne projektowania wagonów towarowych ze wstawkami typu K, ich eksploatacji, nadzoru i utrzymania [6].

Własności kompozytowych wstawek hamulcowych typu K są odmienne niż wstawek żeliwnych. Materiały te mają współczynnik tarcia na ok. dwukrotnie wyższym poziomie (nominalnie 0,25) niż wstawki żeliwne i mniej zależny od obciążenia pojazdu oraz prędkości początkowej hamowania. Powoduje to, że wstawki typu K nie są zamienne ze wstawkami żeliwnymi (nie mogą zostać zastosowane w istniejących wagonach bez odpowiedniego dopasowania układów hamulcowych). Dlatego też wstawki typu K przeznaczone są przede wszystkim do zastosowania w wagonach nowo budowanych.

Dotychczas homologowano jedynie dwa gatunki wstawek K z materiałów organicznych z czego jeden nie budzi żadnych zastrzeżeń. Drugi homologowany gatunek, zdaniem kolei skandynawskich, ma niezadowalające własności w warunkach zimowych i, jak okazało się, może nadmiernie przeciążać koła w przypadku nieprawidłowej pracy (niewyluzowania) hamulca. Trzeci gatunek nie uzyskał homologacji z powodu negatywnego wpływu na działanie urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego (zanik bocznikowania obwodów torowych). Według producentów opracowano nowe materiały o poprawionych własnościach, ale nie zostało to jeszcze dostatecznie zbadane i potwierdzone przez koleje.

Wraz z rozwojem większej ilości materiałów typu K możliwe będzie zawężenie dopuszczalnych tolerancji współczynników tarcia, co doprowadzi do pełnej zamienności wyrobów między sobą (dotychczas skuteczność hamulca wagonów danego typu konstrukcyjnego wyznaczana jest z określonym gatunkiem wstawek, bez gwarancji 100% spełnienia wymagań z innym gatunkiem).

2.3. Kompozytowe wstawki typu L

Kompozytowe wstawki typu L są specjalnym wyrobem o bardzo niskim współczynniku tarcia (ok. 0,12), na poziomie współczynnika tarcia wstawek żeliwnych przy małych obciążeniach, jednak o bardziej płaskiej charakterystyce w funkcji nacisków osiowych i prędkości. Ta cecha predestynuje wstawki typu L do zastosowania w taborze pasażerskim (stosunkowo małe zróżnicowanie obciążeń), ale powoduje, że nie nadają się one wprost – bez zmian w hamulcach – do zastosowania w istniejących wagonach towarowych.

2.4. Kompozytowe wstawki typu LL

Alternatywą dla wstawek żeliwnych w hamulcach klockowych istniejących wagonów towarowych mają być kompozytowe wstawki typu LL, o charakterystyce współczynnika tarcia bardzo zbliżonej do charakterystyki wstawek z żeliwa P10, co ma umożliwić zastąpienie wstawek żeliwnych bez konieczności wprowadzania jakichkolwiek zmian w układach hamulcowych.

Aby było to możliwe, współczynniki tarcia wstawek typu LL powinny być zbliżone do współczynnika tarcia żeliwa gatunku P10, tj. cechować się dużym zróżnicowaniem wartości w zależności od nacisków osiowych, prędkości początkowych hamowania i parametrów ruchu (tablica 1).

Tablica 1

Wymagane (dla prędkości 100 i 120 km/h) oraz pożądane (dla prędkości 30 i 60 km/h) wartości średniego współczynnika tarcia wstawek typu LL w badaniach stanowiskowych, w warunkach suchych. Obustronne hamowanie koła klockami dwuwstawkowymi [3]

Symulowane obciążenie	v_0 [km/h]	F_B [kN]	$\mu_{m\ min}$ [-]	$\mu_{m\ max}$ [-]
Wagony próżne do ruchu S i SS (obciążenie 2,5 t na koło)	30	16	0,30	0,36
	60	16	0,21	0,23
	100	16	0,17	0,19
	120	16	0,16	0,18
Wagon ładowny do ruchu S (obciążenie 11,25 t na koło)	30	60	0,19	0,23
	60	60	0,12	0,15
	100	60	0,09	0,11
	120	60	0,08	0,10
Wagon ładowny do ruchu SS (obciążenie 11,25 t na koło)	30	100	0,18	0,21
	60	100	0,11	0,13
	100	100	0,08	0,10
	120	100	0,07	0,09

Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że wraz ze zmniejszeniem chropowatości powierzchni tocznych kół w wyniku zastosowania kompozytowych wstawek hamulcowych zmniejszeniu ulega też współczynnik przyczepności kół do szyn (w mniejszym stopniu w przypadku wstawek typu K, więcej przy zastosowaniu wstawek typu LL z materiałów organicznych, gdzie być może występuje efekt smarowania powierzchni tocznych kół przez składniki materiału obniżające współczynnik tarcia do wymaganego poziomu). Stawia to dodatkowe wymagania co do przebiegów współczynnika tarcia podczas hamowań, tak aby nie dochodziło do utraty przyczepności kół do szyn i w efekcie do poślizgów kół (szczególnie szkodliwych na początku hamowania, przy większych prędkościach), powodujących powstawanie płaskich miejsc.

Ponadto, ze względów bezpieczeństwa ruchu, od materiałów typu K i LL wymaga się małej zależności współczynnika tarcia od warunków atmosferycznych (wilgoć, śnieg, niskie temperatury).

Rozwój wstawek typu LL był przedmiotem projektu Eurosabot zrealizowanego w ramach 5 Programu Ramowego UE i zakończonego w 1999 r. bez doprowadzenia do powstania wstawek tego typu, nadających się do zastosowania. Obecnie rozwój wstawek LL jest przedmiotem projektu ERS (Euro Rolling Silently), prowadzonego także w ramach ww. Programu Ramowego, przy współfinansowaniu przez UIC, z udziałem europejskich kolei i producentów oraz instytutów naukowo-badawczych.

Zaoferowane przez producentów materiały pierwszej generacji nie spełniły postawionych wymagań. Spośród materiałów drugiej generacji, na podstawie różnorodnych badań stanowiskowych i poligonowych, do badań eksploatacyjnych wybrano dwa gatunki - jeden ze spieków proszków metali i jeden z materiału organicznego. Trwają prace badawczo- rozwojowe nad dalszymi gatunkami wstawek LL.

Na wiosnę 2005 r. oczekiwane jest tymczasowe dopuszczenie na dwa lata do zastosowania w wagonach przeznaczonych do komunikacji RIV co najmniej dwóch gatunków wstawek typu LL.

2.5. Homologacja materiałów ciernych

Międzynarodowe wymagania odnośnie do żeliwnych wstawek hamulcowych określono w Karcie UIC 832 [7]. Dopuszczenia wstawek żeliwnych różnych producentów do stosowania na kolejach dokonywane jest przez zainteresowane koleje albo przez odpowiednie narodowe organy decyzyjne.

Materiały cierne z materiałów kompozytowych (okładziny hamulców tarczowych oraz wstawki hamulców klockowych) muszą zostać dopuszczone (homologowane) przez Międzynarodowy Związek Kolei UIC do stosowania w hamulcach pojazdów użytkowanych w ruchu międzynarodowym bądź przez odpowiednie urzędy narodowe do stosowania na liniach kolejowych danego kraju. Wynikiem ww. projektów badawczych dotyczących rozwoju kompozytowych wstawek hamulcowych typu K i LL ma być opracowanie nowych wymagań homologacyjnych i doprowadzenie do homologacji kilku materiałów ciernych każdego typu. Dalsze materiały cierne będą musiały być homologowane staraniem zainteresowanych producentów i współpracujących z nimi kolei.

3. PROBLEMY TECHNICZNE ZWIĄZANE Z ZASTOSOWANIEM WSTAWEK KOMPOZYTOWYCH

Zastąpienie wstawek żeliwnych w hamulcach klockowych wagonów towarowych materiałami kompozytowymi jest ingerencją w system hamulcowy, optymalizowany i sprawdzony w eksploatacji przez wiele lat i dlatego wymaga kompleksowego zbadania pod różnymi względami. Problemami technicznymi wymagającymi rozwiązania są:

- Spadek własności ciernych materiałów organicznych w warunkach mokrych oraz zaśnieżenia (skłonność do poślizgu wodnego) - konieczność badań stanowiskowych każdego materiału ciernego wg specjalnego programu „mokrego" oraz kosztownych poligonowych badań hamulcowych w warunkach zimowych w Skandynawii (duże ilości lotnego śniegu przy ujemnych temperaturach) - do czasu opracowania i walidacji odpowiedniego „zimowego" stanowiskowego programu homologacyjnego;
- Inna charakterystyka przebiegu chwilowego współczynnika tarcia na początku hamowania w przypadku wstawek kompozytowych, co powoduje zagrożenie występowania poślizgów kół w warunkach wilgoci i oszronienia szyny – konieczność postawienia dodatkowych wymagań odnośnie do przebiegu chwilowego współczynnika tarcia w trakcie hamowań z różnymi parametrami;
- Zmniejszenie współczynnika przyczepności kół do szyn w stosunku do wstawek żeliwnych (mniejsze w przypadku wstawek typu K, większe w przypadku wstawek LL);
- Możliwość negatywnego wpływu na działanie urządzeń sygnalizacji zajętości toru (zanik bocznikowania obwodów prądów szynowych) – konieczność badania każdego gatunku wstawek pod kątem współdziałania z urządzeniami SRK stosowanymi na sieci kolejowej, na której mają być zastosowane (badania poligonowe do czasu opracowania i walidacji innej metodyki badań);
- Zwiększone (o ok. 30 %) obciążenia cieplne kół w wyniku hamowania kompozytowymi wstawki z materiałów organicznych, co może powodować luzowanie obręczy kół obręczowanych, bądź nadmierne przeciążenia termiczne kół monoblokowych, zwłaszcza w

ruchu SS, prowadzące do powstawania pęknięć cieplnych na powierzchniach tocznych, wzrostu naprężeń w wieńcach kół i odkształceń kół oraz niebezpieczeństwa pękania kół;
- Nadmierna odporność termiczna wstawek kompozytowych i ich większa agresywność termomechaniczna w stosunku do kół - brak efektu bezpiecznika polegającego na zużywaniu się wstawek bez nadmiernego wzrostu temperatury, w przypadku wadliwej pracy (niewyluzowania) hamulca;
- Zwiększone zużycie powierzchni tocznych kół, co wymaga częstszego reprofilowania i skraca okresy eksploatacji kół, a przez to zaburza istniejące systemy utrzymania wagonów i negatywnie wpływa na całkowite koszty wdrożenia systemu;
- Skłonność materiałów ciernych do powstawania wtrąceń metalicznych, mogących powodować rowkowania powierzchni tocznych kół;
- Odmienne charakterystyki cierne wstawek typu K w stosunku do wstawek żeliwnych, co może ujemnie wpływać na zachowanie dynamiczne mieszanych składów pociągów, złożonych z wagonów hamowanych wstawkami kompozytowymi oraz żeliwnymi;
- Niepełna zamienność wstawek tego samego typu K, ale różnych gatunków – konieczność dalszego zacieśnienia dopuszczalnych tolerancji współczynników tarcia wraz z rozwojem większej liczby materiałów ciernych typu K;
- Bardziej skomplikowana bieżąca kontrola własności ciernych poszczególnych partii produkcyjnych niż wstawek żeliwnych (trybologiczne badania stanowiskowe);
- Niedostatecznie rozpoznane i zakwalifikowane rodzaje uszkodzeń, skutkujące przedwczesnymi wymianami wstawek kompozytowych;
- Klinowe zużycie wstawek z materiałów organicznych – potrzeba optymalizacji przekładni hamulcowej przy kole;
- Ustalenie obliczeniowej metody wstępnego określania masy hamującej wagonu za pomocą współczynnika „k".

4. BADANIA

W celu rozpoznania i rozwiązania ww. problemów realizuje się badania.

4.1. Badania stanowiskowe

Badania stanowiskowe mają na celu wstępne poznanie własności trybologicznych poszczególnych wyrobów, przy różnych parametrach hamowań i warunkach zastosowań oraz ich selekcję do poligonowych badań hamulcowych w wagonach i następnie - badań eksploatacyjnych.

W ramach prowadzonych prac badawczo-rozwojowych opracowano następujące programy badań stanowiskowych kompozytowych wstawek hamulcowych:
- Zasadnicze programy homologacyjne dla każdego typu wstawek (oddzielne dla wstawek K i LL);
- Program do oceny własności trybologicznych wstawek typu LL w hamowaniach odpowiadających warunkom poligonowych prób hamulcowych pojedynczego wagonu dla wyznaczenia skuteczności hamulca wagonu;
- Projekt programu do rozpoznawania własności ciernych wstawek typu K w warunkach zimowych. Jego weryfikacja nie była jednoznacznie pozytywna i trwają dalsze prace nad opracowaniem zasad badania własności ciernych w warunkach zimowych [3];
- Program do sprawdzania podatności materiałów do tworzenia wtrąceń metalicznych.

4.2. Wyznaczenie skuteczności hamulca

Poligonowe badania hamulcowe pojedynczego wagonu

Podstawowym celem poligonowych badań hamulcowych pojedynczych wagonów, wyposażonych we wstawki typu K bądź LL badanych gatunków, jest ustalenie skuteczności hamulców tych wagonów (wyznaczenie mas hamujących). Innymi celami badań było:

- Porównanie różnych gatunków wstawek i różnych układów klocków: pojedynczy klocek jednowstawkowy, podwójne klocki jedno- albo dwuwstawkowe;
- Określenie sił nacisku klocków niezbędnych dla poszczególnych klocków i obciążeń (wagon hamowany w reżimie S i SS);
- Ocena zachowania się wstawek kompozytowych w hamowaniach w obecności wody (wydłużenia dróg hamowania, przyczepność kół do szyn).

Metoda określania masy hamującej za pomocą współczynnika k

Czwarte wydanie Karty UIC 544-1 [9] umożliwia wyznaczanie mas hamujących wagonów towarowych wyposażonych we wstawki z żeliwa P10, na drodze obliczeniowej, na podstawie współczynnika „k", bez konieczności weryfikacji tak ustalonych mas hamujących w poligonowych próbach hamulcowych pojedynczego wagonu albo składu pociągu o długości 500 m.

Według tej metodyki masa hamująca jest równa:

$B_{(t)} = k \times \sum F_{dyn} / 9{,}81$

gdzie: k [-] - wyznaczony empirycznie współczynnik bezwymiarowy, którego wartość zależy od układu klocków (2xBg lub 2xBgu) i od sumy sił nacisków dynamicznych klocków (wartości podano w tablicach);

$\sum F_{dyn}$ [kN] - suma sił nacisków dynamicznych wszystkich klocków (w ruchu).

Metoda jest prosta i łatwa w zastosowaniu. W obliczeniach pomija się:

- czas wdrożenia hamowania nagłego, wynikający z działania hamulca pneumatycznego,
- czas napełniania cylindra hamulcowego,
- współczynnik tarcia między wstawką i kołem,
- opory ruchu wagonu.

Dla umożliwienia przeprowadzania wstępnych obliczeń hamulców wagonów towarowych ze wstawkami typu K podjęto prace celem wyznaczenia współczynników „k" dla takich wagonów, na podstawie istniejących wyników prób hamulcowych pojedynczych wagonów.

Dotychczasowe wyniki są następujące:

- Dla wagonów do ruchu „S", wyposażonych we wstawki typu K w układzie klocków 2xBg można znaleźć pewną zależność między masą hamującą wagonu i sumarycznym naciskiem wstawek hamulcowych. Słaba korelacja (poniżej 0,8) wynika prawdopodobnie z różnic charakterystyk ciernych gatunków wstawek pierwszej i drugiej generacji oraz z różnic w budowie wagonów;
- Stwierdzono tendencję obniżenia wartości współczynnika tarcia gatunków wstawek K drugiej generacji w stosunku do gatunków pierwszej generacji, co jeszcze bardziej oddala je od skuteczności wstawek homologowanych wg wymagań Karty 541-4 z 1991 r. [8]. Wymaga to uwzględnienia przy wyznaczaniu zdolności hamulcowych wagonów i zamiennym stosowaniu wstawek różnych generacji i gatunków;
- Dla ustalenia metody obliczania zdolności hamujących wagonów wyposażonych we wstawki K niezbędne jest dysponowanie większą bazą wyników prób hamulcowych, co umożliwi zmniejszenie wpływu typu wagonu na wyniki prób oraz uwzględnienie innych konfiguracji wstawek.

Zdolności hamowania wstawek K w warunkach wilgotności

W celu ustalenia skuteczności hamulców oraz przyczepności kół do szyn w warunkach mokrych (wilgoci) wykonywano poligonowe próby hamowań wagonów z natryskiwaniem wody na koła, zmodyfikowane w stosunku do tych określonych w Karcie 541-4 [8]. W tym celu wyposażono wagony towarowe w urządzenia przeciwpoślizgowe. Stwierdzono, że:

- Własności cierne wszystkich trzech badanych gatunków wstawek kompozytowych spadają w obecności wody w stosunku do warunków „suchych";
- Utrata zdolności hamowania jest na ogół umiarkowana, jednak w paru przypadkach wydłużenie drogi hamowania ma znaczące wartości (18,7 % do 20,1 %);
- Wstawki z żeliwa P10 wykazują w tych samych warunkach zmniejszenie dróg hamowania o 12,1 % - z prędkości 50 km/h, o11 % - z prędkości 100 km/h i o 3,7 % - z prędkości 120 km/h.

Wykorzystanie przyczepności kół do szyn w warunkach mokrych

- Urządzenia przeciwpoślizgowe nie interweniowały podczas hamowań wstawkami żeliwnymi w warunkach mokrych;
- W przypadku niektórych gatunków wstawek K dochodziło do wielokrotnego zadziałania urządzeń przeciwpoślizgowych podczas hamowań w stanie częściowo załadowanym, ze zraszaniem kół wodą bądź w deszczu;
- Poziom przyczepności kół do szyn w warunkach mokrych jest niższy w przypadku kół hamowanych wstawkami kompozytowymi niż wstawkami żeliwnymi;
- Utrata przyczepności jest bardziej wyraźna w przypadku wyższych nacisków osiowych;
- Niższy poziom przyczepności przy użyciu wstawek kompozytowych wynika prawdopodobnie z ich działania wygładzającego i z efektu smarującego ścieranych materiałów wiążących kompozytów. Duża częstość prób i wykonywanie ich w tym samym miejscu mogło mieć niekorzystny wpływ na gromadzenie się produktów ścierania na kołach i na szynach.

4.3. Jazdy na liniach ze spadkami

Próby miały na celu dostarczenie informacji nt. ruchu na długich i dużych spadkach, dotyczących:

- Bezpieczeństwa zjazdu pod względem działania hamulców;
- Niewystąpienia niedopuszczalnych zmian współczynnika tarcia, spowodowanych wpływem ciepła;
- Zachowania odpowiedniego progu odporności kół na uszkodzenia termomechaniczne (resztkowe naprężenia własne i trwałe deformacje);
- Niewystąpienia wypaleń oraz nadmiernego zużycia wstawek kompozytowych;
- Zużycia kół w porównania do zużycia kół hamowanych wstawkami żeliwnymi;
- Zmniejszenia poziomu hałasu w stosunku do kół hamowanych wstawkami z żeliwa P10.

W pierwszej kolejności przeprowadzono próby na południowym zjeździe z przełęczy Św. Gotarda **z jednorodnym pociągiem**, wyposażonym we wstawki kompozytowe typu K jednego gatunku. Zrealizowano 37 jazd próbnych, co stanowi obciążenie znacznie przewyższające średnią wartość w ruchu europejskim.

Pociąg próbny o długości około 600 m i masie 1487 t, złożony z wagonów do ruchu „S", odpowiadał pod względem masy i długości większości pociągów obecnie kursujących na tej linii.

Próby prowadzono z progresywnym wzrostem obciążeń cieplnych, tak aby uzyskać jednoznaczne informacje dotyczące zachowania termomechanicznego kół i wstawek oraz przydatności poszczególnych metod hamowania:

- Hamowania metodą „zęby piły", z użyciem hamulca dynamicznego lokomotywy;
- Hamowania metodą regulacyjną i hamulcem dynamicznym lokomotywy;
- Hamowania metodą „zęby piły" bez hamulca dynamicznego lokomotywy;
- Hamowania metodą regulacyjną bez hamulca dynamicznego lokomotywy.

Przy hamowaniu metodą „zęby piły" moc hamowania składu pociągu była wyrównana na całym zjeździe. Przy metodzie regulacji obserwowano nierównomierny rozkład mocy hamowania, rozpoznawany przez duże rozbieżności wyników poszczególnych prób.

Przy użyciu wstawek kompozytowych obserwowano wystąpienie wyższych temperatur wieńców kół i wyraźnie wyższych temperatur na powierzchniach tocznych kół niż w przypadku wstawek żeliwnych.

Wyższe temperatury wieńców kół zwiększają obciążenia termomechaniczne korpusów kół i tym samym powodują powstawanie dużych naprężeń własnych. W badanych kołach nie zanotowano jednak niebezpiecznego poziomu naprężeń własnych.

Wyższe temperatury na powierzchniach tocznych kół wywołują również wystąpienie zmiennych powierzchniowych obciążeń termomechanicznych. Podczas badań nie stwierdzono żadnych widocznych uszkodzeń powierzchni tocznych. Do oceny oddziaływania i skutków tych naprężeń w dłuższym okresie czasu w niektórych zarządach kolejowych powołano specjalne służby, badające następstwa zjazdów z przełęczy górskich na większych ilościach pojazdów.

Nawet na pojeździe poddanym najwyższym obciążeniom całkowite zużycie wstawek po wszystkich przejazdach nie przekraczało 30 % całkowitej grubości wstawki.

W żadnym przypadku nie doszło do rozgorzenia materiału ciernego.

Wyniki pomiarów dynamicznych sił stycznych nie wykazały w żadnym przypadku ani podczas hamowania na spadku, ani podczas hamowania pełnego na końcu zjazdu – istotnych niestabilności przebiegu współczynnika tarcia.

Podczas prób obserwowano złuszczenia i wtrącenia metalu we wstawkach hamulcowych, co w żadnym przypadku nie spowodowało uszkodzenia powierzchni kół. Badania eksploatacyjne powinny wykazać, na ile jest to zjawisko poważne.

Przy jeździe z prędkością 80 km/h bez hamowania pociągu wyposażonego we wstawki K uzyskano zmniejszenie emisji hałasu o około 10 dB (A) w stosunku do pociągu ze wstawkami żeliwnymi.

Wyniki prób i wypływające z nich wnioski odnośnie do bezpieczeństwa uznano za zadowalające, umożliwiające dopuszczenie do eksploatacji nadzorowanej wstawki typu K o własnościach ciernych zbliżonych do własności wstawek użytych w badaniach, we współpracy z kołami typów zastosowanych podczas badań.

W drugiej kolejności przeprowadzono próby na południowych zjazdach z przełęczy Św. Gotarda i Tauern **z niejednorodnym pociągiem** złożonym z wagonów do ruchu „S" i „SS", wyposażonych we wstawki kompozytowe typu K kilku gatunków oraz we wstawki żeliwne. Celem prób było zbadanie dynamicznego zachowania się pociągu niejednorodnego oraz obciążeń termomechanicznych kół i wstawek.

Do badań użyto wstawki typu K, pozytywnie ocenionej w badaniach stanowiskowych i w badaniach hamulcowych z odczepianiem wagonu.

Pociąg o długości całkowitej około 600 m i masie około 1330 t (wliczając w to dwa niehamowane wagony pomiarowe i lokomotywę) składał się z 30 wagonów 4- osiowych pochodzących z różnych zarządów kolejowych.

Ogółem zrealizowano 53 przejazdy próbne z różnymi procentami mas hamujących, stosując różne metody hamowania.

Okazało się, że dla osiągnięcia takiego samego opóźnienia jak w przypadku pociągu hamowanego wyłącznie wstawkami żeliwnymi potrzebne były nieco większe spadki ciśnienia w przewodzie głównym.

W przypadku używania metody regulacyjnej, z powodu odcinków poziomych między spadkami i odcinków poziomych na stacjach, na obydwu zjazdach nie udało się zachować stałej prędkości przejazdu.

Prowadzenie pociągu było bezpieczne na obu liniach.

Podczas hamowań na spadku oraz hamowań do zatrzymania na końcu trasy nie zanotowano ani jednego przypadku gwałtownego obniżenia współczynnika tarcia (utraty hamowności) lub rozgorzenia wstawek hamulcowych typu K.

Wystąpiło wydłużenie dróg pierwszych hamowań w stosunku do wymaganych wielkości, co było spowodowane niewystarczającym stanem dotarcia wstawek.

Hamowania pneumatyczne w nastawieniu P połączone z hamowaniami elektrodynamicznymi wykazały daleko idące dotrzymanie wymaganych wartości dróg hamowania, uwzględniając różne możliwości hamulców dynamicznych lokomotyw SBB i OBB.

Maksymalne temperatury na powierzchniach tocznych kół wagonów z hamulcami SS były wyraźnie wyższe niż w przypadku hamulców S. Najniższe temperatury zarejestrowano, zgodnie z oczekiwaniami, przy używaniu wstawek żeliwnych.

W przeciwieństwie do wstawek żeliwnych przy hamowaniu wstawkami K wystąpiły zmienne oddziaływania termomechaniczne na powierzchnie toczne kół.

Pomiary wykazały obniżenie poziomu emisji hałasu o około 10 dB (A) w stosunku do pociągu ze wstawkami żeliwnymi.

Badania z pociągiem niejednorodnym wykazały, że możliwe jest stosowanie wstawek kompozytowych przy zachowaniu wszystkich wymogów bezpieczeństwa, nawet w ekstremalnych warunkach eksploatacyjnych, na liniach z dużymi i długimi spadkami. Nie pozwala to jednak na dokonanie globalnej oceny całego systemu wstawek kompozytowych - to może nastąpić dopiero w wyniku oceny większej liczby różnych wyrobów na podstawie badań stanowiskowych i poligonowych oraz odpowiednio długiej eksploatacji nadzorowanej.

4.4. Badania charakterystyk hamowania w warunkach zimowych

W celu rozpoznania własności ciernych poszczególnych gatunków wstawek w obecności wody i w warunkach zimowych zrealizowano następujące próby i badania:

- Badania stanowiskowe według podstawowego programu nr 1 dla kompozytowych wstawek hamulcowych typu K, zawierającego hamowania na sucho i na mokro, w stanie próżnym i ładownym, z parametrami hamowań pełnych i ze zmniejszonymi siłami nacisku klocków. Badania wykonywano na stanowiskach należących do kolei i na stanowiskach producentów;
- Poligonowe porównawcze badania hamulcowe składu pociągu wyposażonego we wstawki typu K jednego gatunku, w warunkach suchych i w warunkach zimowych w Szwecji (w 1999 r.);
- Badania w ujemnych temperaturach na stanowiskach hamulcowych producentów (w latach 2000 i 2001);
- Próby stanowiskowe ze zwiększonym wydatkiem wody (w 2001 roku);
- Porównawcze badania hamulcowe z pojedynczym wagonem wyposażonym w kompozytowe wstawki hamulcowe różnych gatunków, na rolkowym stanowisku hamulcowym w komorze klimatycznej stacji badawczej w Wiedniu, w warunkach suchych w dodatniej temperaturze, w warunkach suchych w temperaturze –10 °C oraz z zaśnieżaniem par ciernych w temperaturze –10 °C (w 2001 r. – z kilkoma gatunkami wstawek K, a w 2003 r. – ze wstawkami typu K i LL oraz żeliwnymi);
- Uproszczone próby hamulcowe grupy 5 wagonów wyposażonych we wstawki K dwóch gatunków, w warunkach zimowych w Szwecji (w 2002 r.);

- Badania stanowiskowe siedmiu gatunków wstawek K (jeden, ze spieków metali, w obydwóch długościach wstawek) według „Programu zimowego dla kompozytowych wstawek hamulcowych typu K" na stanowiskach kolejowych i następnie na stanowiskach producentów, w latach 2002 i 2003.

Wyżej wymienione, zakrojone na szeroką skalę badania wstawek kompozytowych z materiałów organicznych i spiekanych, z symulacją warunków zimowych oraz w warunkach zimowych umożliwiły wyselekcjonowanie kilku gatunków wstawek do dalszych badań i doprowadziły do poniższych konkluzji:

- Przy ocenie czynników wpływających na własności hamulcowe należy rozróżnić warunki mokre i warunki zimowe. Warunki mokre, w postacie deszczu, nie wywołują znaczącego obniżenia współczynnika tarcia. Warunki zimowe, charakteryzujące się silnymi opadami lotnego śniegu i temperaturami bliskimi zeru oraz zawirowaniami śniegu przy wysokich prędkościach hamowania, stanowią przypadek ekstremalny;
- Ujemna temperatura otoczenia nie powoduje znaczących zmian współczynnika tarcia;
- Udowodniono, że możliwe jest osiągnięcie zadowalających własności hamulcowych w warunkach zimowych, w hamowaniach, przy których dokonuje się oceny hamulców wagonów towarowych (100 i 120 km/h), nie tylko ze wstawkami kompozytowymi ze spieków proszków metali, ale także z materiałów organicznych (jeden gatunek);
- W przypadku hamowań służbowych oraz hamowań z niższych prędkości przy stosowaniu materiałów organicznych w pewnych przypadkach należy liczyć się z wydłużeniem dróg hamowania (nawet powyżej 50 %);
- Wstawki kompozytowe ze spieków metali w całym zakresie prędkości charakteryzują się wzrostami własności ciernych w obecności wilgoci oraz śniegu - zachowując się więc podobnie jak wstawki żeliwne i nie powinny powodować żadnych problemów w warunkach zimowych;
- W razie oblodzenia powierzchni ciernych wstawek należy spodziewać się przypadków poważnego wydłużenia dróg hamowania, niezależnie od rodzaju materiału ciernego. Ponieważ powierzchnia koła współpracującego ze wstawką kompozytową jest bardziej gładka, prędkość likwidacji warstwy lodu będzie w tym przypadku mniejsza niż przy użyciu wstawek żeliwnych;
- Dopuszczalne w badaniach stanowiskowych spadki współczynnika tarcia na mokro (maksymalnie o ± 15 % od wartości w stanie suchym [8]) skutkują dużo większymi wydłużeniami długości dróg hamowania w poligonowych badaniach hamulcowych pojazdów w warunkach zaśnieżenia. Dlatego wartości te powinny w zostać ograniczone - szczególnie jeśli chodzi o dopuszczalne obniżenie współczynnika tarcia (propozycja: -5% / +15%). Dla prędkości prób do 80 km/h można by dopuścić większe tolerancje współczynnika tarcia na mokro bądź zastosować inne warunki zraszania pary ciernej;
- Do czasu ustalenia w karcie UIC 541-4 programu badań stanowiskowych, pozwalającego jakościowo ocenić własności zimowe wyrobu, dla homologacji nowego materiału proponuje się udowadnianie jego wystarczających własności ciernych w warunkach zimowych, na drodze prób poligonowych bądź w komorze klimatycznej;
- W przyszłości powinny być homologowane (dopuszczone do normalnej eksploatacji) jedynie gatunki wstawek spełniające wymagania we wszystkich warunkach pogodowych;
- Należy utrzymać konstrukcyjną rezerwę hamowności wagonów ze wstawkami K, określoną w „Wytycznych zastosowania kompozytowych wstawek hamulcowych typu K" [6], do czasu aż wszystkie używane wstawki typu K będą miały zadowalające własności w warunkach zimowych;

- W każdym przypadku używania kompozytowych wstawek hamulcowych należy przestrzegać zalecenia Kart UIC 410 i 421, dotyczące eksploatacji i obsługi hamulców pneumatycznych w zimie.

4.5. Próby eksploatacyjne wstawek K

W 2000 r. UIC dopuściło czasowo, na 3 lata, do prób eksploatacyjnych w ruchu RIV dwa gatunki wstawek K. Celem było zebranie doświadczeń odnośnie do zachowania się wstawek K i kół w różnorodnych warunkach eksploatacyjnych, na podstawie szerszej bazy danych.

W ramach czasowego dopuszczenia do ruchu RIV we wstawki typu K wyposażono około 3500 wagonów prywatnych i kolei, natomiast szczegółowym badaniom eksploatacyjnym poddano 85 wagonów z sześciu kolei.

Dotychczasowe doświadczenia z trzyletniej eksploatacji nadzorowanej kilku gatunków wstawek (gatunki nie spełniające oczekiwań wycofywano z eksploatacji, wprowadzając w ich miejsce inne; przebiegi od około 30 tys. km do 300 tys. km; zastosowanie głównie w ruchu mieszanym; konfiguracja klocków: 2xBg i 2xBgu) można podsumować jak niżej:

Wstawki hamulcowe

- Odporność na zużycie wstawek K jest znacznie wyższa niż wstawek z żeliwa P10 (od 1,7 do ponad 3 razy);
- Różnice konstrukcyjne hamulców oraz warunków eksploatacji wagonów powodują duże rozrzuty zużycia tego samego wyrobu. Dalsze różnice wynikają ze specyfiki docierania się różnych gatunków wstawek na nowych albo świeżo przetoczonych kołach;
- Nie stwierdzono znaczącego wpływu na zużycie materiału wstawek różnych konfiguracji klocków hamulcowych (2xBg lub 2xBgu);
- Z wyjątkiem jednego wyrobu, wyłączonego z badań z powodu dużej tendencji do tworzenia wtrąceń metalicznych, wszystkie pozostałe gatunki wstawek prezentowały zadowalające wyniki pod względem awaryjności;
- Niesprawności funkcjonowania hamulca pneumatycznego mogą powodować termiczne uszkodzenia wstawek hamulcowych, wymagających ich wymiany lub nawet wymagających wymiany koła;
- Ze względu na niedostateczną jeszcze wiedzę odnośnie do oceny uszkodzeń wstawek kompozytowych wymiana wstawek K odbywa się, zgodnie z dotychczasowymi kryteriami oceny zużycia i uszkodzeń wstawek żeliwnych, co często powoduje ich przedwczesną wymianę, bez osiągnięcia potencjalnych granic zużycia.

Koła

- Wszystkie koła hamowane badanymi wstawkami K wykazują zwiększone zużycie powierzchni tocznej, skutkujące zwiększeniem wysokości obrzeża, od 1,7 do 2,6 razy szybszym niż w przypadku hamowania wstawkami żeliwnymi;
- Różnice wyposażenia hamulcowego wagonów i warunków eksploatacji mają znaczący wpływ na zużycie tego samego wyrobu;
- Nie stwierdzono wpływu typu klocków hamulcowych (jedno- albo dwuwstawkowe) oraz typu koła na wielkość zużycia kół;
- Nie zaobserwowano żadnej różnicy w rozwoju naprężeń własnych w kołach hamowanych wstawkami kompozytowymi w stosunku do kół hamowanych wstawkami z żeliwa;

- Nie stwierdzono istotnych różnic odnośnie do uszkodzeń kół hamowanych wstawkami K w stosunku do wstawek żeliwnych;
- Brak nadzwyczajnych uszkodzeń wstawek (wykruszenia, pęknięcia, wtrącenia metaliczne) bądź kół (płaskie miejsca, wykruszenia, nadpęknięcia termiczne, powstawanie żłobków) – z wyjątkiem jednego gatunku wycofanego z dalszej eksploatacji;
- Niepewność oceny nieznanych dotychczas postaci zużycia i uszkodzeń mogą zwiększyć czasy postoju wagonów;
- Dla odtworzenia pełnego profilu koła hamowanego wstawkami kompozytowymi konieczne będzie prawdopodobnie głębsze toczenie koła, co może powodować zmniejszenie przebiegów do wymiany kół.

4.6. Obciążenia termomechaniczne

W postępowaniu homologacyjnym kół monoblokowych, według procedury określonej w Karcie UIC 510-5 [7], sprawdzana jest m.in. odporność kół na obciążenia termomechaniczne w wyniku hamowania hamulcami klockowymi. W pierwszej kolejności wykonuje się stanowiskowe próby hamulcowe - 10 hamowań ciągłych utrzymujących prędkość 60 km/h w czasie 45 minut, z mocą zależną od średnicy koła - i tym samym dopuszczalnych obciążeń. Hamowania realizowane są za pomocą dwóch wstawek z żeliwa P10, długości 320 mm. Moce hamowań odpowiadają największym mocom w przypadku awarii hamulca klockowego ze wstawkami żeliwnymi. Dla kół o średnicy nominalnej z zakresu 840...1000 mm jest to moc 50 kW. Dopuszczalne odkształcenia koła ustalono na maksymalnie +3mm/-1 mm w stanie gorącym oraz +1,5mm /-0,5 mm w stanie zimnym. Dopuszczalny wzrost naprężeń własnych w wieńcu nowego koła określono maksymalnie na +200 MPa (rozciąganie), a koła przetoczonego na grubość dopuszczalnego zużycia – maksymalnie +275 MPa.

Kolejne etapy obejmują badania stanowiskowe odporności koła na propagację pęknięcia oraz próby hamowań ciągłych na linii.

Podczas hamowania ciągłego z mocą 50 kW, utrzymującego prędkość 60 km/h w czasie 45 min, wstawki żeliwne ulegają zużyciu przy temperaturze wieńca koła nie przekraczającej 750°C. Wstawki odgrywają więc rolę „bezpieczników" nie przeciążając nadmiernie kół (spełniających wymagania Karty UIC 510-5) - poziom naprężeń własnych spowodowanych nadzwyczajnymi obciążeniami termomechanicznymi (spowodowanych niewyluzowaniem hamulca) nie przekracza poziomu naprężeń spowodowanych normalnymi hamowaniami ciągłymi występującymi w eksploatacji. Nie ma więc potrzeby wdrażania żadnych szczególnych przepisów utrzymania kół zgodnych z Kartą UIC 510-5, hamowanych żeliwnymi wstawkami hamulcowymi.

Jak wykazały badania całopociągowe na liniach alpejskich, przy stosowaniu wstawek kompozytowych typu K obciążenia termomechaniczne kół w normalnych hamowaniach ciągłych nie różnią się istotnie od obciążeń wywoływanych przez wstawki żeliwne.

Jednakże, w przypadku wyjątkowych obciążeń spowodowanych uszkodzeniem hamulca, zachowanie się pary ciernej koło/wstawki K jest odmienne. W rzeczywistości, degradacja wstawek kompozytowych może nastąpić, w zależności od gatunku materiału, przy temperaturze wyższej niż wstawki żeliwnej, a to oznacza, że przy wyższych obciążeniach termomechanicznych kół (temperatury od 700 °C do 950 °C na głębokości 9 mm pod powierzchnią toczną koła i od 450 °C do 700 °C w strefie przejściowej wieńca w tarczę koła) – w ekstremalnych przypadkach to koło, a nie wstawka, działa jak bezpiecznik.

W wyniku ww. konstatacji utrzymano obowiązek nadzoru kół w eksploatacji, niezależnie od ich typu, wg wymagań RIV i Karty UIC510-2, jak również wprowadzono obowiązek badania poszczególnych gatunków wstawek pod względem obciążeń termomechanicznych kół wg opracowanego programu. W dalszej perspektywie gatunki wstawek nie spełniające ww.

wymagań powinny zostać zastąpione przez gatunki nie przeciążające kół. Ma to na celu podniesienie bezpieczeństwa i rezygnację z nadzoru kół w eksploatacji.

4.7. Zużycie koła i geometria kontaktu koła z szyną

Znaczne zwiększenie zużycia powierzchni tocznych kół, hamowanych wstawkami typu K, powoduje przyrost wysokości obrzeża i przekroczenie parametrów geometrycznych wymaganych dla bezpiecznej współpracy koła z szyną. Jako środek zapobiegawczy proponowane jest zastosowanie profilu koła z obrzeżem pocienionym do ok. 30 mm, co może zrównoważyć ww. niekorzystne zjawisko bez szkodliwego wpływu na spokojność jazdy. Do definitywnego ustalenia pozostaje pocieniony profil koła zalecany do współpracy ze wstawkami kompozytowymi.

4.8. Wpływ wstawek kompozytowych na przyczepność kół do szyn

Przy użyciu wstawek kompozytowych, szczególnie z materiałów organicznych, następuje zmniejszenie możliwego do wykorzystania współczynnika przyczepności kół do szyn. Skutkuje to zwiększeniem zagrożenia wystąpienia poślizgu kół podczas hamowań pełnych w stosunku do wstawek żeliwnych, zwłaszcza w reżimie „SS".

Wymagania odnośnie do skuteczności hamulców wagonów przekładają się na następujące zapotrzebowanie dotyczące współczynników przyczepności kół do szyn:

- W stanie próżnym – 0,080...0,092;
- W stanie częściowo załadowanym – 0,080...0,084;
- W stanie ładownym – 0,057...0,070.

Wieloletnie doświadczenia pokazują, że współczynniki tarcia tocznego kół po szynach przy prędkościach 100...120 km/h są rzędu:

- 0,12 – przy stosowaniu wstawek żeliwnych;
- 0,10 – przy używaniu wstawek ze spieków proszków metali;
- 0,08 – przy stosowaniu organicznych wstawek hamulcowych typu K.

Jak widać, przy zastosowaniu wstawek z materiałów organicznych dopuszczalny i wymagany współczynnik przyczepności są tej samej wielkości i brak jest rezerwy. Krytyczne są przy tym stany „próżny" i „częściowo załadowany". W stanach tych nieprzekroczenie rzeczywistej przyczepności, i tym samym ograniczenie niebezpieczeństwa poślizgów kół, jest możliwe jedynie przy zaprojektowaniu hamulców w dolnych granicach wymaganych skuteczności.

Pozytywne doświadczenia z nowo budowanymi wagonami ze wstawkami K wykazują, że możliwe jest zmieszczenie się w zawężonych granicach. Cięższymi zadaniami będą ewentualne przebudowy istniejących wagonów towarowych pod kątem zastosowania wstawek kompozytowych typu K bądź LL, m.in. ze względu na stan przekładni hamulcowej.

4.9. Wpływ produktów ścierania na obwody torowe

Jak stwierdzono, zastosowanie kompozytowych wstawek hamulcowych może negatywnie wpływać na bocznikowanie obwodów torowych, i tym samym na działanie urządzeń SRK. Dlatego tymczasowo wprowadzono obowiązek badania wstawek pod tym kątem na linii we Francji, gdzie wystąpiły takie problemy. Ponadto, podjęto prace inwentaryzacyjne europej-

skich urządzeń SRK i nad opracowaniem stanowiskowej metody badań wstawek pod tym kątem.

4.10. Wpływ na dynamikę wzdłużną pociągu

W trakcie hamowań nagłych z niskich prędkości (rzędu 30 km/h) lub też hamowań o krótkim czasie nacisku klocków, w pociągu powstaje wzdłużna siła ściskająca na zderzakach, szczególnie w nastawieniu P. Wynika to z faktu, że hamulec pneumatyczny UIC podczas hamowań z krótkim czasem działania wywołuje żądany efekt hamowania jedynie w przedniej części pociągu. Pomimo braku równoczesności ustalenia się sił hamujących w całym składzie pociągu możliwe jest zarówno zmniejszanie, jak i zwiększanie wzdłużnych sił ściskających.

Jednym ze znanych sposobów pozwalających znacznie zredukować wzdłużne siły ściskające jest sztuczne zwiększanie czasu wzrostu sił hamujących w przedniej części składu pociągu przez wybranie nastawienia „G" hamulca w lokomotywie (tzw. hamulec G/P) bądź ewentualnie również dla pierwszych pięciu wagonów (tzw. „długa lokomotywa").

Przeprowadzone badania i obliczenia symulacyjne doprowadziły do wniosku, że wprowadzenie do eksploatacji wstawek typu K, o stabilnym przebiegu wartości współczynnika tarcia, będzie miało wpływ na dynamikę wzdłużną pociągów towarowych eksploatowanych w nastawieniu P:

- W przypadku pociągów jednorodnych wyposażonych we wstawki typu K poziom sił na zderzakach będzie znacznie mniejszy, co sprawi, że można będzie zwiększyć masę pociągów w nastawieniu G/P, ustaloną obecnie na 1200 t (karta UIC 421).
- W okresie przejściowym, przy mieszanym wyposażeniu wagonów we wstawki K i wstawki żeliwne, z losową ilością wagonów ze wstawkami kompozytowymi, zwłaszcza, jeśli ich liczba sięgałaby około połowy składu pociągu, obecność wagonów ze wstawkami K mogłaby wywołać zmniejszenie sił wzdłużnych – w przypadku umieszczenia ich w początku składu, albo znaczne zwiększenie sił – przy umieszczeniu wagonów ze wstawkami typu K w tylnej części pociągu. Wpływ na prawdopodobieństwo wykolejenia mógłby być złagodzony albo poprzez wyłączenie próżnych wagonów dwuosiowych (z wyjątkiem czoła lub końca składu), albo poprzez ograniczenie masy pociągu w reżimie G/P.

5. DOSTOSOWANIE PRZEPISÓW

Jednym z wyników prac badawczo-rozwojowych dotyczących wstawek typu K jest analiza aktualności przepisów RIV oraz Kart UIC z propozycją niezbędnych zmian.

6. PODSUMOWANIE

Ochrona społeczeństwa przed hałasem emitowanym przez środki transportu nabiera coraz większego znaczenia w Unii Europejskiej, czego wyrazem są zmiany prawodawstwa z tego zakresu. Dlatego koleje europejskie podjęły działania w celu opracowania efektywnych technicznie i ekonomicznie środków ograniczenia emisji hałasu i wdrożenia ich na kolejach, dla uzyskania w niedługiej perspektywie istotnej redukcji hałasu.

Jednym z głównych źródeł hałasu w zakresie prędkości konwencjonalnych jest toczenie się kół po szynach. Hałas ten natęża się wraz ze wzrostem błędów kształtu i chropowatości powierzchni tocznych kół oraz nierówności i chropowatości powierzchni szyn. Żeliwne wstawki hamulcowe, powszechnie stosowane w hamulcach klockowych wagonów towarowych, powodują większą chropowatość powierzchni tocznych kół niż wstawki z organicznych materia-

łów kompozytowych bądź ze spieków proszków metali. Zastąpienie wstawek żeliwnych wstawkami z kompozytów prowadzi do znacznego obniżenia poziomu hałasu emitowanego w ruchu towarowym (o 8...10 dB(A) przy prędkości 100 km/h).

Ze względu na charakterystyki cierne materiałów kompozytowych możliwe są dwie drogi postępowania dla wdrożenia w hamulcach klockowych wagonów towarowych wyrobów zastępujących konwencjonalne wstawki żeliwne:

1. W pojazdach nowych - zastosowanie wstawek z materiałów typu K, o nominalnym współczynniku tarcia równym 0,25, tj. znacznie wyższym niż współczynnik tarcia wstawek żeliwnych, ale mniej zróżnicowanym w zależności od prędkości hamowania i obciążeń niż w przypadku wstawek żeliwnych, z odpowiednim dopasowaniem układu hamulcowego na etapie jego projektowania;
2. W wagonach już eksploatowanych - zastosowanie wstawek typu LL, o charakterystyce ciernej zbliżonej do charakterystyki wstawek żeliwnych, które mogłyby zastąpić konwencjonalne wstawki z żeliwa szarego, możliwie bez konieczności wprowadzania jakichkolwiek zmian w układach hamulcowych wagonów.

Wdrożenie wstawek kompozytowych do stosowania w wagonach towarowych wymaga uprzedniego zbadania i rozwiązania szeregu problemów natury technicznej:

- Zagwarantowanie wymaganej skuteczności hamulca (drogi hamowania);
- Zapewnienia bezpiecznych dróg hamowania we wszystkich warunkach meteorologicznych;
- Zagwarantowanie braku negatywnego wpływu kompozytowych wstawek hamulcowych na funkcjonowanie urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego (bocznikowanie obwodów prądów szynowych);
- Zapewnienie bezpieczeństwa ruchu mieszanych składów pociągów, złożonych z wagonów hamowanych wstawkami kompozytowymi oraz wagonów ze wstawkami żeliwnymi (dynamika wzdłużna mieszanych składów pociągów);
- Zagwarantowanie właściwej geometrii kontaktu kół z szynami i nieprzeciążania termicznego koła jezdnego w przypadku awarii (zablokowania) hamulca;
- Niezwiększenie całkowitych kosztów zakupu, utrzymania i eksploatacji wagonów towarowych (koszty LCC).

Rozległe i kompleksowe prace badawczo-rozwojowe z udziałem producentów materiałów ciernych dla kolejnictwa, kolei europejskich i instytucji naukowych doprowadziły do rozwoju nowych generacji materiałów ciernych typu K.

Przeprowadzone prace wykazują, że możliwe jest wdrożenie do stosowania w hamulcach klockowych pociągów towarowych wstawek hamulcowych z materiałów kompozytowych (zarówno ze spieków metali, jak i organicznych), przy zapewnieniu bezpiecznego funkcjonowania całego systemu eksploatacji pojazdów i ruchu kolejowego.

Literatura

1. Ehlers H.-R., Gärtner E.: Potenziale und Grenzen der Klotzbremse im Vergleich zur Scheibenbremse, ZEVrail Glasers Annalen 126 – 6/7/2002.
2. ERRI B126 / RP33 Fragen des Bremswesens – Einsatz von Verbundstoffbremssohlen in Güterwagen – Zusammenfassender Bericht K-Sohlen, Utrecht Januar 2004.
3. Materiały Grupy Roboczej ERRI/UIC B126.13 Kompozytowe wstawki hamulcowe do wagonów towarowych
4. Osiak A.: Porównawcza ocena wyników badań stanowiskowych, badań poligonowych w warunkach zimowych oraz badań w komorze klimatycznej RTA w Wiedniu celem zba-

dania przydatności programu stanowiskowego do oceny własności hamulcowych kompozytowych wstawek hamulcowych w warunkach zimowych, PKP CARGO SA, Warszawa 2004 (praca nie publikowana).
5. Status and options for the reduction of noise emission from the existing European rail freight, wagon fleet – including a third-party assessment of the UIC/UIP/CER Action Program Noise reduction in Freight Traffic. Final Report, AEA Technology Rail BV, Utrecht, January 2004.
6. UIC – Frage 4.04.501 Lärmreduzierung – Einbau von Verbundstoffsohlen in Güterwagen - Baurichtlinie V-BKS (K), 2. Ausgabe, UIC-Unterausschuss 04 Bremswesen, Juni 2002.
7. UIC-Kodex, Merkblatt 510-5V Technische Zulassung von Vollrädern, 1. Ausgabe, Februar 2003.
8. UIC-Kodex, Merkblatt 541-4 VE Bremse – Bremsen mit Bremsklotzsohlen aus Verbundstoff, 2. Ausgabe vom 01.10.1990.
9. UIC-Kodex, Merkblatt 544-1V Bremse – Bremsleistung, 4. Ausgabe, Mai 2004.
10. UIC-Kodex, Merkblatt 832V Technische Lieferbedingungen für Bremsklotzsohlen aus Phosphorgusseisen für Triebfahrzeuge und Wagen, 3. Ausgabe, Januar 2004.

Abstract

Regarding the thorn plastic characteristics of the brake shoe, the two ways of procedures for the implementation in block brake of the freight cars, the products which replace the conventional coast iron brake shoe:

1. In new vehicles- the use of brake shoe made of the material type K, with nominal friction coefficient equal to 0,25, that is the higher level than the friction coefficient of the coast iron but less diversified according to the speed of braking and the load than in case of coast iron with the proper match of the brake system at the level of modeling.

2. In the already used wagons, the use of brake shoe type LL, with the thorn characteristics, approached to the coast arm characteristic, which could replace the conventional brake shoe of grey coast iron, without the need of any changes in the brake shoe systems of the wagons.

The implementation of the plastic brake shoe for the use in freight cars, requires the front examination and the range of technical problems solutions:

- the guarantee of the required brake effectiveness (the track of braking);
- the assurance of the security of braking tracking in all environmental conditions,
- the assurance of the lack of the negative impact of the plastic brake shoe on the existing appliances of the railway security
- the assurance of the move of the mixed wagons compositions, consisting of braked by plastic brake shoe wagons, and the wagons with coast iron brake shoe
- the assurance of the right geometry of the contact wheel-rail and not overweight of the thermal wheel in case of the brake blocking;
- not to enlarge the total costs of the purchase, exploitation, hold of the freight cars (LCC costs).
- extensive and complex research-development works with the participation of the thorn products manufacturers for the railways, European Railways and of the scientific institution lead to the development of the new generation thorn materials type K.

The carried works points out that it is possible to implement the plastic brake shoe for the use in freight cars block brakes, providing the safe functioning of the whole exploitation of the vehicle and railway systems.

The intensive works on the modern material type LL are being carried. The tests of two materials are advanced what enables permition for the traffic the RIV in the middle of year 2005, in order to gain the exploitational experience in the wider spectrum of the wagons and the use conditions at the bigger scale.