

SEBASTIAN TRZMIEŁOWSKI, PAWEŁ URBAŃCZYK\*

## BADANIA UKŁADÓW HAMULCOWYCH POJAZDÓW SZYNOWYCH W ZAKRESIE ODPORNOŚCI NA OBCIĄŻENIE CIEPLNE

### TESTING THE BRAKE SYSTEM ENERGY LIMITS OF RAIL VEHICLES

#### Streszczenie

W artykule opisano metodykę badań odporności na obciążenia cieplne układu hamulcowego wagonu towarowego, w tym również metodykę prowadzenia testu św. Gotarda w Alpach, między stacjami Airolo i Biasca. Obecnie prototyp każdego wagonu towarowego, przeznaczonego do użytku w Unii Europejskiej, musi być poddany badaniom odporności układu hamulcowego na obciążenie cieplne. W artykule zamieszczono opis badań odporności układu hamulcowego na obciążenia cieplne (testu św. Gotarda) prowadzonych przez Instytut Kolejnictwa oraz przykładowe wyniki badań.

*Słowa kluczowe: badania odporności hamulca na obciążenia cieplne, test św. Gotarda*

#### Abstract

The paper described the methodology of the energy limit test of braking systems of freight cars. This test simulated the conditions during driving via St. Gothard pass in Alps between the stations Airolo and Biasca. Nowadays the prototype of every new freight car designed for use in European Union must pass the energy limit test. In the paper we can find the description of the energy limit test (St. Gothard test), performed by Instytut Kolejnictwa, and the exemplary results of the test.

*Keywords: energy limits of brake, St. Gothard's test*

\* Mgr inż. Sebastian Trzmielowski, mgr inż. Paweł Urbańczyk, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Taboru, Pracownia Hamulców.

### Oznaczenia

$P_G$	– ciśnienie w przewodzie głównym [MPa],
$ZP$	– ciśnienie w zbiorniku pomocniczym [MPa],
$KS$	– ciśnienie w komorze sterującej [MPa],
$UW$	– ciśnienie wyjściowe z urządzeń ważących [MPa],
$KR$	– ciśnienie w komorze rozprężnej [MPa],
$V$	– prędkość pojazdu [km/h],
$S$	– droga [m],
$T$	– temperatura koła [°C] (indeks oznacza numer koła),
$F_{hak}$	– siła na haku wagonu badanego [kN],
$t$	– czas [s],
$V_{sr}$	– średnia prędkość podczas testu św. Gotarda [km/h],
$C_{sr}$	– średnie ciśnienie w cylindrze hamulcowym podczas testu św. Gotarda [MPa],
$F_{ham}$	– siła hamująca wagonu badanego [kN],
$P_{ham}$	– moc hamowania wagonu badanego [kW],
$P_{koła}$	– moc hamowania przypadająca na jedno koło wagonu badanego [kW].

### 1. Wstęp

We współcześnie eksploatowanych wagonach towarowych dominujący jest układ klasycznego hamulca klockowego ze wstawkami hamulcowymi wykonanymi z żeliwa P10. Obecnie nowo produkowane i modernizowane wagony towarowe wyposażane są w układ hamulcowy o analogicznej konstrukcji, lecz wyposażony we wstawki wykonane najczęściej z materiału kompozytowego. Wśród nich najczęściej stosuje się wstawki hamulcowe typu K, czyli o wysokim współczynniku tarcia. Wstawki te nie są zamienne ze wstawkami żeliwnymi mimo identycznych gabarytów. Wprowadzenie do eksploatacji w wagonach towarowych wstawek kompozytowych wymusiło między innymi konieczność stosowania kół monoblokowych. Oprócz zmian w konstrukcji układu hamulcowego, które nie są szczegółowo opisywane w tym artykule, konieczne stało się rozszerzenie zakresu badań, których celem jest dopuszczenie nowego typu wagonu do eksploatacji.

Badania dopuszczeniowe układu hamulcowego, w przypadku wagonu towarowego z hamulcem klockowym wyposażonym we wstawki kompozytowe, obejmują:

- badania stacjonarne układu hamulcowego,
- badania ruchowe hamulca,
- badania odporności układu hamulcowego na obciążenia cieplne.

Pracownia Hamulców Laboratorium Badań Taboru Instytutu Kolejnictwa prowadzi w pełnym zakresie badania układów hamulcowych wszelkiego typu pojazdów szynowych.

W niniejszym artykule opisano metodykę badań odporności układu hamulcowego na obciążenia cieplne.

### 2. Cel badań

Celem badań odporności układu hamulcowego wagonu na obciążenia cieplne (m.in. symulacja zjazdu wagonu z przełęczy św. Gotarda) jest sprawdzenie odporności układu

hamulcowego, a w szczególności elementów pary ciernej, czyli wstawek hamulcowych i kół, na obciążenia cieplne występujące podczas następujących po sobie hamowań nagłych i podczas długotrwałego hamowania ciągłego.

### 3. Metodyka badań

Badania odporności hamulca wagonu na obciążenia cieplne wykonywane są na podstawie zaleceń przepisów TSI [1] (pkt 4.2.4.1.2.5 *Ograniczenia cieplne*).

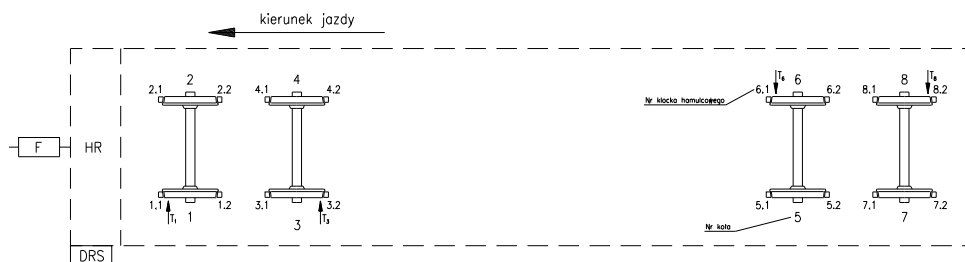
Wymienione wyżej przepisy TSI wymagają, by układ hamulcowy zdolny był zatrzymać ładowny wagon i utrzymać prędkość wagonu bez jakichkolwiek cieplnych lub mechanicznych uszkodzeń w następujących warunkach:

- dwa następujące bezpośrednio po sobie hamowania nagłe od maksymalnej prędkości do zatrzymania, na prostym i poziomym torze, przy możliwie słabym wietrze i na suchych szynach,
- utrzymywanie prędkości 80 km/h na spadku o średniej wartości 21‰ i o długości 46 km (odpowiada to warunkom zjazdu z przełęczy św. Gotarda między Airolo a Biasca).

Próby prowadzone są na nastawieniu hamulca „P” dla wagonu maksymalnie obciążonego.

Podczas opisywanych badań wykonywane są na bieżąco (wraz z rejestracją) pomiary:

- prędkości,
  - drogi,
  - siły na haku wagonu badanego,
  - temperatury wybranych kół zestawów kołowych,
- ciśnienia powietrza w cylindrze hamulcowym i innych punktach układu pneumatycznego hamulca.



Użyte oznaczenia (przykładowo):

- DRS – radarowy przetwornik drogi i prędkości,
- $T_1$  – pomiar temperatury koła nr 1,
- 5 – koło nr 5,
- 1.1 – wstawka hamulcowa nr 1.1,
- F – miejsce pomiaru siły na haku wagonu badanego,
- HR – pomost z hamulcem ręcznym.

Rys. 1. Punkty pomiarowe podczas badań odporności układu hamulcowego na obciążenia cieplne

Fig. 1. Measurement points during testing the energy limits of brake system

Przed rozpoczęciem prób sprawdza się stan wstawek hamulcowych i kół oraz wykonuje się dokumentację fotograficzną stanu elementów par ciernych.

Następnym etapem jest wyznaczenie w czasie jazdy bez hamowania średniego oporu ruchu wagonu przy prędkości 80 km/h.

Najpierw przeprowadza się próbę dwóch następujących bezpośrednio po sobie hamowań nagłych. Po zatrzymaniu po drugim hamowaniu, niezależnie od ciągłej rejestracji wymienionych wcześniej parametrów, wykonywany jest pomiar temperatury wszystkich kół zestawów kołowych i sprawdzony jest stan wstawek hamulcowych i kół.

Próba o zasadniczym znaczeniu jest próba długotrwałego hamowania ciągłego, symulująca zjazd z przełęczy św. Gotarda, przeprowadzana przy prędkości 80 km/h. Wagon badany połączony jest z wagonem pomiarowym za pomocą specjalnego sprzęgu umożliwiającego pomiar siły na haku. Ciśnienie w cylindrze hamulcowym wagonu badanego regulowane jest w taki sposób, by w miarę możliwości utrzymywać stałą wartość siły na haku wagonu badanego.

Bezpośrednio po zakończeniu testu symulującego zjazd z przełęczy św. Gotarda dokonywany jest pomiar temperatury wszystkich kół zestawów kołowych, sprawdzany jest stan wstawek hamulcowych i kół oraz wykonywana jest dokumentacja fotograficzna.

Podczas badań odporności układu hamulcowego na obciążenia cieplne wykorzystuje się następującą aparaturę pomiarową:

- przetworniki ciśnienia (pomiar ciśnienia powietrza),
- pirometr przenośny (pomiar temperatury kół zestawów kołowych),
- pirometry montowane na wagonie badanym (pomiar temperatury kół zestawów kołowych),
- czujnik siły (pomiar siły na haku),
- komputer przemysłowy (przetwarzanie i rejestracja danych).

### 3. Przykładowe wyniki badań odporności hamulca na obciążenia cieplne

Tabela 1

#### Wyniki próby dwóch następujących bezpośrednio po sobie hamowań nagłych

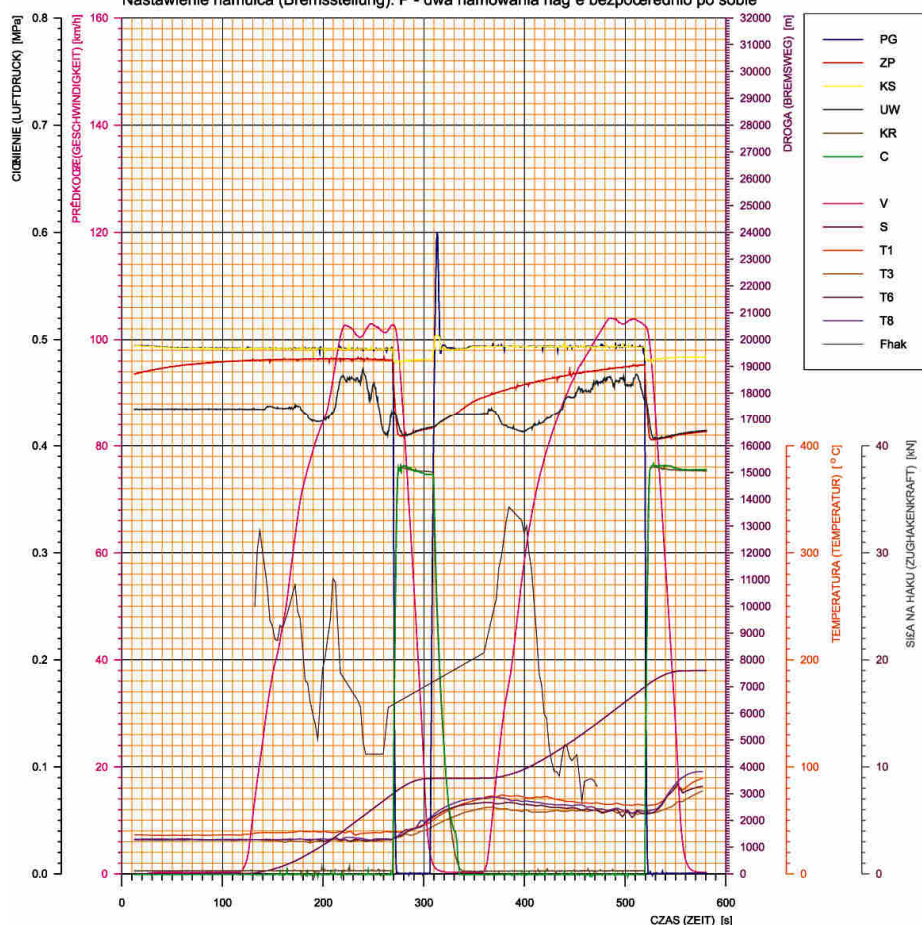
	C	T1	T3	T6	T8	V
	[MPa]	[°C]				[km/h]
Wdrożenie I hamowania	0,000	38,6	32,8	30,6	31,8	102,8
Zatrzymanie po I hamowaniu	0,374	55,5	48,2	57,4	60,3	0,0
Wdrożenie II hamowania	0,000	64,2	57,3	57,9	58,5	102,7
Zatrzymanie po II hamowaniu	0,377	85,9	73,7	80,0	94,8	0,0
30 s po zatrzymaniu (II hamowanie)	0,000	90,9	79,3	82,6	95,8	0,0

Tabela 2

Zestawienie wyników pomiarów w chwili zakończenia próby długotrwałego hamowania ciągłego (symulacja zjazdu z przełęczy św. Gotarda)

$F_{hak}$ [kN]	C [MPa]	T1	T3	T6	T8	V [km/h]	S [m]
		[°C]					
15,9	0,105	356,0	367,8	334,1	285,9	82,7	50059

Badany pojazd (Versuchsfahrzeug): wagon towarowy  
 Miejsce, data i czas badań (Versuchsplatz, Datum, Uhrzeit): Tor Doświadczalny IK w miodrodzie, październik 2009  
 Nr próby (Testnummer): g03  
 Nominalna początkowa prędkość hamowania (Ausgangsnenngeschwindigkeit): 100 km/h  
 Masa brutto (Masse): 90.0 t  
 Nastawienie hamulca (Bremsstellung): P - dwa hamowania nagłe bezpośrednio po sobie

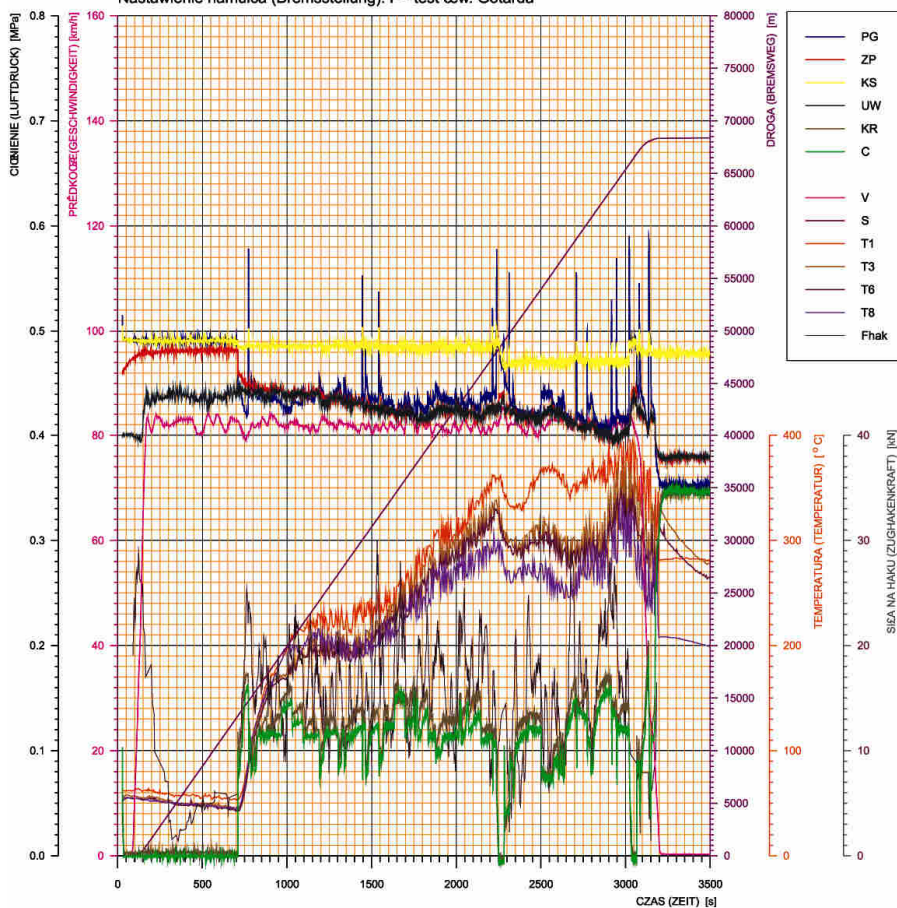


Rys. 2. Wyniki próby dwóch następujących bezpośrednio po sobie hamowań nagłych

Fig. 2. The results of two successive emergency braking applications



Badany pojazd (Versuchsfahrzeug): wagon towarowy  
 Miejsce, data i czas badań (Versuchsplatz, Datum, Uhrzeit): Tor Doświadczalny IK w migrodzie, październik 2009  
 Nr próby (Testnummer): g05  
 Nominalna początkowa prędkość hamowania (Ausgangsnenngeschwindigkeit): 80 km/h  
 Masa brutto (Masse): 90.0 t  
 Nastawienie hamulca (Bremsstellung): P - test cew. Gotarda



Rys. 3. Wyniki próby długotrwałego hamowania ciągłego (symulacja zjazdu z przełęczy św. Gotarda)

Fig. 3. The results of St. Gothard's test

Tabela 3

Zestawienie wyników próby długotrwałego hamowania ciągłego  
 (symulacja zjazdu z przełęczy św. Gotarda)

t	S	$V_{\text{śr}}$	$C_{\text{śr}}$	$F_{\text{ham}}$	$P_{\text{ham}}$	$P_{\text{koła}}$
[s]	[m]	[km/h]	[MPa]	[kN]	[kW]	[kW]
2204	50 059	81,8	0,116	15,9	362,0	<b>45,2</b>

### 3. Wnioski

Obligatoryjne próby odporności na obciążenia cieplne układu hamulcowego wagonów towarowych wyposażonych we wstawki hamulcowe z tworzywa sztucznego pozwalają zebrać szereg cennych informacji na temat współpracy elementów par ciernych w warunkach wysokich obciążeń cieplnych.

Dane zgromadzone podczas badań pozwalają stwierdzić:

- czy układ hamulcowy jest w stanie bezpiecznie i bez jakichkolwiek uszkodzeń zatrzymać dwukrotnie przez następujące bezpośrednio po sobie hamowania nagłe ładowny wagon z maksymalnej prędkości,
- jaki jest stan wstawek hamulcowych i kół po długotrwałym hamowaniu, odpowiadającym zjazdowi z przełęczy św. Gotarda z prędkością 80 km/h.

Szczególnie ważne są informacje na temat zachowania wstawek hamulcowych, które są najmniej odpornym elementem układu hamulcowego. Bardzo ważne są wyniki oględzin stanu wstawek hamulcowych po przeprowadzonych badaniach. Najczęściej spotykane uszkodzenia wstawek to:

- pęknięcia promieniowe,
- wykruszenia materiału ciernego wstawek,
- przegrzanie materiału ciernego wstawki.

Szczegółowo rodzaje uszkodzeń cieplnych wstawek hamulcowych opisano w innym artykule.

### Literatura

- [1] *Decyzja Komisji z dnia 28 lipca 2006 r. dotycząca technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „tabor kolejowy – wagony towarowe” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych*, 2006/861/WE, Bruksela, 28.07.2006.
- [2] *Sprawozdanie Nr LW/58.01/07 z badań. Badania hamulca wagonu towarowego typu 441Va serii Falns. Badania stacjonarne i ruchowe hamulca*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Kraków, październik 2007.
- [3] *Sprawozdanie Nr LW/77.11/08 z badań. Badania hamulca prototypowego wagonu węglarki typu 445W serii Eanos. Badania stacjonarne i ruchowe hamulca*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Kraków, luty 2008.
- [4] *Sprawozdanie nr LW/30.05/08 z badań. Badania hamulca wagonu serii Sggrss 80' AT typu N-213-00*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Kraków, styczeń 2009.
- [5] Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa. *Sprawozdanie nr LW/03.01/09 z badań. Badania hamulca wagonu typu 438W serii Eanoss*, Kraków, luty 2009.
- [6] *Sprawozdanie nr LW/33.03/09 z badań. Badania wagonu węglarki 425Wx produkcji Fabryki Wagonów Gniewczyna. Badania układu hamulcowego*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Kraków, styczeń 2010.