

Michał MIROS<sup>1</sup>

## SPRAWNOŚĆ UKŁADÓW HAMULCOWYCH SAMOCHODÓW OSOBOWYCH PORUSZAJĄCYCH SIĘ PO POLSKICH DROGACH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań stanu układów hamulcowych samochodów używanych. Ocenę stanu oświetlenia pojazdów prowadzono na podstawie poprawności ustawienia świateł mijania. Badania wykonywano na stacji diagnostycznej, podczas prowadzenia okresowych badań technicznych pojazdów.

**Słowa kluczowe.** Bezpieczeństwo, ruch drogowy, układ hamulcowy, hamulce.

## PERFORMANCE OF CAR'S BRAKE SYSTEMS USED ON POLISH ROADS

**Summary.** The results of certain parameters of braking cars systems on the roads of the Silesian agglomeration were presented in the paper. Assessment of vehicle braking systems were carried out performed by measuring the braking forces wheels, differences in the forces of braking the wheels on the same axle. The study was conducted on the diagnostic station during periodic technical inspections of vehicles.

**Keywords.** Safety, traffic, brake system, braking.

### 1. WPROWADZENIE

Jednym z najistotniejszych dla bezpieczeństwa ruchu układów samochodu jest bezsprzecznie układ hamulcowy. Od poprawności jego działania zależą zatrzymanie pojazdu będącego w ruchu, a także utrzymanie go w miejscu, np. na pochyłości. Samochód osobowy zgodnie z obowiązującymi przepisami, musi być wyposażony w dwa układy hamulcowe [1]:

- zasadniczy – w większości przypadków uruchamiany nogą poprzez naciśnięcie pedału hamulca. Hamowanie odbywa się tylko w czasie, gdy hamulec jest naciskany.
- awaryjny – hamulec ten służy głównie jako hamulec postojowy, w celu zabezpieczenia pojazdu przed zjechaniem z miejsca postoju. W razie awarii hamulca podstawowego ma on za zadanie awaryjne wyhamowanie pojazdu. Hamulec awaryjny jest aktywowany, w zależności od rozwiązania, ręką lub nogą. Działa on od momentu włączenia aż do momentu jego wyłączenia.

Badanie układu hamulcowego podczas corocznych badań technicznych pojazdów jest procesem obligatoryjnym i prowadzonym w ściśle określony sposób [2].

---

<sup>1</sup>, High School HUMANITAS, Sosnowiec, Poland, e-mail: michalmiros@poczta.onet.pl

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, dopuszczalnymi metodami badań hamulców są badanie na tzw. stanowisku rolkowym oraz badanie opóźnienia hamowania. Wyniki zabrane podczas badań hamulców umożliwiają obliczenie tzw. wskaźnika skuteczności hamowania. W przypadku wyników uzyskanych na drodze badania na stanowisku rolkowym, stosuje się następującą zależność.

$$z = \frac{\sum T}{P} * 100, \quad (1)$$

gdzie:

$z$  – wskaźnik skuteczności hamowania (%) dla badanego rodzaju hamulca,

$\sum T$  – siła hamowania uzyskana ze wszystkich kół (kN), odpowiednio dla hamulca roboczego, awaryjnego lub postojowego;

$P$  – siła ciężkości (nacisk) od dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu (kN); przyjmując do obliczeń 1 kN = siła ciężkości 100 kg masy (dla pojazdów członowych dopuszcza się przyjmowanie do obliczeń dopuszczalnego nacisku danej osi).

Jeżeli zmierzona siła hamowania hamulca roboczego lub obliczony na tej podstawie wskaźnik skuteczności hamowania nie osiąga wymaganej wartości, należy ustalić obliczeniową maksymalną wartość siły hamowania (lub obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania), mnożąc zmierzone siły hamowania poszczególnych kół przez stosunek maksymalnego dopuszczalnego nacisku na pedał hamulca do nacisku wywieranego w czasie pomiaru, według wzoru:

$$T_{\min} = P * z_{\min} \quad (2)$$

$$T^* = \sum (T * \frac{P_d}{P_z}) \quad (3)$$

$$z^* = \frac{T^*}{P} * 100 \quad (4)$$

gdzie:

$T_{\min}$  – minimalna wymagana siła hamulca roboczego, kN;

$P$  – siła ciężkości od dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu, kN;

przyjmując do obliczeń 1 kN = siła ciężkości 100 kg masy (dla pojazdów członowych dopuszcza się przyjmowanie do obliczeń dopuszczalnego nacisku danej osi);

$z_{\min}$  – wymagany wskaźnik skuteczności hamowania, %;

$T^*$  – obliczeniowa siła hamowania hamulca roboczego, kN;

$z^*$  – obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania, %;

$T$  – siła hamowania uzyskana ze wszystkich kół danej osi, kN;

$i$  – kolejna badana oś pojazdu,

$P_z$  – zmierzony nacisk na pedał (dźwignię) hamulca roboczego lub zmierzone ciśnienie w siłownikach, daN lub MPa;

$P_d$  – dopuszczalny nacisk na pedał (dźwignię) hamulca roboczego według § 2 ust. 1 pkt 3 dla danego rodzaju pojazdu lub ciśnienie obliczeniowe (dolne regulowane lub określone przez producenta pojazdu) pneumatycznego układu hamulcowego, daN lub MPa.

Druga z zalecanych metod badania hamulców samochodowych (badanie opóźnienia hamowania) polega na fizycznym pomiarze opóźnienia hamowania oraz obliczeniu na podstawie zmierzonego opóźnienia współczynnika skuteczności hamowania:

$$z = \frac{b}{g} * 100, \quad (5)$$

gdzie:

z – współczynnik skuteczności hamowania;  
b – zmierzone opóźnienie hamowania, m/s<sup>2</sup>,  
g – przyspieszenie ziemskie, m/s<sup>2</sup>.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że badanie układu hamulcowego na stanowisku rolkowym jest badaniem, które pozwala na wymierne określenie siły hamowania poszczególnych kół jezdnych samochodu i co za tym idzie różnicy w sile hamowania kół tej samej osi – metoda badania opóźnienia hamowania na to nie pozwala. Z tego też względu zalecaną metodą badania układów hamulcowych jest metoda badania na stanowisku rolkowym.

Prace badawcze związane z szeroko pojętym bezpieczeństwem ruchu pojazdów realizowane są w różnych aspektach budowy pojazdów. Ze względu na bezpieczeństwo ciągle ulepszane są nadwozia samochodów, ich połączenia [3, 4, 5], światła zewnętrzne [6], opony [7, 8] itd. Układy hamulcowe również przechodzą pewne zmiany. Wpływ na bezpieczeństwo ruchu, poza samymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, mają również metody badania układów pojazdu. W przypadku układów hamulcowych istotną kwestią podczas badania hydraulicznych układów hamulcowych jest temperatura wrzenia płynu hamulcowego. Parametr ten nie jest objęty zakresem technicznych badań okresowych, jednak jest on niezmiernie ważny. Zbyt mała temperatura wrzenia płynu hamulcowego jest okolicznością, która może powodować w pewnych sytuacjach gwałtowne i niespodziewane obniżenie skuteczności działania hamulców. Wynika to z faktu, że wraz ze zwiększającą się zawartością wody w płynie hamulcowym maleje jego temperatura wrzenia. W przypadku znacznej zawartości wody w płynie hamulcowym, temperatura wrzenia mieszaniny płynu oraz wody może osiągnąć tak niski poziom, że ciepło wytwarzane podczas długotrwałego hamowania może spowodować wrzenie mieszaniny. Wrzenie natomiast powoduje powstanie pęcherzyków powietrznych (tzw. korków parowych) w przewodach układu hamulcowego, które charakteryzują się zdecydowanie większą ściśliwością od mieszaniny wody i płynu hamulcowego. Obecność w przewodach hamulcowych bardzo ściśliwych pęcherzyków może skutkować, podczas gwałtownego hamowania, sytuacją, w której skok roboczy pedału hamulca spowoduje tylko zmniejszenie objętości gazu znajdującego się w pęcherzykach, nie spowoduje natomiast uruchomienia hamulców. Tym samym w przypadku gwałtownego hamowania układ nie będzie zapewniał wymaganej skuteczności hamowania.

Nieskuteczność hamulców na skutek pojawienia się pęcherzyków gazowych będzie, podobnie jak nieskuteczność hamulców na skutek rozerwania skorodowanych przewodów hamulcowych, sytuacją, która pojawi się zupełnie nie spodziewanie.

## 2. BADANIA

Procedura przeprowadzania badań układów hamulcowych została opisana w Rozporządzeniu [2].

Badanie hamulców prowadzono w stacji diagnostycznej na kolejnych 100 samochodach osobowych, w których przeprowadzane było okresowe badanie techniczne. Badania

prowadzone były na urządzeniu rolkowym CARTEC BDE 3504 z wykorzystaniem czujnika nacisku na pedał hamulca stosując nacisk na hamulec równy 50 daN. Parametry techniczne stanowiska rolkowego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Dane techniczne urządzenia CARTEC BDE 3504 [9]

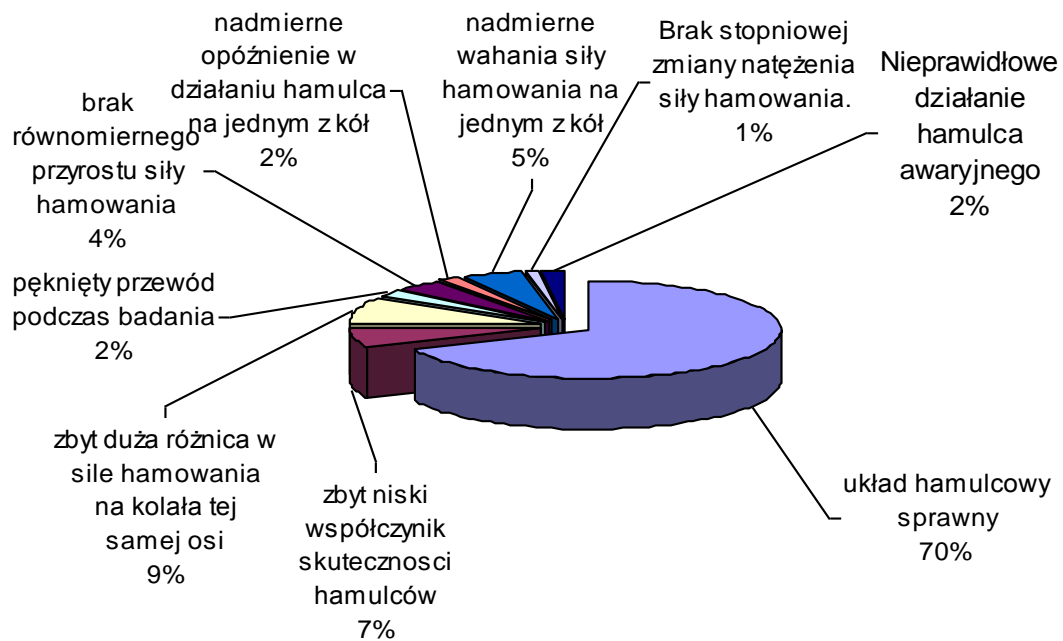
Nazwa parametru	Wartość
Dopuszczalny nacisk na oś	130 kN
średnica zewnętrzna rolek napędowych	205 mm
Długość rolek napędowych	1000 mm
Prędkość obwodowa rolek napędowych do kontroli pojazdów	5,2 km/h
Wartość poślizgu koła względem rolek	15 ÷ 40 %
Błąd pomiaru siły hamowania w zakresie	+/- 10
Współczynnik przyczepności opon do rolek napędowych: na sucho	0,7
na mokro	0,9
Dopuszczalna różnica pomiaru lewego i prawego układu pomiarowego sił hamowania	< 2%
Błąd obliczeń wskaźnika skuteczności hamowania	-1%
Zakres pomiarowy	0-30/0-40

Przed rozpoczęciem badania hamulców mierzono statyczny nacisk kół na podłoże, co pozwalało wyznaczyć rzeczywistą masę pojazdu w chwili badania. Uzyskana podczas badania siła hamowania poszczególnych kół jezdnych oraz rzeczywista masa samochodu pozwoliła na obliczenie współczynnika skuteczności hamowania zgodnie ze wzorem 1. Ocena skuteczności hamulców, zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem, odbywa się na podstawie wartości współczynnika skuteczności hamowania oraz względnej różnicy sił hamowania pomiędzy kołami tej samej osi. Zgodnie z Rozporządzeniem, hamulec zasadniczy samochodu należy uznać że, za niesprawny w przypadku stwierdzenia między innymi [1, 2]:

- siła hamowania na danym kole wynosi mniej niż 70% największej zmierzonej siły hamowania na drugim kole tej samej osi;
- brak jest równomiernego przyrostu siły hamowania.;
- jest nadmierne opóźnienie w działaniu hamulców na dowolnym kole;
- występują nadmierne wahania siły hamowania w czasie każdego pełnego obrotu koła;
- brak jest stopniowej zmiany natężenia siły hamowania;
- skuteczność jest mniejsza niż wartości minimalne zawarte w rozporządzeniu o warunkach technicznych. (50daN - dla samochodów osobowych);
- nadmiernie skorodowane przewody hamulcowe;
- nieprawidłowo działa hamulec awaryjny.

Uzyskane podczas badań wyniki podzielono na dziewięć grup. Osiem grup wynikało z możliwych usterek układu hamulcowego, których występowanie powodowało konieczność uznania układu za niesprawny. Dziewiąta grupa to pojazdy, w których stwierdzono poprawne działanie układu hamulcowego.

Zebrane wyniki kształtowały się następująco – rys. 1.

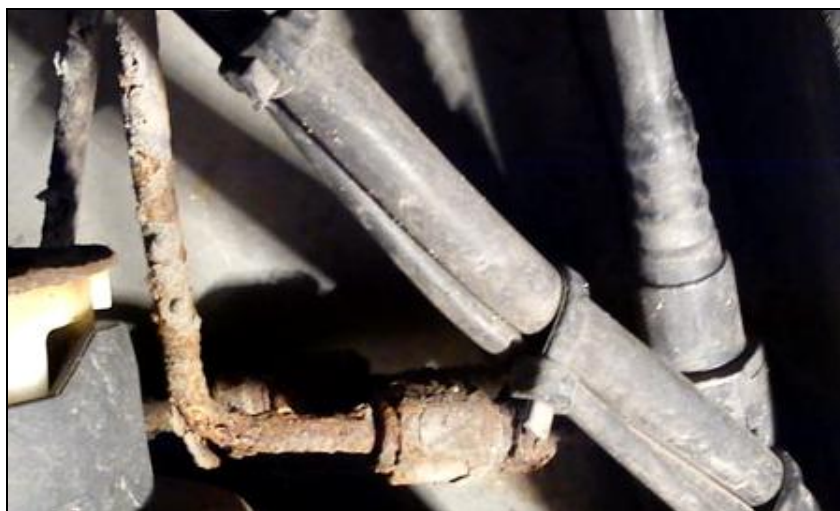


Rys. 1. Wyniki badania układów hamulcowych

Fig. 1. The results of investigations of the braking systems

Uzyskane wyniki wskazywały na fakt, że około 30% poruszających się po drogach pojazdów ma niesprawny układ hamulcowy. Niesprawność ta objawiała się w różny sposób – wahania siły hamowania podczas badania, niewystarczająca siła hamowania itd. Są to istotne usterki, które pojawiają się stopniowo w pojeździe tym samym kierowca nie zauważa ich obecności. Powoduje to, że wraz z nasilaniem się jednak niesprawności kierowca stopniowo zmienia styl jazdy, przyzwyczajając się np. do faktu, że pojazd wykazuje się coraz mniejszą skutecznością hamowania.

Zdecydowanie niebezpieczniejszymi pojazdami były samochody, w których podczas badania układu hamulcowego został on uszkodzony. Uszkodzenie to, we wszystkich zarejestrowanych przypadkach, polegało na rozerwaniu jednego z przewodów hamulcowych przy nacisku na pedał hamulca podczas badania wynikającego z obowiązującego Rozporządzenia [2]. Powodem tego była zawsze zaawansowana korozja tych elementów. Przykład skorodowanego przewodu hamulcowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Znacznie skorodowany przewód hamulcowy

Fig. 2. Corroded brake line

Poruszanie się pojazdu ze znacznie skorodowanymi przewodami hamulcowymi jest skrajnie niebezpieczne. Kierowca całkowicie nie odczuwa postępującej korozji, która powoduje stopniowe zmniejszenie grubości ścianek przewodów hamulcowych i tym samym zmniejsza ich wytrzymałość. Innymi słowy, kierowca pojazdu cały czas jest przekonany o pełnej sprawności układu ponieważ może on wykazywać się dobrą skutecznością, równomiernością działania itd. Jednak w przypadku gwałtownego, awaryjnego hamowania gdy nacisk na pedał hamulca może znacznie przekroczyć wymagane podczas badania 50 daN, dochodzi do nagłego rozerwania przewodu hamulcowego, co powoduje równie gwałtowny spadek skuteczności hamowania.

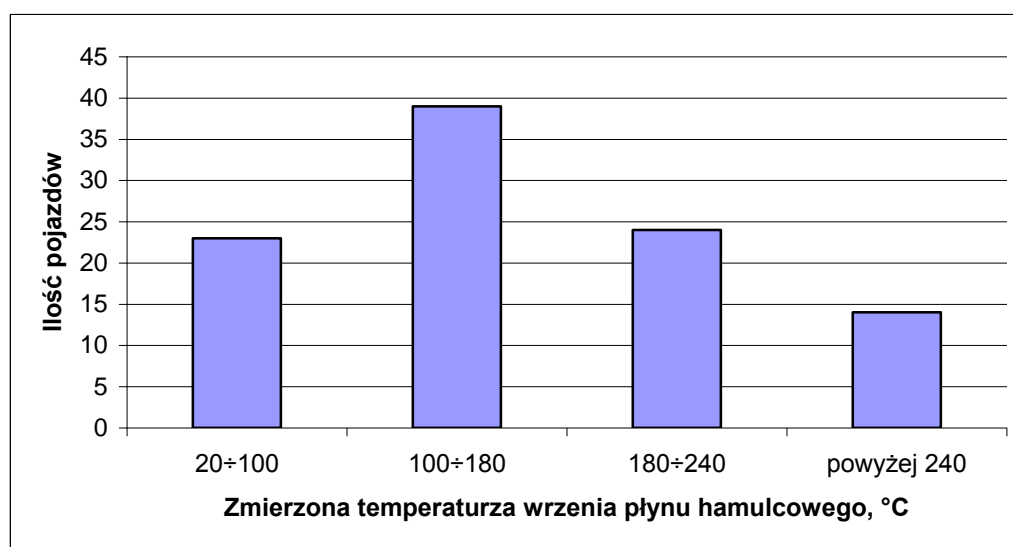
Badania układów hamulcowych poszerzono o pomiar temperatury wrzenia płynu hamulcowego. Pomiar prowadzono w zbiorniczku płynu hamulcowego, z użyciem urządzenia WTM TPH-302. Wybrane parametry techniczne urządzenia przedstawiono w tabeli 2 [10].

Tabela 2

Dane techniczne urządzenia WTM TPH-302

Nazwa parametru	Wartość
Temperatura wrzenia mierzonych płynów	85 do 300°C
Dokładność pomiaru	+/- 3%

Wyniki badania temperatury wrzenia płynu hamulcowego podzielono na 5 grup. Wyniki przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Wyniki badania temperatury wrzenia płynu hamulcowego

Fig. 3. The results of brake fluid boiling point

Z zebranych informacji wynikało, że ponad 60% badanych samochodów ma w układzie hamulcowym płyn, którego temperatura wrzenia wynosi poniżej 180°C w zbiorniczku. Wartość 180°C jest graniczną temperaturą wrzenia płynu hamulcowego przy jego pomiarze w zbiorniczku.

## WNIOSKI

1. W 28% badanych samochodów stwierdzono występowanie uszkodzeń układu hamulcowego, które zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem, są usterkami kwalifikującymi układ jako niesprawny.
2. W 62% badanych samochodów stwierdzono występowanie płynu hamulcowego o zbyt niskiej temperaturze wrzenia.
3. Badania hamulców powinny uwzględniać dodatkowe parametry, takie jak np. temperaturę wrzenia płynu hamulcowego.

## Bibliografia

1. Ustawa (DzU z 2003, nr 32, poz. 262 z późn. zm.) w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia.
2. Ustawa (DzU z dn. 18.09.2009r., nr 155, poz. 1232) w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach.
3. Węgrzyn T., Piwnik J. Low alloy welding with micro-jet cooling. Archives of Metallurgy and Materials, Zeszyt 2, tom 57, nr 1, 2012
4. Słania J.: Influence of phase transformations in the temperature ranges of 1250-1000°C and 650-350°C on the ferrite content in austenitic welds made with T 23 12 LRM3 tubular electrode. Archives of Metallurgy and Materials, issue. 3/2005.
5. Węgrzyn, T: Mathematical Equations of the Influence of Molybdenum and Nitrogen in Welds. Conference of International Society of Offshore and Polar Engineers ISOPE'2002, Kita Kyushu, Japan 2002, Copyright by International Society of Offshore and Polar Engineers, vol. IV, ISBN 1-880653-58-3, Cupertino – California – USA 2002.
6. Czech P., Janczur R., Świder P., Wojnar G.: Problemy prawne i techniczne związane z widocznością przeszkody na drodze w aspekcie wypadków drogowych. III Międzynarodowa Konferencja „Problemy Transportu”, Katowice – Tarnowskie Góry, 20 - 22.07.2011.
7. Czech P., Łazarz B., Madej H.: Wpływ ciśnienia w ogumieniu i obciążenia pojazdu na opóźnienie i drogę hamowania samochodu osobowego bez ABS. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 69 /Gliwice 2010, s. 21-28.
8. Czech P., Janczur R., Świder P., Wojnar G.: Problemy prawne i techniczne związane z manewrem omijania przeszkody w aspekcie wypadków drogowych. III Międzynarodowa Konferencja „Problemy Transportu”, Katowice - Tarnowskie Góry 20-22.07.2011.
9. Materiały informacyjne firmy Cartec-Polska.
10. Instrukcja obsługi Testera Płynu Hamulcowego TPH-302 firmy WTM