

Jan FILIPCZYK

## **BADANIA KONTROLNE UKŁADÓW HAMULCOWYCH SAMOCHODÓW O DOPUSZCZALNEJ MASIE CAŁKOWITEJ DO 3,5t**

**Streszczenie.** W pracy omówiono problemy występujące podczas badań kontrolnych układów hamulcowych samochodów o dopuszczalnej masie całkowitej (d.m.c.) do 3,5 t. Omówiono metodykę wyznaczania wskaźnika skuteczności działania układu hamulcowego z uwzględnieniem obowiązujących przepisów.

### **CHECK UP TESTS OF BRAKE SYSTEMS IN 3,5T CARS**

**Summary.** Some problems which occur during check up tests of brake systems in cars up to 3,5T have been discussed in the paper. Methodology of determining the effectiveness of a brake system with respect to current regulations have been presented as well.

#### **1. WPROWADZENIE**

Wymagania dotyczące układów hamulcowych zostały określone w „warunkach technicznych pojazdów” [6]. Metodyka badań kontrolnych układów hamulcowych została zawarta w wykazie czynności kontrolnych oraz metod i kryteriów oceny stanu technicznego pojazdu [7]. Niewłaściwe stosowanie zaleceń zawartych w metodyce przeprowadzania badań lub zła interpretacja wyników pomiarów bywa często powodem nieporozumień lub złej oceny stanu technicznego układu hamulcowego, a w szczególności niewłaściwego wyznaczenia wskaźnika skuteczności działania układu hamulcowego. Coraz częściej można spotkać się z opiniami, że badanie układów hamulcowych na urządzeniach kontrolnych lub podczas próby drogowej jest subiektywne. Wyniki badań na poszczególnych urządzeniach nawet tego samego producenta nie są porównywalne. Opinie takie najczęściej wynikają ze złej interpretacji zaleceń zawartych w metodyce lub niezajomości zagadnień związanych z budową i diagnozowaniem pojazdów. Podstawowym błędem podczas okresowych badań kontrolnych pojazdów jest ograniczenie badań do pomiaru sił hamowania na kołach, najczęściej przeprowadzonego nieprawidłowo.

## 2. ZAKRES BADAŃ UKŁADÓW HAMULCOWYCH HYDRAULICZNYCH PODCZAS BADAŃ KONTROLNYCH

Podczas badania kontrolnego podstawowego sprawdzeniu metodami organoleptycznymi w zakresie kompletności, stopnia zużycia, jakości montażu i pracy podlegają:

- konstrukcja układu hamulcowego,
- mocowanie pedału hamulca nożnego,
- stan techniczny pedału hamulcowego i skok elementu uruchamiającego hamulce,
- podzespoły serwomechanizmu wspomagającego, pompa hamulcowa (w systemach hydraulicznych),
- sztywne przewody hamulcowe,
- elastyczne przewody hamulcowe,
- okładzina szczęk (klocków) hamulcowych,
- bębny i tarcze hamulcowe,
- linki hamulcowe, pręty i połączenia dźwigniowe,
- urządzenie uruchamiające hamulce (w tym rozpieracz hydrauliczny szczęk hamulcowych),
- regulator (korektor) siły hamowania,
- automatyczny regulator szczęk,
- urządzenie przeciwblokujące (ABS).

Wykorzystując urządzenia diagnostyczne lub próbę drogową określa się:

- skuteczność i sprawność roboczego układu hamulcowego,
- skuteczność i sprawność awaryjnego układu hamulcowego,
- skuteczność i sprawność postojowego układu hamulcowego.

Podczas specjalistycznego badania pojazdu po wypadku, kolizji drogowej, wymianie nadwozia lub ramy układ hamulcowy podlega sprawdzeniu metodami organoleptycznymi w zakresie stosowania nieoryginalnych elementów, kompletności i wadliwego montażu.

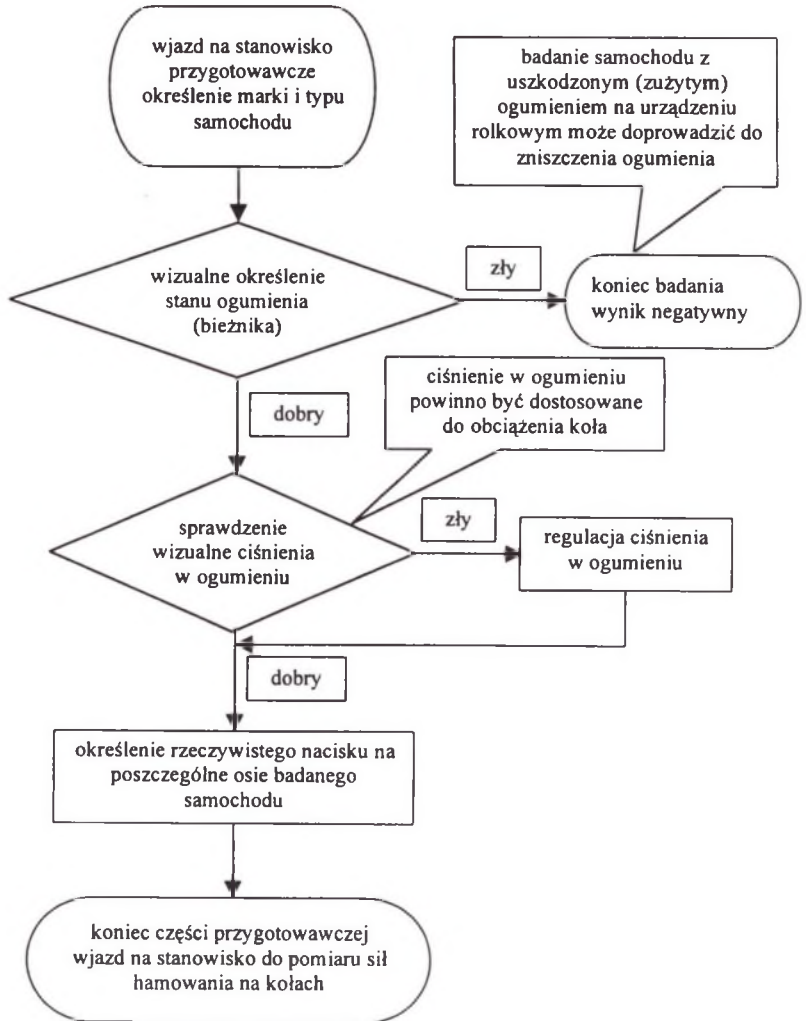
Badanie skuteczności i równomierności działania hamulców przeprowadza się z wykorzystaniem urządzeń rolkowych lub płytowych oraz podczas próby drogowej. W myśl obowiązującej metodyki próbę drogową przeprowadza się dla pojazdów, których cechy uniemożliwiają przeprowadzenie badań stanowiskowych.

Przed pomiarem sił hamowania na kołach powinno być sprawdzone ciśnienie w ogumieniu oraz stan rzeźby bieżnika. Czynność ta jest niezwykle istotna w przypadku stosowania w urządzeniach rolkowych bębnow napawanych, bez pokrycia tworzywem sztucznym ze względu na możliwość zniszczenia opony oraz w przypadkach występowania poślizgu między kołem a rolkami przy stosunkowo małych wartościach mierzonych sił hamowania. Ważne jest też określenie rzeczywistego obciążenia badanych kół. Algorytm przeprowadzania czynności wstępnych przedstawiono na rysunku 1.

Hamowanie powinno być dokonywane tylko hamulcem badanym, przy czym sprzęgło silnika może być włączone, a w pojazdach wyposażonych w mechanizm wspomagający silnik może być uruchomiony. Pomiar sił hamowania powinien być dokonany na granicy blokowania któregośkolwiek koła, przy czym nacisk na pedał (dźwignię) hamulca nie może przekraczać wartości określonych w obowiązującej metodyce.

Pomiar siły hamowania jednej osi powinien być dokonany równocześnie na kołach jednej i drugiej strony tej samej osi. Podczas pomiaru siły hamowania na każdej osi powinien być również zmierzony nacisk na pedał (dźwignię) hamulca lub ciśnienie w siłownikach pneumatycznego układu hamulcowego, stosowane podczas pomiaru. Zaleca się, aby osie pojazdu przy przeprowadzaniu pomiarów były obciążone, lecz nie więcej niż maksymalny nacisk konstrukcyjny określony dla danego typu pojazdu. Ignorowanie tego zalecenia jest najczęstszą przyczyną błędnego interpretowania wyników pomiarów.

Podczas pomiarów należy uwzględnić ewentualny wpływ na wartości mierzone urządzeń sterujących. Do takich urządzeń zaliczają się m.in. urządzenia podciśnieniowe wspomagające stosowane w układach hydraulicznych. Badania przeprowadza się dla każdego z typów hamulca osobno. Przy czym dla hamulca awaryjnego i postojowego siła hamowania jest określona jako suma sił hamowania na wszystkich kołach hamowanych danym hamulcem. Algorytm pomiaru sił hamowania na kołach przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Algorytm czynności wstępnych przeprowadzanych przed pomiarem sił hamowania  
Fig. 1. Algorithm of initial operations before measuring braking forces

### 3. OKREŚLENIE SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADU HAMULCOWEGO

Miarą skuteczności hamowania jest wskaźnik skuteczności hamowania, a de facto siła hamowania (suma sił hamowania na kołach) lub opóźnienie hamowania. Minimalne graniczne wartości siły hamowania czy opóźnienia wylicza się na podstawie wartości

granicznych wskaźnika skuteczności hamowania. Przy czym należy wziąć pod uwagę fakt, że są one określone z uwzględnieniem masy całkowitej dopuszczalnej (d.m.c.). Określa się także nierównomierność działania układu hamulcowego poprzez porównanie zmierzonych wartości sił hamowania po obu stronach osi pojazdu.

### Obliczanie wskaźnika skuteczności hamowania

Wskaźnik skuteczności hamowania oblicza się na podstawie zmierzonej siły hamowania wykorzystując wzór:

$$z = \frac{\sum T}{P} * 100$$

gdzie:

$z$  – wskaźnik skuteczności hamowania [%] dla badanego rodzaju hamulca,

$\sum T$  – suma sił hamowania wszystkich kół (kN), odpowiednio dla każdego rodzaju hamulca,

$P$  – siła ciężkości odniesiona do masy całkowitej dopuszczalnej pojazdu [kN].

Wiele kontrowersji budzi odniesienie sumy sił hamowania na kołach uzyskanych przy określonej, rzeczywistej masie pojazdu nie do siły ciężkości odpowiadającej tej masie, a do siły wynikającej z masy całkowitej dopuszczalnej. Należy pamiętać o tym, że celem badania kontrolnego jest określenie, czy badany pojazd spełnia wymagania określone w „warunkach technicznych”, a zatem określenie sprawny – niesprawny. Algorytm wstępnego wyznaczenia wskaźnika skuteczności hamowania przedstawiono na rysunku 2. Jeżeli wynik badania będzie pozytywny w odniesieniu do d.m.c. to tym bardziej będzie pozytywny dla masy rzeczywistej mniejszej od d.m.c. Jeżeli wynik badania jest negatywny, tzn. obliczony wskaźnik skuteczności hamowania wg powyższego wzoru będzie mniejszy od wymaganego, należy uwzględnić stosunek maksymalnej dopuszczalnej w czasie pomiarów siły nacisku na pedał hamulca dla danego typu pojazdu do rzeczywistej siły nacisku na pedał hamulca w czasie pomiaru. Obliczona „zastępcza” suma sił hamowania wyraża się wzorem:

$$T^* = \sum \left( T * \frac{P_d}{P_z} \right)$$

gdzie:

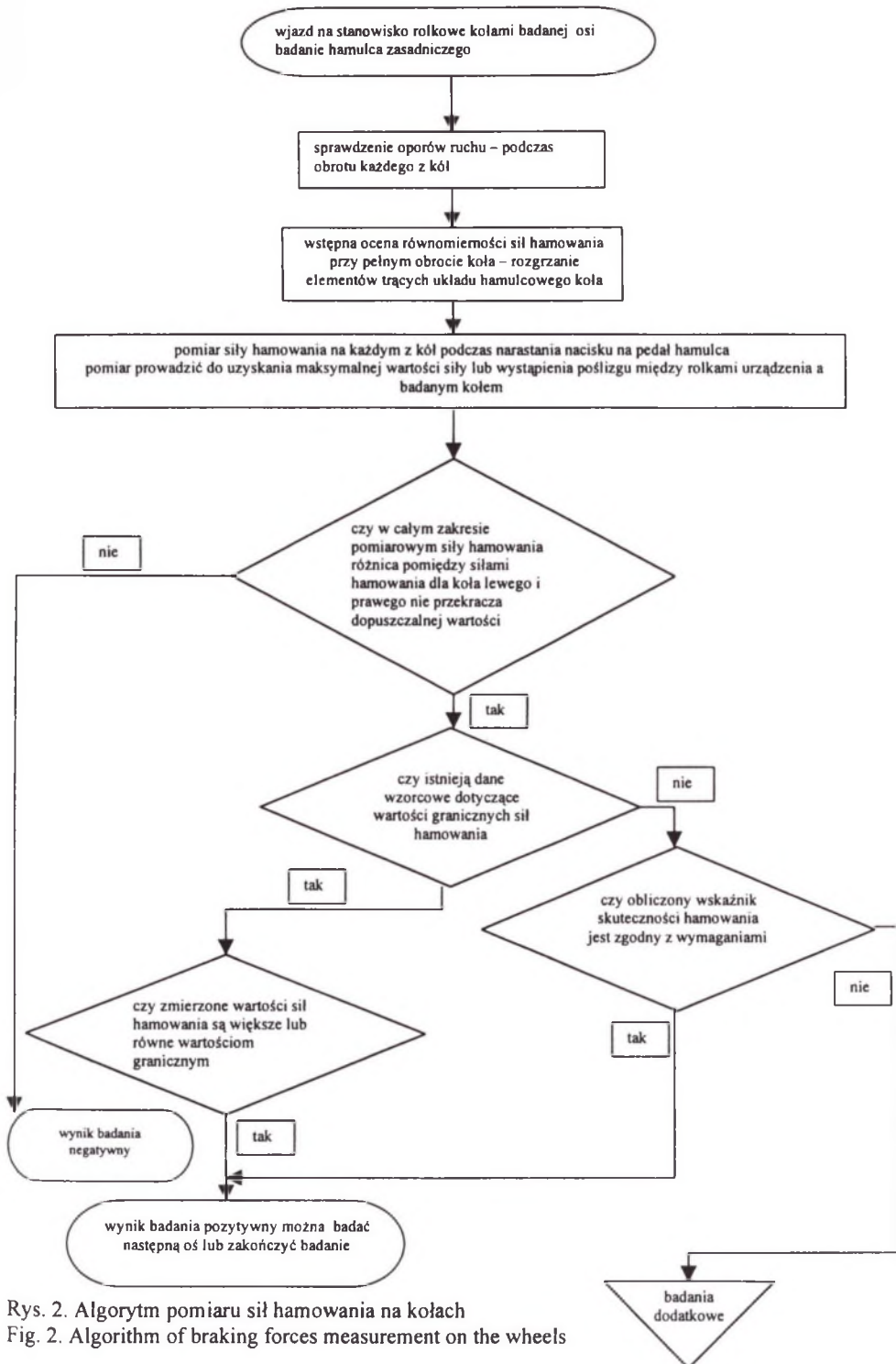
$T^*$  – obliczeniowa (zastępcza) siła hamowania na kołach [kN],

$P_d$  – dopuszczalny nacisk na pedał (dźwignię) hamulca roboczego dla danego typu pojazdu, określony w „warunkach technicznych” [kN],

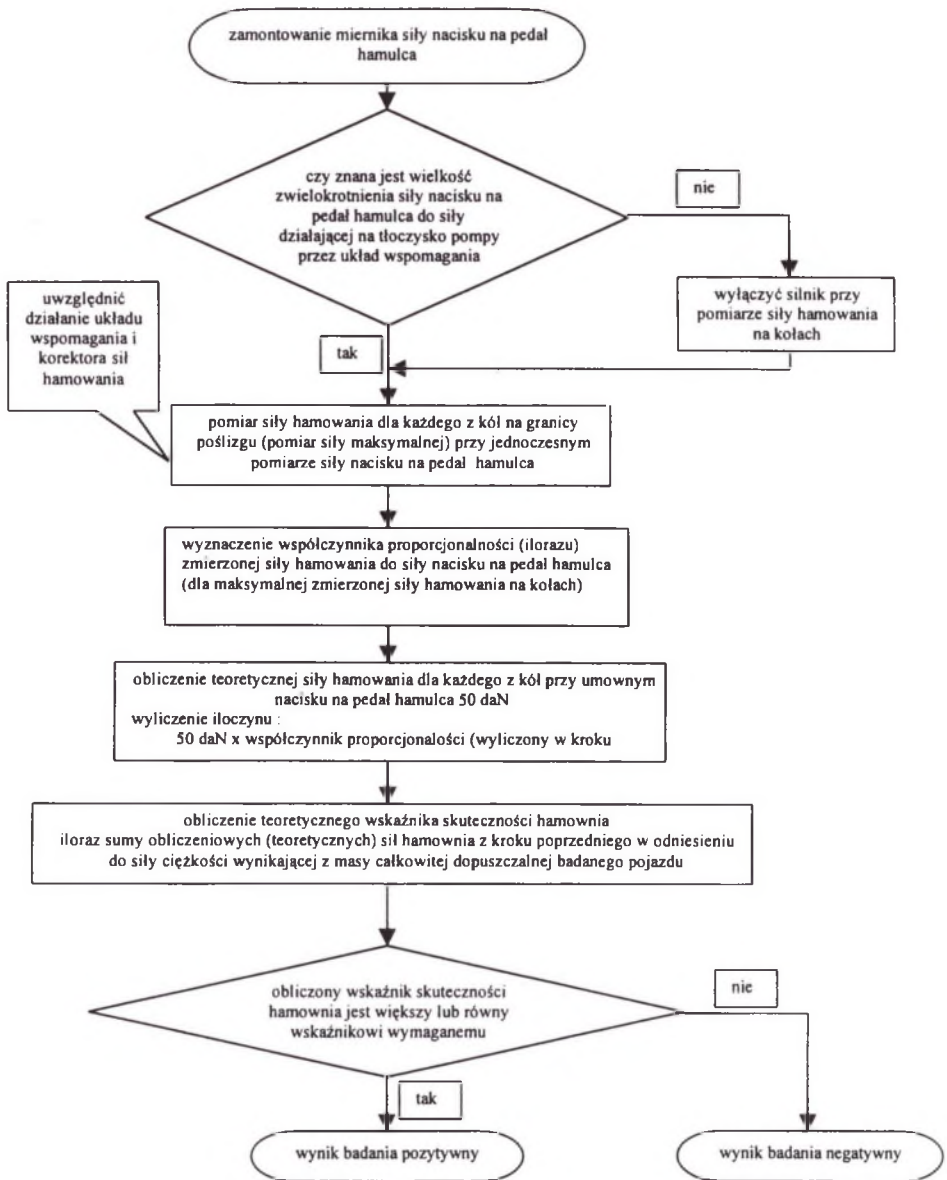
$P_z$  – zmierzony nacisk na pedał (dźwignię) hamulca roboczego [kN].

Obliczoną zastępczą sumę sił hamowania wykorzystujemy do obliczenia wskaźnika skuteczności hamowania. Podstawowym błędem podczas badań z wykorzystaniem miernika siły nacisku na pedał hamulca jest pomiar przy działającym urządzeniu wspomagania (pomiar przy pracującym silniku), a nie uwzględnienie tego faktu w obliczeniach. Jeżeli znane jest przełożenie urządzenia wspomagania, tzn. stosunek rzeczywistej siły nacisku na pedał hamulca do siły wywieranej na tłoczek pompy hamulcowej, to pomiar może być przeprowadzony przy pracującym silniku, jeżeli takimi danymi nie dysponujemy, należy pomiar przeprowadzić w warunkach wykluczających działanie układu wspomagania.

Przedstawiona metoda obliczeniowa ma sens przy pomiarze maksymalnej siły hamowania na kołach, w zakresie w którym korektor nie powoduje jej ograniczenia. Algorytm postępowania dla układów hamulcowych hydraulicznych przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Algorytm pomiaru sił hamowania na kołach  
Fig. 2. Algorithm of braking forces measurement on the wheels



Rys. 3. Algorytm wyznaczania zastępczej wartości wskaźnika skuteczności hamowania  
 Fig. 3. Algorithm of determining a substitute value of braking effectiveness index

#### 4. WYZNACZANIE WSKAŹNIKA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADU HAMULCOWEGO NA PODSTAWIE BADAŃ STANOWISKOWYCH I PRÓBY DROGOWEJ

W celu porównania metod wyznaczania wskaźnika skuteczności działania układu hamulcowego przeprowadzono pomiary sił hamownia na kołach i opóźnienia hamowania dla kilkunastu samochodów. Pomiary sił hamowania na kołach przeprowadzono na urządzeniu rolkowym MAHA IW2. Opóźnienie hamowania mierzono przy użyciu miernika MAHA VZM 100. W tabelicy 1 przedstawiono wyniki pomiarów dla sześciu samochodów różnych marek. Pomiaru opóźnienia hamowania dokonano zgodnie z metodyką obowiązującą podczas okresowych badań kontrolnych. Przeprowadzono obliczenia wskaźnika skuteczności hamownia zarówno przy uwzględnieniu masy rzeczywistej, masy całkowitej dopuszczalnej, jak i maksymalnego opóźnienia hamowania mierzonego podczas próby drogowej.

Tabela 1

Wyniki badań mających na celu wyznaczenie wskaźnika skuteczności działania układu hamulcowego

Marka pojazdu	OPÉL ASTRA II 1,6	SKODA FELICJA	TOYOTA CARINA 1,6	VW POLO 1,4	SEICENTO 900	CINQUE- CENTO 700
Dopuszczalna masa całkowita [kg]	1720	1420	1600	1420	1190	1120
Masa rzeczywista [kg]	1306	1093	1315	1087	913	864
Zmierzona suma sił hamowania na kołach osi tylnej przy włączonym silniku [kN] / siła nacisku na pedał hamulca [daN]	4,12 / 23	2,57 / 38	3,2 / 16	1,38 / 30	1,68 / 23	1,02 / 71,5
Zmierzona suma sił hamowania na kołach osi przedniej przy włączonym silniku [kN] / siła nacisku na pedał hamulca [daN]	5,36 / 16	6,25 / 11,5	6,37 / 11	4,42 / 10	4,19 / 7	3,43 / 12,5
Wskaźnik skuteczności hamowania odniesiony do masy rzeczywistej [%]	72	80	72	53	64	51
Wskaźnik skuteczności hamowania odniesiony do masy całkowitej dopuszczalnej [%]	55	62	59	40	49	40
Zmierzona suma sił hamowania na kołach osi tylnej przy wyłączonym silniku [kN] / siła nacisku na pedał hamulca [daN]	3,2 / 30	2,5 / 40	3 / 30	1,3 / 40	1,6 / 30	0,9 / 50
Zmierzona suma sił hamowania na kołach osi przedniej przy wyłączonym silniku [kN] / siła nacisku na pedał hamulca [daN]	4,2 / 30	6 / 40	6,1 / 40	4 / 25	4 / 30	3 / 20
Obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania odniesiony do masy dopuszczalnej i umownego nacisku na pedał hamulca 50daN [%]	70	74	78	68	78	75
Zmierzone opóźnienie hamowania [ $m/s^2$ ]	6,8	7,7	8,3	7,1	7,9	6,9
Wskaźnik skuteczności hamowania obliczony przy wykorzystaniu opóźnienia hamowania [%]	68	77	83	71	79	69

Z analizy wyników z przeprowadzonych badań i obliczeń wynika, że podczas badań kontrolnych, dla niektórych pojazdów, istnieje konieczność stosowania metody interpolacji wielkości sił hamowania na kołach, obliczając ich wartość zastępczą w odniesieniu do nacisku na pedał hamulca wynoszącego 50 daN. Przy czym, ze względu na stosowaną metodykę pomiaru sił hamowania, wyznaczanie zastępczej sumarycznej siły hamowania powinno być przeprowadzone dla osi przedniej i tylnej osobno. Metodę interpolacji wyników pomiarów sił hamowania przy wyeliminowaniu działania układu wspomagania można zastąpić próbą drogową. Wyznaczenie rzeczywistego wskaźnika skuteczności hamowania metodą pomiaru opóźnienia jest metodą znacznie szybszą.

## 5. PRÓBA DROGOWA

Obowiązująca metodyka badań kontrolnych dopuszcza przeprowadzenie próby drogowej w przypadku specjalistycznych badań pojazdu po wypadku, kolizji drogowej, wymianie nadwozia lub ramy, z zastrzeżeniem wykonania badania tylko w wypadkach uzasadnionych wynikami pomiarów lub obserwacjami pracownika dokonującego badania. W metodyce badania skuteczności i równomierności działania hamulców dopuszcza się badanie skuteczności hamowania w drodze pomiaru opóźnienia hamowania w przypadku pojazdów, których cechy uniemożliwiają przeprowadzenie badania na urządzeniu rolkowym lub płytowym. O ile w przypadku badań specjalistycznych określa się, że próbę drogową można przeprowadzić wyłącznie na wydzielonym terenie (nie na drodze publicznej), to w przypadku pomiaru opóźnienia hamowania dopuszcza się przeprowadzenie badania na drodze publicznej z zastrzeżeniem, że w przypadku autobusów zamiast pasażerów powinien być zastosowany balast odpowiadający pod względem masy i rozmieszczenia nośności danego pojazdu.

W przypadku pomiaru opóźnienia określono parametry odcinka pomiarowego. Wybrany odcinek powinien być poziomy, o nawierzchni twardej, równej, suchej i czystej.

Próbę drogową podczas badania kontrolnego można wykorzystać także do oceny stanu technicznego urządzeń przeciwblokujących hamulców. Badanie takie obejmuje:

- badanie wykorzystania przyczepności kół do jezdni przez układ ABS,
- badanie zachowania się podczas gwałtownego hamowania przy niskiej i wyższej prędkości,
- badanie stabilności pojazdu i skuteczności hamowania podczas działania układu ABS.

Wykorzystanie przyczepności kół do jezdni przez układ ABS określa się jako stosunek skuteczności hamowania przy działającym układzie ABS do skuteczności przy pełnym wykorzystaniu przyczepności kół do jezdni. Stosunek ten wyraża się zależnością:

$$\epsilon = z_{\max} / k \geq 0,75$$

gdzie:

$z_{\max}$  – maksymalny wskaźnik skuteczności hamowania odniesiony do przyspieszenia ziemskiego,

$k$  – współczynnik przyczepności koła do jezdni.

Badania powinny być przeprowadzone przy prędkości początkowej ok. 30-40 km/godz. i prędkości wyższej 70-90 km/godz. Hamowanie powinno być przeprowadzone podczas przejeżdżania przez granicę pomiędzy nawierzchniami jezdni o wysokim i niskim współczynniku przyczepności. Ocenia się zachowanie pojazdu podczas hamowania, a w szczególności:

- stabilność ruchu pojazdu,
- skuteczność hamowania,
- brak blokowania kół.

Poprzez prędkość wyższą należy rozumieć prędkość, jaką może rozwinąć pojazd na odcinku pomiarowym. Hamowanie powinno być przeprowadzone przy maksymalnym nacisku na pedał hamulca.

Badanie dodatkowe powinno być przeprowadzone w warunkach, w których koła lewej i prawej strony poruszają się po nawierzchniach o różnych współczynnikach przyczepności:

$$k_1 \geq 0,5, \quad k_1/k_2 > 2$$



Przy prędkości ok. 50 km/godz. podczas gwałtownego hamowania koła kierowane nie powinny się blokować. Wskaźnik skuteczności hamowania powinien podczas tej próby spełniać zależność:

$$Z \geq 0,75(4k_2 + k_1)/5 \text{ oraz } z \geq k_2$$

## 6. PODSUMOWANIE

Obowiązująca metodyka kontroli układów hamulcowych podczas okresowych badań kontrolnych pojazdów umożliwia zarówno stosowanie metod skróconych, dla pojazdów o znanych parametrach dotyczących sił hamowania, jak i metod dokładnego wyznaczania wskaźnika skuteczności hamowania. Wyznaczanie wskaźnika skuteczności hamowania na podstawie pomiarów opóźnienia hamowania podczas próby drogowej jest metodą znacznie szybszą od dodatkowych badań stanowiskowych. Wyniki obliczeń uzyskane przy użyciu obu metod są porównywalne.

Próba drogowa nie powinna być jedynym testem układu hamulcowego, przeprowadzanym podczas badań kontrolnych. Badania wstępne, mające na celu określenie nierównomierności siły hamowania przy obrocie koła, zależności narastania siły hamowania od wzrostu nacisku na pedał hamulca, powinny być zawsze przeprowadzone z wykorzystaniem urządzenia rolkowego.

## Literatura

1. Filipczyk J.: Istota badań kontrolnych w zakresie diagnostyki bezpieczeństwa. II Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych”. Kielce 9-10 lutego 2000 r. Materiały konferencyjne, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2000.
2. Filipczyk J.: Metodyka oceny własności trakcyjnych samochodu przy zastosowaniu opóźnieniomierza. Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka pojazdów samochodowych '98”. Katowice 6 listopada 1998 r. Materiały konferencyjne, Instytut Transportu w Katowicach, Politechnika Śląska.
3. Filipczyk J.: Badanie techniczne ciągników rolniczych. IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka pojazdów samochodowych 2000”. Katowice, 14 stycznia 2000. Materiały konferencyjne, Instytut Transportu w Katowicach, Politechnika Śląska.
4. Filipczyk J.: Wykorzystanie „próby drogowej” w badaniach kontrolnych pojazdów. V Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka pojazdów samochodowych 2000”. Katowice 17 listopada 2000. Materiały konferencyjne, Instytut Transportu w Katowicach, Politechnika Śląska.
5. Filipczyk J.: Okresowe badania kontrolne układów hamulcowych. Konferencja hamulcowa 2001, Łódź 19-21 kwietnia 2001. Materiały konferencyjne, Politechnika Łódzka.
6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 kwietnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. Dz U Nr 44, 15 maja 1999.
7. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 7 września 1999 r. W sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów przy tym stosowanych. Dz U Nr 81, 13 października 1999.

**Abstract**

Some problems which occur during check up tests of brake systems in cars up to 3,5T have been discussed in the paper. Methodology of determining the effectiveness of a brake system with respect to current regulations have been presented as well. Further development of methodology of check up tests with regard to ABS system effectiveness has been suggested. The results of brake systems comparative tests at a roll stand for cars up to 3,5T and during road tests have been presented. The most frequently occurring errors at brake system tests have been discussed as well.