

## **WPŁYW STANU TECHNICZNEGO SAMOCHODU NA PRZEBIEG OPÓŹNIENIA HAMOWANIA**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu stanu technicznego niektórych zespołów samochodu na przebieg opóźnienia hamowania. Przeprowadzono badania stanowiskowe oraz próby drogowe dla samochodów w stanie technicznym spełniającym wymagania prawne oraz z uszkodzonymi elementami, mogącymi mieć wpływ na proces hamowania. Badania drogowe przeprowadzono na jezdniach o różnych nawierzchniach. Omówiono wpływ stanu technicznego samochodu na przebieg procesu hamowania przy różnych prędkościach początkowych oraz na różnych nawierzchniach.*

### **WSTĘP**

Bezpieczeństwo użytkownika samochodu w ruchu drogowym można analizować zarówno w ujęciu ogólnym jako systemu antropotechnicznego człowiek – samochód, jak i w aspekcie wpływu poszczególnych układów samochodu, których stan techniczny zmienia się w trakcie użytkowania, na parametry jego ruchu w różnych sytuacjach drogowych, przy uwzględnieniu wymuszeń zewnętrznych i sterowania. W systemie człowiek – samochód – droga istotną cechą człowieka jest zdolność adaptacji do określonej sytuacji drogowej co umożliwia reagowanie w nieprzewidzianych okolicznościach [1], a także możliwość popełniania przez człowieka błędów które mogą mieć negatywne skutki. Samochody wyposażane są w układy które są w stanie przeciwdziałać nieprawidłowym działaniom użytkownika (kierującego) lub ograniczać skutki nieprawidłowego działania. Zmieniający się w trakcie eksploatacji stan techniczny poszczególnych układów samochodu ma wpływ zarówno na odpowiedź samochodu na prawidłowe działanie użytkownika jak i na zdolność do przeciwdziałania nieprawidłowym decyzjom. Przez nieprawidłowe decyzje należy rozumieć zarówno decyzje wynikające ze złej oceny sytuacji drogowej i próbę wykonania nieprawidłowego manewru np. przyspieszenia zamiast hamowania, brak decyzji np. niepodjęcie manewru hamowania jak i złe wykonanie decyzji np. hamowania ze zbyt małą intensywnością. Skutek podjęcia prawidłowej decyzji i jej prawidłowa realizacja zależy od cech konstrukcyjnych układu i jego stanu technicznego.

Stan techniczny układów samochodu ulega zmianie w czasie eksploatacji na skutek zachodzących procesów destrukcyjnych. Ma to wpływ na zmianę wartości parametrów istotnych dla zachowania bezpieczeństwa. Istotne jest aby użytkownik odpowiednio wcześniej otrzymał komunikat o niepożądanych zmianach własności eksploatacyjnych [2]. Przy czym dla użytkownika duże znaczenie ma informacja o zdolności zadaniowej rozumianej jako zdolności do wykonywania zadań w określonym przedziale czasowym lub przebiegowym do osiągnięcia wartości niedopuszczalnych przez parametry określające bezpieczeństwo użytkownika. Jednym z istotnych parametrów charakteryzujących bezpieczeństwo użytkownika pojazdu w ruchu drogowym jest droga hamowania.

### **1. WPŁYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH I STANU TECHNICZNEGO SAMOCHODU NA DROGĘ HAMOWANIA**

Hamowanie jest jednym z podstawowych manewrów wykonywanych podczas jazdy samochodu. Kryterium oceny systemu człowiek – pojazd – droga w aspekcie bezpieczeństwa w ruchu drogowym może być długość drogi zatrzymania rozumianej jako odległość jaką przejeżdża pojazd od chwili dostrzeżenia przez kierowcę wystąpienia okoliczności wymagającej rozpoczęcia manewru hamowania do chwili zatrzymania pojazdu. Bardzo często droga zatrzymania błędnie utożsamiana jest z drogą hamowania, która jest tylko jej jednym ze składników. Czas w którym pojazd pokonuje drogę zatrzymania składa się z czasu reakcji kierowcy, czasu reakcji układu hamulcowego, czasu narastania siły hamowania na kołach, czasu w którym siła hamowania na kołach ma wartość maksymalną. Drogę hamowania można zdefiniować jako odległość jaką przebywa pojazd od chwili zadziałania układu hamulcowego do zatrzymania pojazdu. Długość drogi hamowania pojazdu oprócz prędkości początkowej zależy od kilku czynników m.in.: parametrów technicznych układu hamulcowego, parametrów technicznych opon, rodzaju i stanu nawierzchni po której porusza się pojazd [3, 4, 5, 6].

Na skuteczność działania układu hamulcowego którą można scharakteryzować wskaźnikiem określonym jako iloraz sumarycznej siły hamowania na kołach do nacisku na koła wynikającego z masy hamowanego pojazdu istotny wpływ będzie miała siła tarcia występująca pomiędzy tarczą hamulcową (bębnem), a klockiem hamulcowym (szczęką), zależna m. in. od własności materiałów z jakich wykonane są te elementy oraz stopnia ich zużycia. W procesie hamowania istotny jest także czas narastania sił hamowania na kołach, zależny nie tylko od parametrów konstrukcyjnych układu hamulcowego ale także od obecności dodatkowych systemów bezpieczeństwa takich jako ABS (*anti-lock brake system*) czy BAS (*brake assist system*) oraz prawidłowego działania tych systemów.

Parametry ruchu samochodu podczas hamowania zależą także parametrów ruchu tocznego ogumionego koła po nawierzchni jezdni. Będą uzależnione m. in. od współczynników tarcia pomiędzy ogumionym kołem a nawierzchnią jezdni, współczynnika poślizgu na który wpływ mają zarówno cechy materiałowe i konstrukcyjne opony, materiał z jakiego wykonana jest nawierzchnia drogi oraz stan techniczny ogumienia i nawierzchni drogi. Na parametry toczenia się koła po nawierzchni jezdni będzie miał także wpływ stopień

przylegania koła do podłoża i zmiana nacisku koła na podłoże zależna zarówno od profilu nawierzchni jak i stanu technicznego samochodu, a w szczególności układu jezdnego i zawieszenia.

Opisanie stanu bezpieczeństwa podczas wykonywania manewru hamowania od chwili zadziałania układu hamulcowego do zatrzymania pojazdu powinno uwzględniać zarówno wpływ samochodu jak i nawierzchni drogi. Zmiany parametrów ruchu samochodu można opisać przebiegiem zmian wartości siły hamowania lub opóźnienia hamowania.

## 2. BADANIA WPŁYWU STANU TECHNICZNEGO SAMOCHODU NA PRZEBIEG HAMOWANIA

### 2.1. Cel, zakres i obiekt badań

Celem badań było kreślenie wpływu stanu technicznego samochodu na przebieg opóźnienia hamowania w różnych warunkach drogowych. Badania przeprowadzono dla samochodów z układem hamulcowym działającym prawidłowo oraz nieprawidłowo. Zakres badań obejmował przeprowadzenie prób drogowych podczas których rejestrowano przebieg opóźnienia hamowania na czterech rodzajach nawierzchni jezdni, suchym i mokrym asfalcie oraz nawierzchni pokrytej śniegiem i lodem. Próby drogowe przeprowadzono dla dwóch prędkości początkowych samochodów 30 i 60 km/godz. Pełny zakres badań przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1. Zakres przeprowadzonych badań**

	Próba drogowa, rodzaj nawierzchni						Badania stanowiskowe
	Asfalt suchy		Asfalt mokry		Pokrywa śnieżna/lód		
Prędkość początkowa, km/godz.	30	60	30	60	30	60	
Samochód w dobrym stanie technicznym	x	x	x	X	x	x	x
Samochód ze zużytymi elementami układu hamulcowego	x	x	x	x	x		x
Samochód z uszkodzonym układem ABS	X	x	x	x	x		
Samochód z uszkodzonym układem BAS	X	x	x	x	x	x	

Badania przeprowadzono dla trzech samochodów osobowych różnych marek o zbliżonych parametrach technicznych tj. masie własnej i całkowitej dopuszczalnej, obciążenia osi, mocy maksymalnej silnika, konstrukcji układu hamulcowego. Symulacja uszkodzeń samochodów polegała na zamontowaniu zużytych tarcz i klocków hamulcowych oraz wymuszeniu nieprawidłowego działania układów ABS i BAS. Badania w każdych warunkach drogowych przeprowadzono zarówno dla opon letnich jak i zimowych. We wszystkich samochodach stosowane opony były wyprodukowane przez tego samego producenta. Parametry techniczne ogumienia przedstawiono w tabeli 2.

**Tab.2. Parametry techniczne ogumienia samochodów**

Nr samochodu	Opony zimowe		Opony letnie	
	Głębokość bieżnika	Rozmiar	Głębokość bieżnika	Rozmiar
1	8 mm	195/50R16	8 mm	205/45R16
2	5 mm	195/55R15	8 mm	205/45R17
3	7 mm	185/55R14	4,5 mm	195/50R15

Każdy z testowanych samochodów przed próbą drogową badany był na stanowisku rolkowym służącym do pomiaru sił hamowania na kołach. Mierzono maksymalne siły hamowania na kołach, nierównomierność sił hamowania przy jednym pełnym obrocie koła, różnicę pomiędzy wartościami sił na kole lewym i prawym tej samej osi w całym zakresie siły nacisku na pedał hamulca.

Ze względów bezpieczeństwa nie przeprowadzono prób drogowych dla samochodów ze zużytymi elementami układu hamulcowego oraz uszkodzonym układem ABS na jezdni pokrytej pokrywą śnieżną i lodową przy prędkości początkowej 60 km/godz.

Przebieg opóźnienia rejestrowano przy użyciu opóźnieniomierza VZM 300 wyprodukowanego przez firmę MAHA.

### 2.2. Wyniki badań

Dla każdego z samochodów testowych po wykonaniu pomiarów sił hamowania na kołach na stanowisku rolkowym, wyznaczono wskaźnik skuteczności hamownia Z zgodnie ze wzorem:

$$Z = \frac{\sum F_{hi}}{m_{cd} \cdot g} \quad (1)$$

gdzie:

- $F_{hi}$  – siła hamowania na kole  $i$ ,
- $m_{cd}$  – masa całkowita dopuszczalna samochodu,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie.

Przykładowe wyniki pomiarów sił hamowania na kołach w samochodzie testowym przed wymuszeniem nieprawidłowego działania układu hamulcowego przedstawiono w tabeli 3. Obliczony wskaźnik skuteczności w tym przypadku wyniósł 0,57.

**Tab. 3. Maksymalne zmierzone wartości sił hamowania samochodu nr 1 (sprawnego)**

Oś przednia		Oś tylna	
Siła hamowania			
Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa
2,78 kN	2,54 kN	1,82 kN	1,95 kN
Różnica			
2 %		7 %	
Nierównomierność siły hamowania przy obrocie koła			
7%	0%	5%	11%

Wartości sił hamowania na kołach zmierzone po wymianie klocków i tarcz hamulcowych na zużyte przedstawiono w tablicy 4. Wskaźnik skuteczności hamowania wyniósł 0,46. Zgodnie z obowiązującymi przepisami samochod w takim stanie technicznym nie powinien być dopuszczony do ruchu.

**Tab. 4. Maksymalne zmierzone wartości sił hamowania samochodu nr 1 (niesprawnego)**

Oś przednia		Oś tylna	
Siła hamowania			
Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa
2,08 kN	2,01 kN	1,52 kN	1,69 kN
Różnica			
3,4 %		10,1 %	
Nierównomierność siły hamowania przy obrocie koła			
32%	3%	4%	14%

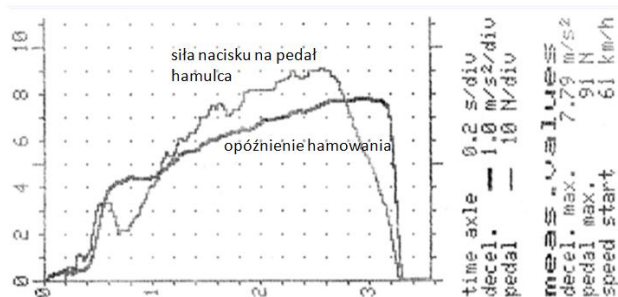
Wartości procentowe wskaźników skuteczności dla samochodów testowych ze sprawnym i niesprawnym układem hamulcowym przedstawiono w tabeli 5.

**Tab.5. Wartości wskaźników skuteczności hamowania dla badanych samochodów**

Nr samochodu	Wskaźnik skuteczności		Maksymalna nierównomierność siły hamowania przy jednym obrocie koła	
	Samochód sprawny	Samochód nie sprawny	Samochód sprawny	Samochód niesprawny
1	57%	46%	11%	32%
2	61%	52%	5%	38%
3	58%	41%	2%	5%

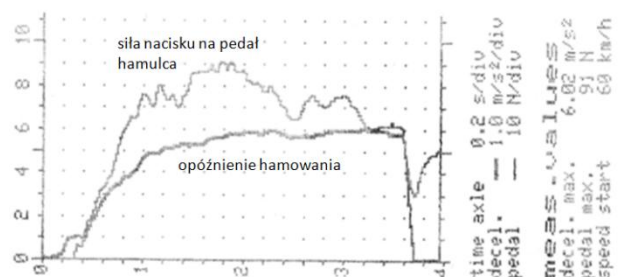
W samochodzie nr 2 po wymianie elementów ciernych układu hamulcowego na zużyte, wartość wskaźnika skuteczności hamowania była prawidłowa, powyżej minimalnej dopuszczalnej. Natomiast nierównomierność siły hamowania przy obrocie koła była wyższa od wartości dopuszczalnej określonej przez producenta. Wartości graniczne w tym przypadku nie są określone w wymaganiach technicznych dla pojazdów samochodowych.

Przykładowe wykresy przebiegu opóźnienia hamowania samochodu sprawnego i niesprawnego, uzyskane podczas testów drogowych przedstawiono na rys. 1 i 2.



**Rys. 1.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 1 - sprawny, prędkość początkowa 60 km/godz., nawierzchnia asfaltowa mokra, opony letnie

Na wykresie przebiegu opóźnienia hamowania faza narastania opóźnienia związana ze wzrostem siły nacisku na pedał hamulca płynnie przechodzi w fazę względnie stałego, maksymalnego opóźnienia hamowania, związaną z osiągnięciem maksymalnej siły hamowania na kołach.



**Rys. 2.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 1 - nie-sprawny, prędkość początkowa 60 km/godz., nawierzchnia asfaltowa mokra, opony letnie

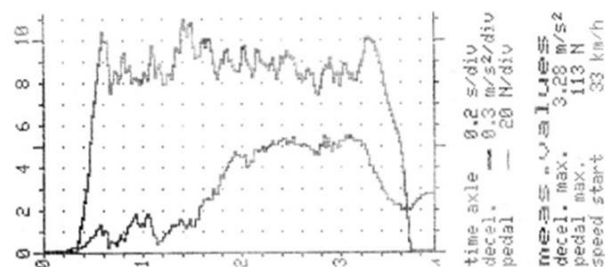
W przypadku samochodu ze zużytymi elementami czas narastania opóźnienia hamowania jest dłuższy w porównaniu do samochodu ze sprawnym układem hamulcowym, a moment wystąpienia maksymalnego opóźnienia hamowania nie jest zależny od siły nacisku na pedał hamulca. Porównując wartości maksymalnych opóźnień hamowania zmierzonych podczas testów przeprowadzonych dla wszystkich badanych samochodów (tabela 5) można zauważyć, że pomimo stosunkowo niewielkich różnic wartości maksymalnych opóźnień pomiędzy samochodami ze sprawnym i niesprawnym

układem hamulcowym, istotne różnice występują w długości drogi hamowania. Dla samochodów niesprawnych pomimo podobnych wartości maksymalnego opóźnienia hamowania, droga hamowania była zawsze dłuższa, zwłaszcza w przypadku wyższej prędkości początkowej i jezdni pokrytej śniegiem.

**Tab. 6.** Parametry procesu hamowania zmierzone podczas prób drogowych (samochody z oponami „letnimi”)

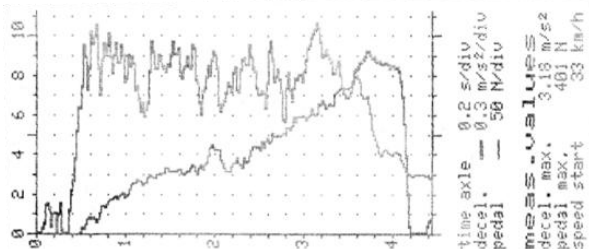
Nr samochodu – stan techniczny	Rodzaj nawierzchni	Prędkość początkowa, km/godz.	Maksymalna siła nacisku na pedał hamulca, N	Opóźnienie hamowania, m/s <sup>2</sup>	Droga hamowania, m
1 - sprawny	Mokry asfalt	30	77	6,67	6,6
	Śnieg	30	113	2,88	20,4
	Mokry asfalt	60	91	6,02	12,8
1 - nie-sprawny	Mokry asfalt	30	87	6,28	6,7
	Śnieg	30	290	2,67	25,1
	Mokry asfalt	60	91	6,02	13,2
2 - sprawny	Mokry asfalt	30	65	6,52	6,5
	Śnieg	30	120	3,05	18,9
	Mokry asfalt	60	88	6,32	12,5
2 - nie-sprawny	Mokry asfalt	30	68	6,01	6,8
	Śnieg	30	281	2,90	20,9
	Mokry asfalt	60	89	5,42	13,5
3 - sprawny	Mokry asfalt	30	67	6,57	6,9
	Śnieg	30	142	2,98	21,4
	Mokry asfalt	60	91	6,02	13,8
3 - nie-sprawny	Mokry asfalt	30	87	6,68	6,97
	Śnieg	30	312	2,82	24,0
	Mokry asfalt	60	102	6,52	15,2

Na jezdni zaśnieżonej nieco wyższe wartości opóźnienia hamowania uzyskano gdy samochód wyposażony był w opony zimowe (rys. 3 i 4).



**Rys. 3.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 1 - sprawny, prędkość początkowa 30 km/godz., nawierzchnia pokryta śniegiem, opony zimowe, działający układ ABS

Przy względnie krótkim czasie narastania opóźnienia, pomimo dalszego wzrostu siły nacisku na pedał hamulca, opóźnienie hamowania nie zwiększało się, a jego maksymalna wartość była niemal dwukrotnie niższa od uzyskanych w teście przeprowadzonym na mokrym asfalcie.

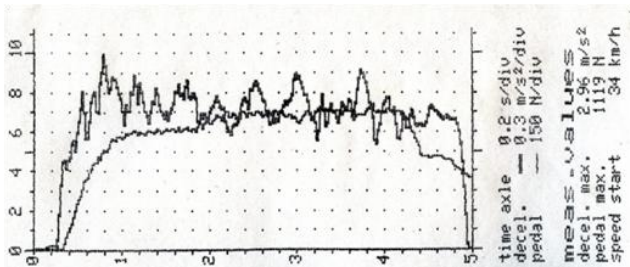


**Rys. 4.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 1 - nie-sprawny, prędkość początkowa 30 km/godz., nawierzchnia pokryta śniegiem, opony zimowe, działający układ ABS



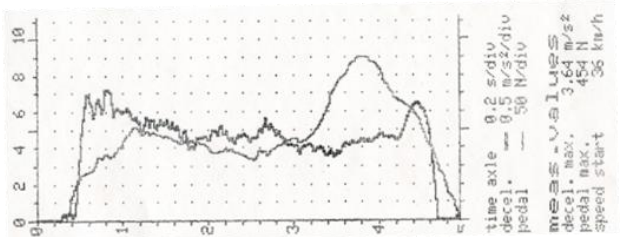
Zarówno dla samochodu ze sprawnym jak i nie sprawnym układem hamulcowym można zauważyć wahania wartości opóźnienia hamowania na skutek działania układu ABS. Przy czym amplituda zmian wartości jest większa w przypadku samochodu ze zużytymi elementami ciernymi układu hamulcowego.

Wpływ działania układu ABS można zaobserwować porównując przebiegi zmian wartości opóźnienia hamowania dla samochodu z działającym i niedziałającym układem ABS (rys. 5 i 6). Wykresy uzyskano podczas prób drogowych przeprowadzonych na lodzie dla samochodu ze sprawnym układem hamulcowym.



**Rys. 5.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 2 – działający układ ABS, prędkość początkowa ok. 30 km/godz., nawierzchnia – lód, opony zimowe

W przypadku działającego układu ABS można zauważyć zmieniające się wartości opóźnienia hamowania przy względnie stałym nacisku na pedał hamulca.



**Rys. 6.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 2 – niesprawny układ ABS, prędkość początkowa ok. 30 km/godz., nawierzchnia – lód, opony zimowe

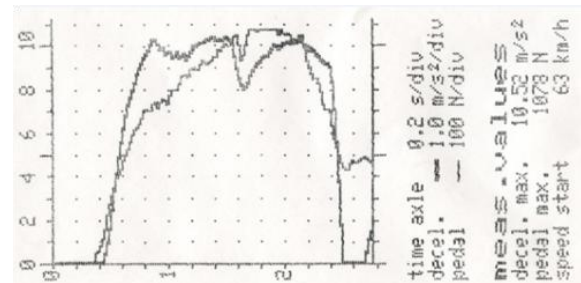
Przy wyłączonym układzie ABS uzyskano nieco wyższe maksymalne wartości opóźnienia hamowania i w konsekwencji krótszą drogę hamowania. Jednak w tym przypadku po zablokowaniu kół nastąpiła utrata możliwości sterowania układem kierowniczym. Ponadto możliwe było wywieranie maksymalnego nacisku na pedał hamulca bez konieczności zmniejszania siły nacisku po zablokowaniu kół.

W przypadku nawierzchni pokrytej niezwiązany mokrym śniegiem, pomimo uzyskania podobnych maksymalnych wartości opóźnienia jak w przypadku nawierzchni lodowej, droga hamowania zarówno dla próby wykonanej przy działającym jak i niedziałającym układzie ABS była dłuższa (tabela 7).

**Tab. 7.** Parametry procesu hamowania zmierzone podczas prób drogowych na śniegu i lodzie – prędkość początkowa ok. 30 km/godz.

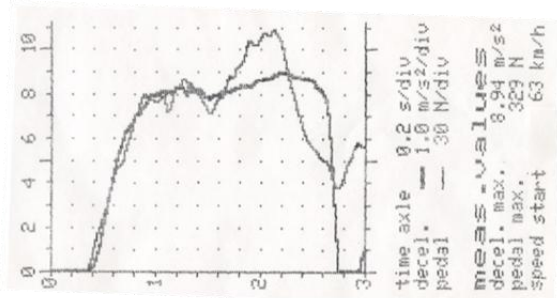
	Rodzaj nawierzchni	Maksymalna siła nacisku na pedał hamulca, N	Opóźnienie hamowania, m/s <sup>2</sup>	Droga hamowania, m
Działający układ ABS	Lód	1034	2,96	15,1
	Śnieg	1119	3,02	16,7
Niedziałający układ ABS	Lód	454	3,64	13,74
	Śnieg	842	3,69	15,9

Największe wartości opóźnienia hamowania oraz bardziej stabilne przebiegi uzyskano podczas prób drogowych wykonanych dla samochodu wyposażonego w układ BAS. Przy takich samych prędkościach początkowych samochodu przy działającym układzie BAS uzyskano większe o ok. 18% maksymalne wartości opóźnienia przy podobnych czasach narastania opóźnienia (rys. 7 i 8). Należy jednak zaznaczyć, że w celu uruchomienia systemu BAS niezbędne było wywarcie dużego nacisku na pedał hamulca - ok. 1 kN.



**Rys. 7.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 3 – działający system BAS, prędkość początkowa ok. 60 km/godz., nawierzchnia asfaltowa sucha

Przy działającym układzie BAS można zaobserwować mniejszą wrażliwość przebiegu zmian wartości opóźnienia hamowania na zmiany siły nacisku na pedał hamulca.



**Rys. 8.** Przebieg opóźnienia hamowania; samochód nr 3 – niesprawny system BAS, prędkość początkowa ok. 60 km/godz., nawierzchnia asfaltowa sucha

### 3. OCENA WPŁYWU STANU TECHNICZNEGO SAMOCHODU I WARUNKÓW DROGOWYCH NA PRZEBIEG PROCESU HAMOWANIA

Teoretycznie proces zmiany wartości przebiegu opóźnienia hamowania można podzielić na trzy fazy: fazę narastania opóźnienia hamowania związaną z narastaniem sił hamownia na kołach od chwili zadziałania układu hamulcowego do osiągnięcia wartości maksymalnych sił, fazę hamowania zasadniczego w którym uśredniona wartość opóźnienia hamowania jest względnie stała, fazę zatrzymania pojazdu w której wartość opóźnienia zmniejsza się od wartości maksymalnych do zera. Jak wykazały badania, w praktyce granica pomiędzy fazą narastania opóźnienia i fazą hamowania zasadniczego w której opóźnienie jest największe może być trudna do wyznaczenia.

Na przebieg procesu hamowania istotny wpływ ma zarówno stan techniczny pojazdu jak i stan nawierzchni jezdni po której porusza się pojazd. Stan techniczny układu hamulcowego ma istotny wpływ na przebieg zmian wartości opóźnienia hamowania zarówno w fazie narastania opóźnienia jak i po osiągnięciu wartości maksymalnych. W przypadku hamowania samochodów w dobrym stanie technicznym na nawierzchniach zapewniających dobrą przyczepność ogumienia do podłoża, przebieg zmian opóźnienia w

głównej mierze zależy od zmian siły nacisku na pedał hamulca. Przy łagodnym narastaniu siły nacisku na pedał, faza zwiększania się wartości opóźnienia będzie płynnie przechodziła w fazę wartości maksymalnych (rys. 1). Przy hamowaniu samochodem ze zużytymi elementami ciernymi, w celu osiągnięcia pożądanego efektu hamowania niezbędne jest znacznie szybsze zwiększanie siły nacisku na pedał co skutkuje względnie szybkim narastaniem opóźnienia hamowania ale tylko do wartości które są możliwe do osiągnięcia przy takim stanie technicznym samochodu (rys. 2). Pomimo względnie krótkiego czasu narastania opóźnienia hamowania możliwe do uzyskania wartości maksymalne opóźnienia są mniejsze, a droga hamownia dłuższa.

Przyjętą miarą do oceny stanu technicznego układu hamulcowego jest wskaźnik skuteczności hamowania wyrażony w procentach oraz różnica pomiędzy wartościami sił hamowania na kołach tej samej osi. Dla oceny stanu technicznego samochodu w aspekcie bezpieczeństwa wykonywania manewru hamowania branie pod uwagę obliczanej wartości wskaźnika skuteczności może być niewystarczające.

Przeprowadzone badania wykazały, że nawet przy znacznym zużyciu klocków i tarcz hamulcowych możliwe jest uzyskanie podczas badań stanowiskowych takich wartości sił hamowania na kołach które spełniają wymagania prawne w zakresie skuteczności hamowania. Do podobnych wniosków można dojść analizując maksymalne wartości uzyskanego opóźnienia hamowania w porównaniu do zmierzonej długości drogi hamowania. Przy stosunkowo małych różnicach w wartościach maksymalnego opóźnienia hamowania dla samochodów z prawidłowo działającym i niesprawnym układem hamulcowym istotne różnice występują w długościach drogi hamowania. Na taki stan ma wpływ występowanie znacznych wahań wartości opóźnienia hamowania w fazie opóźnień maksymalny w przypadku samochodów ze zużytymi elementami ciernymi.

Przy mniejszych prędkościach początkowych samochodu ok. 30 km/godz. i hamowaniu na suchej i mokrej nawierzchni asfaltowej, różnice pomiędzy długościami dróg hamownia dla samochodów sprawnych i niesprawnych były niewielkie. Przy większej prędkości początkowej ok. 60 km/godz. długość drogi hamownia dla niesprawnych samochodów wzrastała od kilku do kilkunastu procent (8 – 22%) dla suchego asfaltu, a w przypadku nawierzchni zaśnieżonych i oblodzonych nawet kilkadziesiąt procent (15 – 35%).

Stwierdzono, że na podstawie wyników pomiarów siły hamowania na kołach na stanowisku rolkowym i dostępnych w literaturze danych dotyczących wartości czasów narastania opóźnienia w początkowym okresie hamowania, bardzo trudne jest rzetelne obliczenie przypuszczalnej drogi hamownia. Będzie ona zależna w dużej mierze od rzeczywistego czasu narastania opóźnienia, a przede wszystkim od przebiegu zmian wartości opóźnienia w fazie zasadniczej hamowania. W przypadku działania układu ABS wielkość amplitudy zmian wartości opóźnienia hamowania ma istotny wpływ na długość drogi hamowania.

Działanie układu ABS ma przede wszystkim istotne znaczenie dla zapewnienia kierowności samochodem podczas procesu hamowania, zwłaszcza przy jeździe po nawierzchni niezapewniającej dobrej przyczepności kół jezdnych do podłoża. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że działanie układu ABS wpływa na przebieg zmian wartości opóźnienia. Nie stwierdzono istotnego wpływu działania układu na długość drogi hamowania.

#### 4. WNIOSKI

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na przebieg zmian wartości opóźnienia hamowania wpływ ma szereg czynników tj. stan techniczny samochodu, rodzaj nawierzchni po której pojazd się porusza, funkcjonowanie systemów

wspomagających działanie układu hamulcowego, zmiana wartości siły nacisku na pedał hamulca.

Nieprawidłowe działanie układu hamulcowego polegające na osiągnięciu mniejszych sił hamownia na kołach, czy też nierównomierności sił przy obrocie koła ma mniejsze znaczenie w przypadku hamowania przy niższych prędkościach początkowych na nawierzchniach zapewniających dobrą przyczepność kół do podłoża. Natomiast ma istotne znaczenie przy wyższych prędkościach jazdy zwłaszcza na nawierzchniach ośnieżonych lub oblodzonych.

Ocena stanu technicznego samochodu pod kątem bezpieczeństwa wykonywania manewru hamowania, przy uwzględnieniu wyłącznie zmierzonych wartości maksymalnych sił hamowania na kołach, czy też wartości maksymalnych opóźnienia hamowania jest niewystarczająca. Ocena stanu technicznego samochodu powinna obejmować zarówno pomiar sił hamowania na kołach, ocenę nierównomierności sił przy obrocie kół podczas hamowania oraz analizę przebiegu zmian wartości opóźnienia hamowania.

Wyniki obliczeń długości drogi hamowania na podstawie przyjmowanych wartości opóźnienia hamowania, bez uwzględnienia możliwych zmian tych wartości podczas hamowania, zwłaszcza w zakresie wartości maksymalnych, może być obciążone znacznym błędem.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Bojar P., Woropay M., Muslewicz Ł., *Propozycja budowy metody oceny niepożądanych działań ludzi usytuowanych w systemie antropotechnicznym i jego otoczeniu*. [www.logostyka.net.pl/bank-wiedzy/transport-i-spedycja](http://www.logostyka.net.pl/bank-wiedzy/transport-i-spedycja)
2. Bednarek M., Dąbrowski T., Będkowski L., *Bezpieczeństwo użytkowe systemu antropotechnicznego w ujęciu potencjałowym*. Problemy Eksploatacji, 2010 nr 1.
3. Wrzesiński T., *Hamowanie pojazdów samochodowych*. WKiŁ, Warszawa, 1973.
4. Prochowski L., *Mechanika ruchu. Pojazdy samochodowe*. WKiŁ, Warszawa, 2005.
5. Świder P., *Teoria ruchu samochodów. Cz. 1*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 2012.
6. Lozia Z., Woliński P., *Relacje wartości długości drogi hamowania i drogi zatrzymania dla różnych warunków ruchu samochodu*. Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2010 nr 6.

## INFLUENCE OF TECHNICAL CONDITIONS OF CARS ON THE COURSE OF BRAKE DECELERATION

### Abstract

*The paper presents the results of investigation into the impact of the technical state of some car systems on the course of deceleration during braking manoeuvre. The cars were examined on the diagnostic stand and during road tests. The test were carried out for cars which meet the legal requirements and with failure elements which may affect the braking. Road test were carried out on different surfaces like dry and wet as-*

*phalt, snow and ice. Influence of technical conditions of cars on braking process on different road surfaces and the initial car speed has been discussed as well.*

Autorzy:

dr inż. **Jan Filipczyk** – Politechnika Śląska, Wydział Transportu

prof. dr hab. inż. **Bogusław Łazarz** – Politechnika Śląska, Wydział Transportu