

Piotr CZECH, Bogusław ŁAZARZ, Henryk MADEJ

WPLYW CIŚNIENIA W OGUMIENIU I OBCIĄŻENIA POJAZDU NA OPÓŹNIENIE I DROGĘ HAMOWANIA SAMOCHODU OSOBOWEGO BEZ ABS

Streszczenie. Sprawne układy hamulcowe pojazdów są niekwestionowaną podstawą bezpieczeństwa ruchu drogowego. Omawiając właściwości jezdne pojazdu samochodowego, głównie zwraca się uwagę na stabilność jazdy, prędkość maksymalną czy zachowanie podczas pokonywania zakrętów. Są to istotne parametry samochodu, natomiast z perspektywy bezpieczeństwa podstawowym czynnikiem mającym na niego wpływ jest sprawny układ hamulcowy. Przeprowadzone badania pokazują wpływ różnych czynników na sprawność działania układu hamulcowego, a przez to na osiągnięte przez pojazd opóźnienie i drogę hamowania.

THE INFLUENCE OF THE PRESSURE IN TYRES AND THE LOAD OF THE CAR ON THE DELAY AND THE BRAKING DISTANCE OF A MOTOR-CAR WITHOUT ABS SYSTEM

Summary. Well-functioning braking systems in vehicles are the unquestionable basis of road safety. In descriptions of driving properties of a motor-car one is mainly concentrated on the stability of driving, maximum speed or the behaviour during turning the vehicle. These are, of course, very important car parameters, but in reference to safety the main aspect which influences it is the well-functioning braking system. The tests conducted here show the influence of different factors on the proper functioning of the braking system and at the same time on the delay of the car and its braking distance.

1. WPROWADZENIE

Układ hamulcowy pojazdu ma za zadanie zmniejszenie prędkości jazdy oraz zatrzymanie w określonym przez kierującego miejscu. System ten służy również do unieruchomienia pojazdu w czasie postoju. Z racji aktywnego udziału w przebieg jazdy zaliczmy go do układu bezpieczeństwa czynnego. Utrata prędkości odbywa się przez hamowanie, które jest procesem mającym ogromny wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Podczas hamowania siły wypadkowe działające na pojazd mają zwrot przeciwny do kierunku jazdy. Powoduje to zmniejszenie lub pełne rozproszenie nagromadzonej uprzednio energii kinetycznej

i potencjalnej pojazdu. Do bezpośredniego wytworzenia oraz zmiany wymuszonych oporów ruchu pojazdu wykorzystywane są urządzenia zwane mechanizmami hamującymi [1–4].

Kierowca pojazdu samochodowego jest podstawowym elementem mającym wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Reakcje następują na skutek spostrzeżeń optycznych. Należy zauważyć, że reakcje świadome występują wówczas, gdy obiekty znajdują się w obszarze ostrego widzenia (czas spostrzeżenia), zostają uchwycone (czas uchwycenia) i logicznie przetworzone (czas przetworzenia informacji). Następnie w skutek impulsów za pomocą akcji mięśni zostanie wykonany podświadomy proces techniczny (czas przystosowania). Reakcje podświadome (zaprogramowane) można wypracować przez trening, zmniejszając ich czas oraz poprawność wykonywania. Natomiast czasy spostrzeżenia i uchwycenia są u większości ludzi jednakowe [2].

Proces hamowania pojazdu składa się z kilku faz. Pierwsza faza zawiera czas psychomotoryczny kierowcy oraz czas opóźnienia zadziałania hamulca. Czas psychomotoryczny obejmuje moment postrzegania, czas reakcji i czas potrzebny kierowcy na przeniesienie nogi z pedału przyspiesznika na dźwignię hamulca. Czas psychomotoryczny mieści się w granicach od 0,2 s do 1,5 s, w zależności od predyspozycji i kwalifikacji kierującego. Ważnym czynnikiem są też warunki panujące w czasie jazdy. Czas uruchomienia liczony jest od momentu pojawienia się siły na pedale hamulca do chwili wystąpienia opóźnienia hamowania. Wpływ na ten czas ma sprawność techniczna układu hamulcowego oraz właściwości konstrukcyjne pojazdu. Dla sprawnych układów czas ten wynosi [5-7]:

- hydrauliczny układ hamowania – tarczowy: 0,05–0,07 s,
- hydrauliczny układ hamowania – bębnowy: 0,15–0,20 s,
- pneumatyczne układy hamowania: 0,20–0,40 s.

Faza druga obejmuje czas narastania opóźnienia. Mierzona jest od momentu zetknięcia się elementów ciernych do osiągnięcia maksymalnej, zamierzonej wartości opóźnienia. Wartość ta zależy od intensywności nacisku, jaką kierowca wywiera na pedał hamulca i przebiegów procesów przejściowych w układzie. Przyjmuje się do celów analizy wypadków, iż wynosi on dla hamowania o intensywności:

- umiarkowanej ($a_h < 5 \text{ m/s}^2$): 0,6 s,
- dużej ($a_h > 5 \text{ m/s}^2$): 0,4 s.

Kolejna faza hamowania obejmuje pełne działanie układu hamulcowego aż do całkowitego zatrzymania pojazdu.

Za początek obliczania czasu przyjmuje się moment zadziałania kierowcy na układ sterowania hamulców. Wartość osiąganego opóźnienia wykorzystuje się do oceny skuteczności działania hamulców.

2. OPIS EKSPERYMENTU

W celu zbadania sprawności układu hamulcowego wykorzystuje się wiele metod pozwalających na jego ocenę. Jedną z nich jest pomiar opóźnienia hamowania. W przeprowadzonych badaniach do tego celu wykorzystano urządzenie BRAKETEST LWS-2 firmy TEST-POL (rys. 1). Przyrząd ten pozwala analizować przebieg procesu hamowania poprzez zebrane dane, tj.: siłę nacisku na pedał hamulca, drogę przebytą w czasie hamowania, opóźnienie maksymalne oraz średnie, prędkość w chwili rozpoczęcia hamowania. Wykorzystany algorytm obróbki danych automatycznie eliminuje wpływ nachylenia pojazdu względem poziomu podczas hamowania, dzięki czemu prezentowane na wyjściu dane są odpowiednio skorygowane.



Rys. 1. Urządzenie pomiarowe LWS-2

Fig. 1. Measurement system LWS-2

Do badań wybrano samochód osobowy Nissan Sunny, fabrycznie niewyposażony w system ABS. Badany pojazd był sprawny technicznie, co potwierdziło badanie techniczne na stacji kontroli pojazdów.

Przeprowadzone eksperymenty miały na celu zbadanie wpływu różnych parametrów na osiągnięte opóźnienie i drogę hamowania. Badano wpływ rodzaju nawierzchni (droga asfaltowa i gruntowa), ciśnienia w ogumieniu oraz rozkładu obciążenia pojazdu.

Badania przeprowadzone zostały dla założeń przedstawionych w tabeli 1.

Tabela 1

Zakres ciśnienia ogumienia

	Ciśnienie ogumienia oś przednia [bar]	Ciśnienie ogumienia oś tylnia [bar]
Ciśnienie ogumienia zmiennie na obu osiach pojazdu	2,6	2,8
	2,2	2,4
	1,8	2,0
	1,4	1,6
Ciśnienie ogumienia zmiennie na osi przedniej, oś tylna 2,4 [bar]	2,6	2,4
	2,2	2,4
	1,8	2,4
	1,4	2,4
Ciśnienie ogumienia zmiennie na osi tylnej, oś przednia 2,2 [bar]	2,2	2,8
	2,2	2,4
	2,2	2,0
	2,2	1,6

Producent ogumienia założył nominalne ciśnienia na poziomie 2,2 [bar] na osi przedniej i 2,4 [bar] na osi tylnej. Do przedstawionych w tabeli 1 zmiennych parametrów ciśnienia zastosowano następujące kombinacje:

- pomiar na drodze asfaltowej, masa własna pojazdu + kierowca 80 [kg],
- pomiar na drodze gruntowej, masa własna pojazdu + kierowca 80 [kg],
- pomiar na drodze asfaltowej z obciążeniem pojazdu 300 [kg] + masa kierowcy 80 [kg],
- pomiar na drodze gruntowej z obciążeniem pojazdu 300 [kg] + masa kierowcy 80 [kg].

W przypadku badań z obciążeniem masa ładunku została rozmieszczona w bagażniku oraz we wnętrzu pojazdu. Rozłożenie mas w pojeździe wyglądało następująco:

- przedni fotel kierowcy 80 [kg],
- przedni fotel pasażera 60 [kg],
- tylnia przestrzeń pasażerska 90 [kg],
- obciążenie w przedziale bagażowym 150 [kg].

Zakres badań opracowany został dla prędkości 20 i 30 [km/h] przy pomiarze z obciążeniem 300 [kg] + masa kierowcy na drodze gruntowej i asfaltowej oraz 20, 30 i 40 [km/h] w czasie pomiarów bez obciążenia. Założone prędkości wynikają z przyczyn związanych z bezpieczeństwem prowadzonych badań.

Pomiary dokonywane były na nawierzchni suchej, w temperaturze otoczenia oscylującej w granicach 20–28°C.

3. WYNIKI BADAŃ

W tabelach 2, 3, 4 i 5 zestawiono uzyskane z badań wyniki.

Tabela 2

Proces hamowania na nawierzchni asfaltowej dla obciążonego pojazdu

Ciśnienie oś przednia [bar]	Ciśnienie oś tylna [bar]	Prędkość [km/h]	Opóźnienie max. [m/s]	Opóźnienie średnie [m/s]	Nacisk max. [daN]	Droga hamowania [m]
1,4	2,4	20,2	-5,68	-5,19	33,0	2,78
1,8	2,4	20,3	-6,19	-5,48	32,5	2,83
2,2	2,4	20,3	-6,17	-5,42	30,6	2,58
2,6	2,4	20,6	-6,66	-5,88	31,8	2,76
1,4	2,4	30,0	-6,03	-5,49	32,2	5,76
1,8	2,4	29,8	-6,02	-5,47	33,1	5,40
2,2	2,4	29,8	-6,31	-5,48	31,5	5,44
2,6	2,4	29,5	-6,43	-5,74	32,8	5,24
2,2	1,6	20,6	-7,37	-6,48	32,6	2,67
2,2	2,0	19,5	-5,39	-4,87	31,5	2,65
2,2	2,4	20,3	-6,17	-5,42	32,8	2,58
2,2	2,8	20,3	-6,59	-5,73	33,4	2,41
2,2	1,6	30,1	-6,72	-5,73	33,5	5,54
2,2	2,0	29,8	-6,32	-5,59	32,6	5,42
2,2	2,4	29,8	-6,31	-5,48	33,1	5,44
2,2	2,8	29,4	-6,58	-5,90	31,8	5,06
2,6	2,8	20,5	-6,83	-6,03	31,6	2,76
2,2	2,4	20,3	-6,17	-5,42	30,6	2,58
1,8	2,0	19,8	-5,25	-4,73	32,6	2,88

cd. tabeli 2

1,4	1,6	20,8	-5,64	-4,84	30,1	3,27
2,6	2,8	30,6	-6,25	-5,60	33,8	5,77
2,2	2,4	29,8	-6,31	-5,48	31,5	5,44
1,8	2,0	30,1	-5,28	-4,79	32,2	6,61
1,4	1,6	30,7	-5,56	-5,02	31,8	6,56

Tabela 3

Proces hamowania na nawierzchni gruntowej dla obciążonego pojazdu

Ciśnienie oś przednia [bar]	Ciśnienie oś tylna [bar]	Prędkość [km/h]	Opóźnienie max. [m/s]	Opóźnienie średnie [m/s]	Nacisk max. [daN]	Droga hamowania [m]
1,4	2,4	20,2	-5,85	-4,50	32,50	3,14
1,8	2,4	20,3	-6,07	-4,66	32,00	3,05
2,2	2,4	20,1	-5,83	-4,89	31,30	2,49
2,6	2,4	20,5	-5,25	-4,46	31,70	3,08
1,4	2,4	29,5	-5,28	-4,46	33,50	6,36
1,8	2,4	29,5	-5,21	-4,04	32,60	6,34
2,2	2,4	29,8	-6,01	-4,44	32,80	5,26
2,6	2,4	30,1	-5,62	-4,18	32,10	6,24
2,2	1,6	19,8	-5,14	-4,28	32,00	2,95
2,2	2,0	20,2	-4,97	-4,23	31,50	3,17
2,2	2,4	20,1	-5,83	-4,89	31,30	2,49
2,2	2,8	19,8	-5,72	-4,80	32,50	2,62
2,2	1,6	29,2	-5,54	-4,57	33,20	5,55
2,2	2,0	29,8	-4,45	-4,05	32,60	6,38
2,2	2,4	29,8	-6,01	-4,44	32,80	5,26
2,2	2,8	30,9	-6,15	-4,66	32,90	6,13
2,6	2,8	20,6	-4,96	-4,39	31,70	3,29
2,2	2,4	20,1	-5,83	-4,89	31,30	2,49
1,8	2,0	19,9	-5,17	-4,36	32,10	2,61
1,4	1,6	20,3	-4,90	-4,32	32,30	3,56
2,6	2,8	30,3	-5,32	-4,05	33,10	6,64
2,2	2,4	29,8	-6,01	-4,44	32,80	5,26
1,8	2,0	30,3	-6,13	-4,14	32,60	5,78
1,4	1,6	30,5	-5,27	-4,13	31,90	5,94

Tabela 4

Proces hamowania na nawierzchni asfaltowej dla nieobciążonego pojazdu

Ciśnienie oś przednia [bar]	Ciśnienie oś tylna [bar]	Prędkość [km/h]	Opóźnienie max. [m/s]	Opóźnienie średnie [m/s]	Nacisk max. [daN]	Droga hamowania [m]
1,4	2,4	20,2	-7,00	-6,10	24,4	2,61
1,8	2,4	19,9	-7,94	-7,03	23,9	2,56
2,2	2,4	20,0	-7,90	-6,61	24,2	2,59
2,6	2,4	20,3	-8,64	-7,44	25,1	2,13
1,4	2,4	30,5	-6,86	-6,05	28,6	5,24
1,8	2,4	30,8	-7,12	-6,36	28,2	5,14
2,2	2,4	30,4	-6,44	-5,76	29,1	5,60
2,6	2,4	29,5	-6,16	-5,27	27,5	5,47
1,4	2,4	40,2	-6,91	-6,02	25,7	7,92
1,8	2,4	39,2	-7,95	-6,83	25,6	6,72
2,2	2,4	39,8	-8,60	-7,76	26,1	6,12

cd. tabeli 4

2,6	2,4	39,7	-9,00	-7,94	26,4	6,03
2,2	1,6	20,9	-6,82	-6,11	24,2	2,70
2,2	2,0	20,7	-7,98	-6,87	25,2	2,44
2,2	2,4	20,0	-7,90	-6,61	24,2	2,59
2,2	2,8	20,3	-6,91	-6,17	25,2	2,64
2,2	1,6	29,6	-7,94	-6,32	27,3	4,32
2,2	2,0	29,9	-7,39	-5,47	26,4	4,88
2,2	2,4	30,4	-6,44	-5,76	29,1	5,60
2,2	2,8	29,4	-6,54	-5,52	25,8	4,98
2,2	1,6	39,6	-7,91	-7,17	26,2	6,91
2,2	2,0	39,4	-7,74	-6,84	24,8	6,57
2,2	2,4	39,8	-8,60	-7,76	26,1	6,12
2,2	2,8	39,5	-6,85	-6,09	26,7	7,29
2,6	2,8	20,8	-6,54	-5,62	24,2	2,80
2,2	2,4	20,0	-7,90	-6,61	24,2	2,59
1,8	2,0	20,5	-7,98	-6,89	24,7	2,23
1,4	1,6	20,7	-7,97	-7,02	25,1	2,42
2,6	2,8	29,8	-7,28	-6,46	26,1	4,75
2,2	2,4	30,4	-6,44	-5,76	29,1	5,60
1,8	2,0	31,4	-7,47	-6,71	28,3	5,09
1,4	1,6	30,6	-6,88	-6,18	27,6	5,25
2,6	2,8	39,2	-7,24	-6,15	25,4	7,15
2,2	2,4	39,8	-8,60	-7,76	26,1	6,12
1,8	2,0	39,4	-8,38	-7,14	27,1	7,14
1,4	1,6	39,8	-8,13	-6,99	26,8	7,09

Tabela 5

Proces hamowania na nawierzchni gruntowej dla nieobciążonego pojazdu

Ciśnienie osł przednia [bar]	Ciśnienie osł tylna [bar]	Prędkość [km/h]	Opóźnienie max. [m/s]	Opóźnienie średnie [m/s]	Nacisk max. [daN]	Droga hamowania [m]
1,4	2,4	20,6	-6,31	-4,69	22,9	3,11
1,8	2,4	20,3	-6,61	-4,98	23,6	3,12
2,2	2,4	20,1	-6,53	-5,20	23,2	2,90
2,6	2,4	20,8	-5,99	-4,92	24,2	3,37
1,4	2,4	29,3	-6,52	-5,27	30,1	5,08
1,8	2,4	29,4	-6,58	-5,43	31,0	4,89
2,2	2,4	29,3	-6,61	-5,13	26,0	5,00
2,6	2,4	29,7	-6,07	-5,15	28,1	5,05
1,4	2,4	39,2	-6,94	-4,46	26,1	6,88
1,8	2,4	39,7	-7,45	-4,70	26,3	7,11
2,2	2,4	39,2	-6,42	-4,62	24,8	6,90
2,6	2,4	39,4	-7,88	-5,04	25,7	6,74
2,2	1,6	20,3	-5,96	-4,68	24,7	2,94
2,2	2,0	20,4	-6,74	-5,11	24,1	2,62
2,2	2,4	20,1	-6,53	-5,20	23,2	2,90
2,2	2,8	20,2	-5,21	-4,46	24,8	3,63
2,2	1,6	29,0	-6,63	-5,34	28,2	5,22
2,2	2,0	29,4	-6,17	-5,04	27,3	5,02
2,2	2,4	29,3	-6,61	-5,13	26,0	5,00
2,2	2,8	30,4	-6,22	-5,47	32,3	5,40
2,2	1,6	39,3	-6,15	-4,49	26,4	7,84
2,2	2,0	39,1	-6,68	-4,33	27,3	7,93

cd. tabeli 5

2,2	2,4	39,2	-6,42	-4,62	24,8	6,90
2,2	2,8	39,1	-6,06	-4,14	25,3	7,82
2,6	2,8	20,7	-5,85	-5,05	24,8	2,91
2,2	2,4	20,1	-6,53	-5,20	23,2	2,90
1,8	2,0	19,6	-5,46	-4,31	27,7	3,21
1,4	1,6	20,6	-5,67	-4,40	24,1	3,17
2,6	2,8	29,9	-6,38	-4,97	24,4	5,42
2,2	2,4	29,3	-6,61	-5,13	26,0	5,00
1,8	2,0	30,2	-6,11	-5,37	25,4	5,75
1,4	1,6	29,5	-6,78	-5,58	24,3	4,96
2,6	2,8	39,4	-6,49	-4,37	26,1	7,82
2,2	2,4	39,2	-6,42	-4,62	24,8	6,90
1,8	2,0	39,5	-6,41	-4,10	25,4	8,03
1,4	1,6	39,7	-6,08	-4,44	27,2	8,10

4. PODSUMOWANIE

Dane uzyskane w przeprowadzonych badaniach uwidaczniają, jak duży wpływ na drogę hamowania mają osiągane przez pojazd opóźnienie oraz początkowa prędkość jazdy. Analizując poszczególne wyniki, można zauważyć następujące tendencje:

- wraz ze wzrostem prędkości jazdy wzrasta droga hamowania, przy zbliżonych osiągniętych wartościach opóźnienia,
- wraz ze wzrostem obciążenia pojazdu wzrasta droga hamowania, przy zmniejszeniu osiąganego opóźnienia hamowania,
- wraz z pogorszeniem przyczepności kół do nawierzchni drogi (zmiana drogi z asfaltowej na gruntową) wzrasta droga hamowania, przy zmniejszeniu osiąganego opóźnienia,
- wzrost ciśnienia w ogumieniu ponad wartości nominalne wpływa niejednoznacznie na osiągnięte wartości opóźnienia oraz drogę hamowania (zależy od innych parametrów),
- spadek ciśnienia w ogumieniu poniżej wartości nominalnych wpływa niejednoznacznie na osiągnięte wartości opóźnienia oraz drogę hamowania (zależy od innych parametrów).

Największy wpływ na osiągnięte opóźnienie i drogę hamowania mają rodzaj nawierzchni oraz obciążenie pojazdu. Pomiary wykonywane na drodze asfaltowej dały wartość opóźnienia znacznie większą od wyników badań wykonanych przy tych samych parametrach na nawierzchni gruntowej. Pojazd maksymalnie obciążony uzyskuje mniejszą wartość opóźnienia w porównaniu do analogicznego, ale nieobciążonego dodatkowym ładunkiem pojazdu.

Aby ograniczyć niekorzystne oddziaływanie wybranych parametrów na proces hamowania, należy zawsze dostosować prędkość jazdy do istniejących warunków na drodze, biorąc dodatkowo pod uwagę obciążenie pojazdu.

Bibliografia

1. Miatluk M., Kamiński Z.: Układy hamulcowe pojazdów. Obliczenia. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2005.

2. Leiter R.: Hamulce samochodów osobowych i motocykli. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1998.
3. Reński A.: Budowa samochodów: układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszenia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
4. Chalecki M.: Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
5. Wierciński J. (red.): Wypadki drogowe – elementy analizy technicznej i opiniowania. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985.
6. Wierciński J., Reza A. (red.): Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
7. Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski