

# BADANIA PROCESU HAMOWANIA SAMOCHODÓW NA ŚLISKIEJ NAWIERZCHNI

Artur JAWORSKI, Hubert KUSZEWSKI

W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań procesu hamowania samochodów w warunkach śliskiej nawierzchni. Badania realizowano na drodze pokrytej zmrożonym śniegiem i lodem przy użyciu systemu pomiarowego z czujnikiem korelacyjno-optycznym DLS-2 firmy DATRON. Do analizowanych wskaźników należały opóźnienie hamowania oraz droga hamowania. Badania przeprowadzono dla pojazdu nie wyposażonego w system ABS oraz dla samochodów z systemem ABS. Podczas testów oceniano także zdolność utrzymywania kierunku jazdy podczas hamowania.

## 1. WSTĘP

Z uwagi na bezpieczeństwo czynne, kierowca musi w sposób ciągły kontrolować i korygować prędkość oraz kierunek poruszania się pojazdu, tak aby parametry jego ruchu były dostosowane do istniejących warunków zewnętrznych, zależnych od otoczenia i aby nie przekraczały one określonych wartości granicznych. Stąd pojazd musi charakteryzować się określonymi własnościami dynamicznymi, polegającymi na utrzymywaniu lub zmianie parametrów ruchu, stosownie do woli kierowcy. Własności te umożliwiają realizację ruchu kontrolowanego. Zalicza się do nich [3]:

- zdolność hamowania z największą intensywnością, przy której osiągnęte opóźnienie zapewnia możliwość zatrzymania samochodu na jak najkrótszym odcinku drogi,
- odporność na zakłócenia ruchu przy zachowanej przyczepności kół,
- odporność na zakłócenia ruchu spowodowane poślizgiem kół w następstwie utraty przyczepności kół.

Ze względów bezpieczeństwa kierowca musi mieć możliwość zatrzymania samochodu na jak najkrótszym odcinku drogi. Możliwość taką zapewnia jedynie użycie sprawnie działających hamulców. Inne sposoby zmniejszania prędkości, jak np. hamowanie silnikiem, nie gwarantują odpowiednio dużego opóźnienia. O ile wymagania bezpieczeństwa nie nakładają konieczności pełnego wykorzystania zdolności hamowania samochodu, kierowca może wymuszać ruch opóźniony każdym z możliwych sposobów zmniejszania prędkości. W związku z powyższym można wyróżnić:

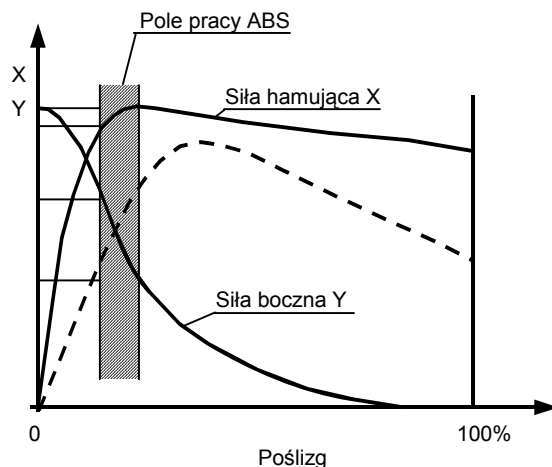
- hamowanie intensywne przy użyciu hamulców zasadniczych, polegające na pełnym wykorzystaniu zdolności hamowania samochodu,
- hamowanie z intensywnością mniejszą od maksymalnej, w tym również przy wymuszeniu ruchu opóźnionego bez używania hamulców.

Intensywność hamowania determinowana jest maksymalną wartością sumy sił hamujących na kołach oraz ich rozdziałem na osie. Składnikami otoczenia, które decydują o maksymalnej, możliwej do osiągnięcia wartości opóźnienia są: droga i czynniki atmosferyczne, czyli rodzaj, jakość i stan nawierzchni (przyczepność, gładkość, równość). Składniki te, łącznie z ciężarem samochodu oraz jego rozkładem na osie, decydują o wartości granicznej współczynnika przyczepności.

Jak wiadomo, w płaszczyźnie koła ogumionego, działa reakcja styczna usytuowana na linii styku koła z nawierzchnią, natomiast stosunek tej reakcji stycznej do obciążenia normalnego koła, nazywany jest współczynnikiem przyczepności.

Maksymalna wartość współczynnika przyczepności, zwana współczynnikiem przyczepności przyłgowej, osiągana jest w zakresie poślizgu względnego koła wynoszącego  $8\div 20\%$  [2,5]. Taka wartość poślizgu odpowiada największej sile hamowania przy jednocześnie dużej wartości siły bocznej, co umożliwia skręcanie i zapobiega zarzucaniu

pojazdu. Zakres tego poślizgu odpowiada jednocześnie polu pracy układu optymalno-poślizgowego ABS (rys. 1), który jest obecnie obowiązkowym wyposażeniem pojazdów.



Rys. 1. Pole pracy układu optymalno-poślizgowego ABS nałożone na wykres siły hamującej X i siły bocznej Y [5]

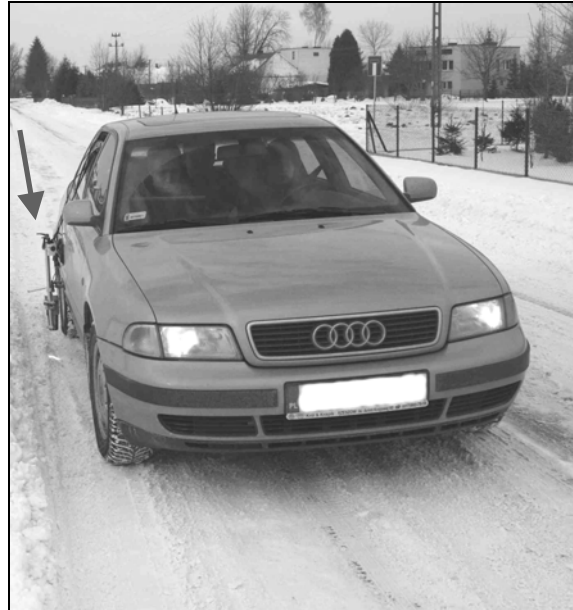
Szczególnie istotne ze względów bezpieczeństwa jest określenie możliwych do osiągnięcia opóźnień hamowania (bezpośrednio związanych ze współczynnikiem przyczepności) przez pojazdy wyposażone w układ ABS poruszające się po śliskiej nawierzchni.

W związku z powyższym, w artykule zaprezentowano wybrane wyniki badań dotyczące intensywności hamowania pojazdów samochodowych na drodze oblodzonej i pokrytej zmrożonym śniegiem. W celu porównania, w badaniu brał udział pojazd bez układu ABS oraz dwa pojazdy wyposażone w taki układ.

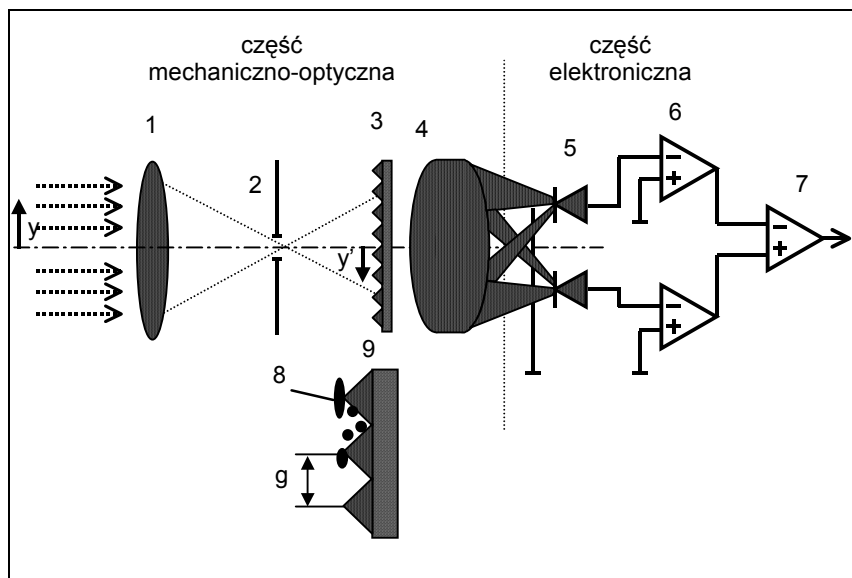
## 2. WYNIKI BADAŃ

Badania realizowano na prostym i płaskim odcinku drogi pokrytej zmrożonym śniegiem i miejscami lodem. Próby hamowania prowadzono od prędkości początkowej 50 km/h. Dokonywano hamowania przy gwałtownym nacisku na pedał hamulca i utrzymywaniu siły nacisku (symulujące nagłe hamowanie spowodowane pojawieniem się przeszkody przed pojazdem). Rejestrowano zmiany prędkości, drogi oraz opóźnienia w czasie przy użyciu systemu pomiarowego z czujnikiem optoelektronicznym DLS-2 firmy DATRON, którego podstawowe dane techniczne zawiera tabela 1 [4]. Widok czujnika przymocowanego do pojazdu ilustruje rys. 2. Głowica pomiarowa jest wyposażona w układ oświetlający oraz w układ optyczny, którego podstawowymi elementami są: obiektyw, raster pryzmatyczny i dwie fotodiody (rys. 3). Promienie świetlne, odbijane od nawierzchni drogi, po przejściu przez soczewkę i szczelinę padają na raster, który rozszczepia je na dwie wiązki, ogniskowane w dwóch fotodiody. W każdej z fotodiody ogniskowane są promienie świetlne padające na wręby rastra o jednakowym pochyleniu. Przypadkowy charakter mikronierówności nawierzchni drogi sprawia, że intensywność oświetlenia obu fotodiody nie jest jednakowa, przy czym jeśli w danym położeniu nieco mocniej jest oświetlona fotodioda 1, to po przemieszczeniu się głowicy o wartość  $g/2$  sytuacja zmieni się i bardziej oświetlona będzie fotodioda 2. W rezultacie uzyskujemy na wyjściu sygnał napięciowy proporcjonalny do prędkości jazdy [1,4].

Badane samochody wyposażono w opony zimowe, o rozmiarach dedykowanych przez producentów. W przypadku badań samochodu nr 1 w warunkach letnich wyposażono go w opony letnie o standardowym rozmiarze.



Rys. 2. Widok pojazdu z czujnikiem pomiarowym przymocowanym na prawych tylnych drzwiach (zaznaczony strzałką)



Rys. 3. Schemat ilustrujący zasadę działania urządzenia korelacyjno-optycznego DLS 2: 1- soczewka, 2 – szczelina, 3 – raster, 4 – soczewka asferyczna, 5 – foto diody, 6 – wzmacniacz, 7 – wzmacniacz różnicowy, 8 – szczegóły odwzorowania powierzchni, 9 – element rastra [4]

Wyniki badań zestawiono w tabeli 2 oraz na rys. 4÷8. Dla zobrazowania wpływu śliskiej nawierzchni na proces hamowania, w tabeli 3 przedstawiono porównanie średnich wartości parametrów uzyskanych podczas badań samochodu nr 1 w warunkach zimowych oraz letnich na nawierzchni suchej asfaltowej.

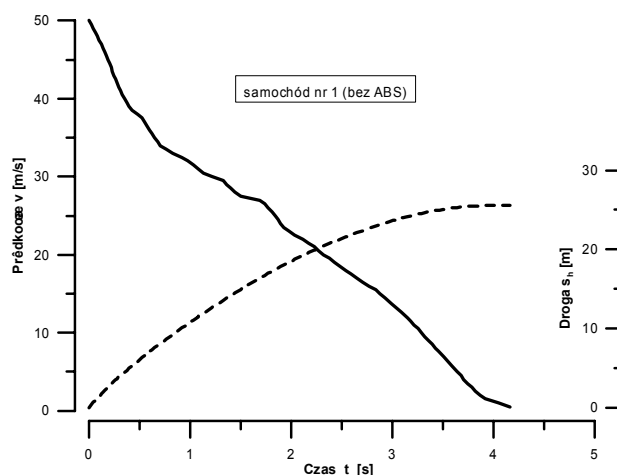
Tabela 1. Charakterystyka czujnika DLS-2 użytego do badań [4]

Analizowany parametr	Wartość
wymiary dł./szer./wys. [mm]	175/70/78
waga [kg]	1,6
zasilanie [V/W]	10,5 ... 15 / 26
zakres prędkości [km/h]	1 ... 260
sygnał wyjściowy [kHz]	0 ... 26
warunki atmosferyczne [oC]	-35 ... 90
dopuszczalne drgania [Hz]	10 ... 150
długość przewodów [m]	5
wysokość mocowania urządzenia [mm]	300

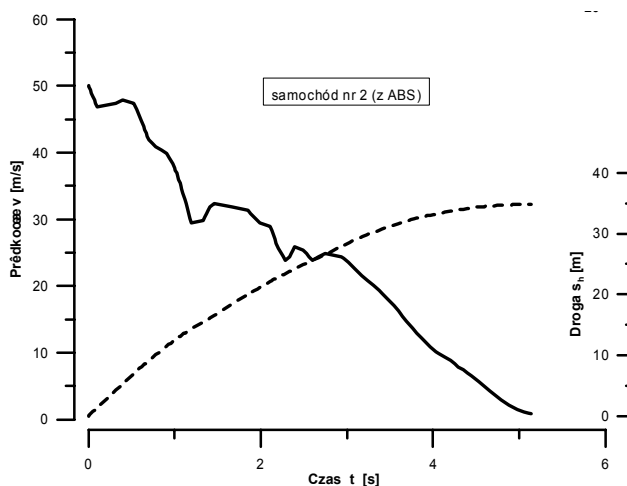
Tabela 2. Wyniki badań hamowania na śliskiej nawierzchni

Numer próby	Samochód nr 1 (bez ABS)			Samochód nr 2 (z ABS)			Samochód nr 3 (z ABS)		
	$a_{sr}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$s_h$ [m]	$t_h$ [s]	$a_{sr}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$s_h$ [m]	$t_h$ [s]	$a_{sr}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$s_h$ [m]	$t_h$ [s]
1	3,19	27,03	4,36	2,56	37,47	5,45	2,34	40,1	5,91
2	3,21	25,61	4,32	2,63	34,84	5,3	2,24	41,13	6,21
3	2,99	30,654	4,64	2,55	34,81	5,47	2,09	45,18	6,64
Średnia z trzech prób	3,13	27,76	4,44	2,58	35,71	5,41	2,22	42,14	6,25

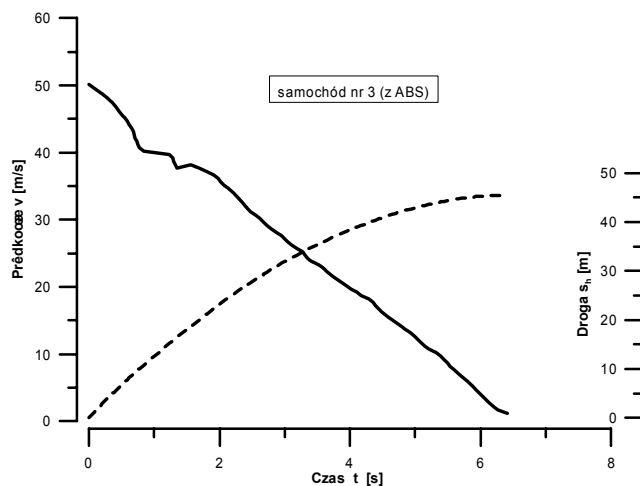
gdzie:  $a_{sr}$  – średnie opóźnienie hamowania,  $s_h$  – droga hamowania,  $t_h$  – czas hamowania



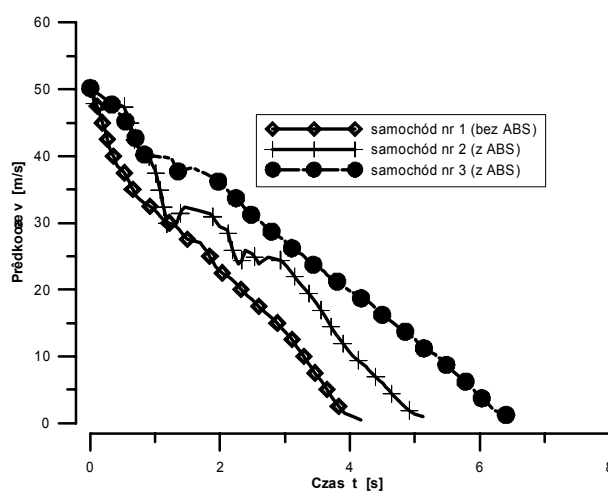
Rys. 4. Wyniki zarejestrowanych zmian parametrów ruchu samochodu nr 1 podczas próby hamowania



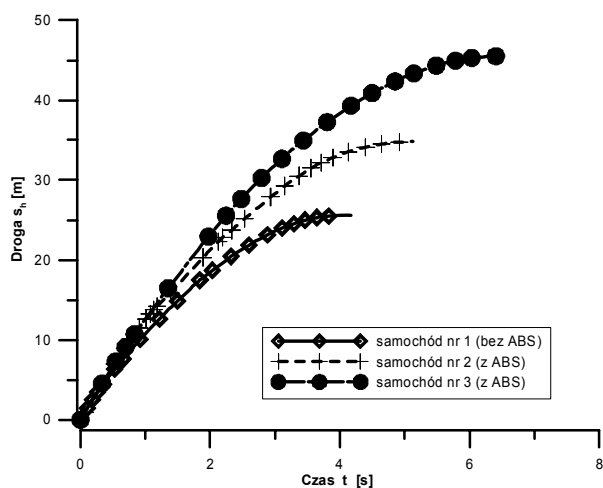
Rys. 5. Wyniki zarejestrowanych zmian parametrów ruchu samochodu nr 2 podczas próby hamowania



Rys. 6. Wyniki zarejestrowanych zmian parametrów ruchu samochodu nr 3 podczas próby hamowania



Rys. 7. Porównanie zmian prędkości w funkcji czasu podczas próby hamowania dla samochodów nr 1 (bez ABS) oraz nr 2 i 3 (z ABS)



Rys. 8. Porównanie zmian drogi w funkcji czasu podczas próby hamowania dla samochodów nr 1 (bez ABS) oraz nr 2 i 3 (z ABS)

Tabela 3. Porównanie wyników badań hamowania samochodu nr 1 w warunkach letnich i zimowych

Samochód nr 1 (bez ABS) w warunkach zimowych			Samochód nr 1 (bez ABS) w warunkach letnich		
$a_{sr}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$s_h$ [m]	$t_h$ [s]	$a_{sr}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$s_h$ [m]	$t_h$ [s]
3,13	27,76	4,44	5,93	13,2	2,34

gdzie:  $a_{sr}$  – średnie opóźnienie hamowania,  $s_h$  – droga hamowania,  $t_h$  – czas hamowania

### 3. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- 1) Wyniki badań wykazały, że hamowanie na śliskiej nawierzchni samochodu nie wyposażonego w układ przeciwblokujący ABS pozwala na uzyskanie krótszej drogi hamowania niż w przypadku samochodów z układem ABS. Średnia długość drogi hamowania dla samochodu nr 1, bez układu ABS wyniosła 27,76 m. Dla samochodu nr 2 wyposażonego w układ ABS średnia długość drogi hamowania wyniosła 35,71 m, natomiast dla samochodu nr 3 była najdłuższa i wyniosła 42,14 m.
- 2) Średnia wartość opóźnień hamowania była najwyższa dla samochodu nr 1 (bez ABS) i wyniosła 3,13 m/s<sup>2</sup>.
- 3) Mając na uwadze długość drogi hamowania najbezpieczniejszym samochodem spośród badanych wydaje się samochód nr 1, który nie był wyposażony w układ ABS. Jednakże podczas hamowania pojazd ten ulegał znoszeniu na przeciwległy pas ruchu i zablokowane koła nie przenosiły siły bocznej odpowiedniej do utrzymania danego kierunku jazdy. Szczególnie istotne z punktu bezpieczeństwa jest również utrzymywanie kierunku jazdy podczas hamowania, co jest możliwe w przypadku samochodów wyposażonych w układ optymalno-poślizgowy ABS.
- 4) Celem analizy procesu hamowania należy również uwzględnić zastosowany w układzie ABS algorytm sterowania, co będzie stanowić kolejny etap badań bezpieczeństwa czynnego pojazdów.

### LITERATURA

- [10] Orzełowski S.: Eksperymentalne badania samochodów i ich zespołów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.
- [11] Reński A.: Budowa samochodów. Układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszenia. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [12] Siłka W.: Teoria ruchu samochodu. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [13] Operating Manual DATRON DLS 2. Materiały firmy DATRON, 2000.
- [14] Praca zbiorowa: Problematyka prawna i techniczna wypadków drogowych. Materiały szkoleniowe wydane przez Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 1998.

### RESEARCH OF BREAKING PROCESS OF CARS ON THE SLIPPERY ROAD

In the paper selected results of breaking process research of cars on the slippery road have been represented. Tests were realized on the road with snow and ice. For research measuring system with correlation-optical system DATRON DLS-2 was used. Tested parameters were decelerations and braking distance. Research were provided for cars with system ABS and without of it. During tests keep straight of cars were observed.