

Mateusz GORZEJEWSKI¹, Marietta MARKIEWICZ²

ANALIZA WPLYWU ODDZIAŁYWANIA SYSTEMU ABS NA DROGĘ HAMOWANIA

Streszczenie: Każdego roku zwiększa się liczba pojazdów poruszających się po drogach. Produkowane samochody osiągają coraz większą moc znamionową, przy coraz mniejszej masie oraz pojemności silnika. W niniejszym opracowaniu prowadzone badania dotyczyły pomiaru drogi hamowania pojazdów, które podzielone zostały na dwie grupy: z systemem ABS oraz nieposiadające systemu ABS. Celem badań było określenie wpływu działania systemu wspomagającego proces hamowania pojazdów na różnego rodzaju nawierzchniach, z uwzględnieniem rodzaju ogumienia, zmiennej prędkości jazdy oraz różnych warunków atmosferycznych. Analizując uzyskane wyniki badań, jednoznacznie można stwierdzić, że wyposażenie pojazdu w system ABS przynosi pożądane korzyści i zwiększa bezpieczeństwo jazdy.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo czynne, hamowanie, droga hamowania, system ABS, samochód

1. WPROWADZENIE

Układ hamulcowy jest jednym z najważniejszych układów pojazdu i ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Prawidłowo działający układ zapewnia kontrolę prędkości oraz prawidłowe zatrzymanie pojazdu. Na skuteczność układu hamulcowego nie ma wpływu prędkość pojazdu oraz obciążenie. Przebieg procesu hamowania zależy od warunków atmosferycznych, warunków drogowych, stanu układu oraz umiejętności kierowcy.

Droga hamowania definiowana może być na dwa sposoby. Całkowita długość drogi hamowania to droga zatrzymania pojazdu, która oznacza przebytą przez pojazd drogę od chwili wystąpienia konieczności użycia hamulca – do chwili jego zatrzymania. Często jednak przyjmuje się początek redukcji prędkości jako początek pomiaru drogi hamowania. Wartości wymienionych wielkości różnią się od siebie. W celach marketingowych wykorzystuje się mniejsze wartości, a w celach homologacyjnych opiera się na procesie hamowania, rozpoczynającego się od nacisku na dźwignię hamulca [1, 5, 7, 8]. Otrzymane wartości są podstawą do oceny czynnego bezpieczeństwa pojazdów. Jednocześnie należy podkreślić, że hamowanie jest najskuteczniejsze, jeśli nie występuje poślizg kół.

Natomiast kierowanie samochodem niewyposażonym w system przeciwblokujący kół – ABS wymaga od kierowcy dużego doświadczenia w stosowaniu metody hamowania pulsacyjnego, które zapewnia najlepszą skuteczność hamowania,

¹ mgr inż. Mateusz GORZEJEWSKI, UTP Bydgoszcz, e-mail: m.gorzejewski@gmail.com

² mgr inż. Marietta MARKIEWICZ, UTP Bydgoszcz, e-mail: marmar000@utp.edu.pl

przy jednoczesnej możliwości sterowania pojazdem. Stosowanie tej praktyki we współczesnych samochodach, które wyposażone są w system ABS, nie jest wskazane, ponieważ przynosi odwrotne skutki. W pojazdach wyposażonych w ABS należy mocno wcisnąć pedał hamulca do chwili zatrzymania pojazdu. Wówczas uruchomiony system zapewnia kontrolę nad procesem hamowania, uniemożliwiając zblokowanie kół, a jednocześnie dając możliwość kontrolowanego kierowania pojazdem [1, 5, 7, 8].

Prawidłowo działające układy hamulcowe w pojazdach są podstawą bezpieczeństwa ruchu drogowego. Droga hamowania pojazdu zależna jest od wielu czynników, np. ludzkiego oraz technicznego. Czynniki techniczne dotyczą trwałości oraz niezawodności elementów hamulca oraz całych układów, w które wyposażony jest pojazd [2–4, 6, 9, 10].

2. METODYKA BADAŃ

Prowadzone badania dotyczyły pomiaru drogi hamowania pojazdów wyposażonych w system ABS i nieposiadających tego systemu. Pomiar dotyczył prędkości rozpoczęcia hamowania z uwzględnieniem warunków atmosferycznych, rodzaju nawierzchni oraz zamontowanego ogumienia. Zakres prędkości podczas badań ograniczono do wartości: 30, 50 i 80 km·h⁻¹ na nawierzchni asfaltowej oraz 30, 50 i 60 km·h⁻¹ na nawierzchni zaśnieżonej i oblodzonej.

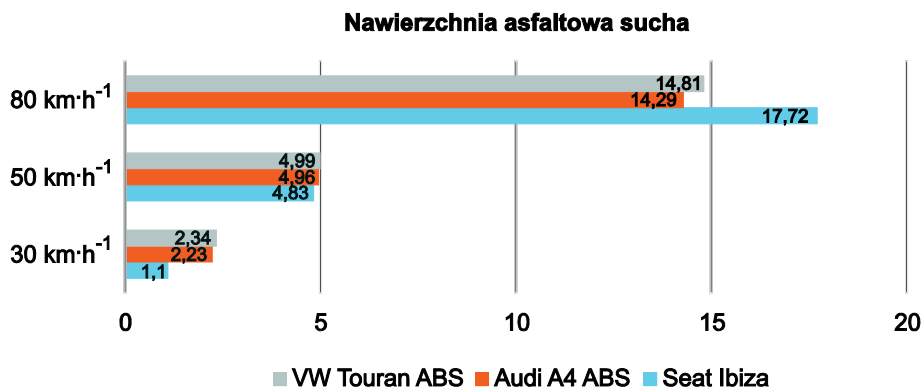
Badania prowadzono dla trzech pojazdów: kompaktowego (Seat Ibiza), pojazdu klasy średniej (Audi A4) oraz VAN (Volkswagen Touran). Pomiary wykonywano dla każdego pojazdu z uwzględnieniem prędkości, warunków atmosferycznych oraz warunków drogowych. Próby przeprowadzano w odpowiednich odstępach czasu, by elementy ciernie układu hamulcowego (tarcze oraz okładziny klocków hamulcowych) posiadały podobną wartość temperatury. Temperatura tarcz hamulcowych mierzona była za pomocą termometru bezdotykowego. Długość drogi hamowania mierzona była za pomocą koła pomiarowego, zwanego potocznie drogomierzem.

Pomiary procesu hamowania rozpoczynały się w wyznaczonym miejscu oznaczonym dwoma słupkami ostrzegawczymi ustawionymi na wyznaczonym odcinku drogi – aż do miejsca zatrzymania przedniej osi kół badanego pojazdu. W doświadczeniu wykorzystano odcinki drogi wewnętrznej, uwzględniając jednocześnie rodzaj nawierzchni, jak i panujące warunki atmosferyczne. Analizowane odcinki drogi miały odpowiednie długości, co pozwoliło na rozpędzenie pojazdu, utrzymanie określonej prędkości, realizację procesu hamowania i dokładny pomiar drogi hamowania.

3. WYNIKI ZREALIZOWANYCH BADAŃ

Pomiary drogi hamowania wszystkich badanych pojazdów zostały wykonane kilkakrotnie dla każdej z wybranych prędkości. W poniższej analizie przedstawiono średnią długość drogi hamowania z trzech pomiarów dla każdego z badanych pojazdów przy danych prędkościach.

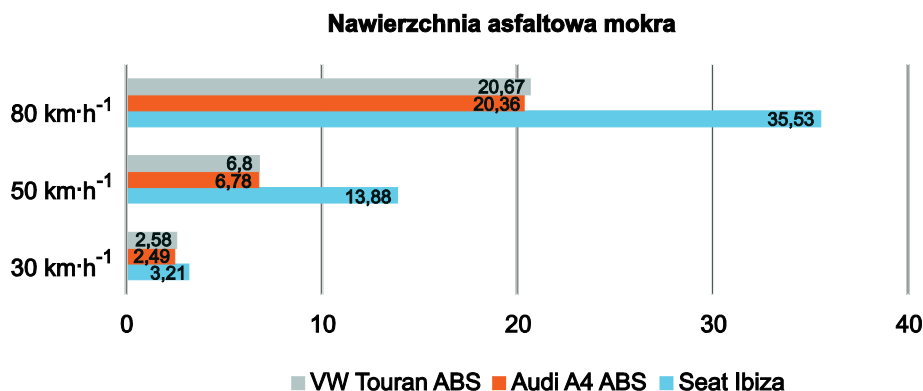
Pierwsze pomiary wykonano na drodze o suchej nawierzchni asfaltowej, w temperaturze otoczenia około 25°C. Wyniki zrealizowanych pomiarów przedstawiono w postaci graficznej na rysunku 1.



Rys. 1. Długość drogi hamowania na nawierzchni asfaltowej suchej, w [m]

Fig. 1. Braking distance on dry asphalt pavement, in [m]

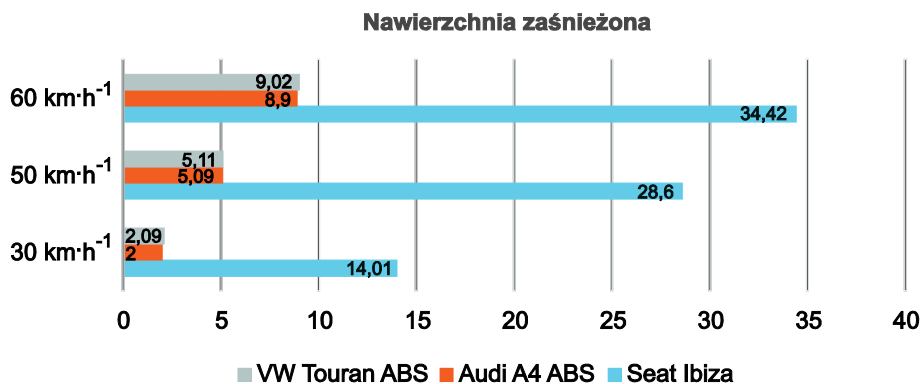
Kolejne pomiary wykonywano w warunkach drogowych utrudniających proces hamowania, w temperaturze otoczenia około 22°C. Badania prowadzono w deszczu, kiedy nawierzchnia drogi była śliska, co bezpośrednio przekładało się na drogę hamowania (rys. 2).



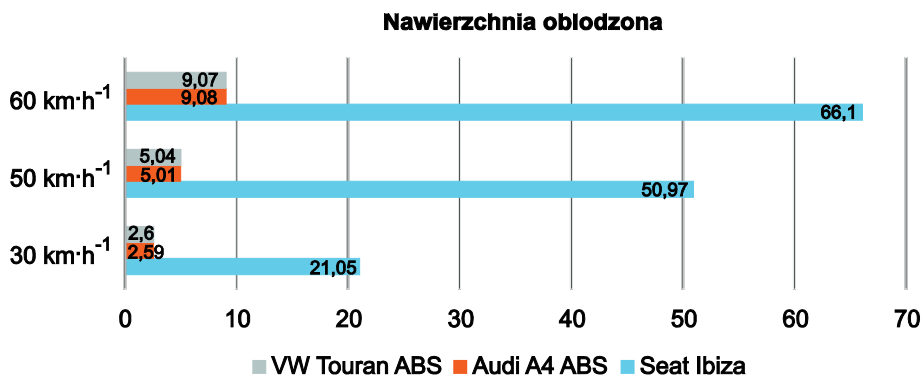
Rys. 2. Długość drogi hamowania na nawierzchni asfaltowej mokrej, w [m]

Fig. 2. Braking distance on wet asphalt pavement, in [m]

Badania realizowano również w warunkach zimowych. Pomiar wykonywany był w rzeczywistych warunkach, na zaśniewionej i oblodzonej nawierzchni w temperaturze -8°C. Badane pojazdy wyposażone były w ogumienie zimowe, w rozmiarach zalecanych przez producenta danej marki. Podczas badania w warunkach zimowych prędkość maksymalna została zredukowana do 60 km·h⁻¹. Wyniki tych badań przedstawiono na rysunkach 3 oraz 4.



Rys. 3. Długość drogi hamowania na nawierzchni zaśniewionej na ogumieniu zimowym M+S, w [m]
Fig. 3. Braking distance on a snowy surface on winter tires M+S, in [m]



Rys. 4. Długość drogi hamowania na nawierzchni oblodzonej na ogumieniu zimowym M+S, w [m]
Fig. 4. Braking distance on icy surfaces on winter tires M+S, in [m]

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH

W tabeli 1 zestawiono wyniki badań dotyczących średniej długości drogi hamowania na suchej i mokrej nawierzchni asfaltowej, dla każdego z analizowanych środków transportowych.

Tabela 1. Droga hamowania na nawierzchni asfaltowej suchej i mokrej
Table 1. Braking distance on dry and wet asphalt surfaces

Pojazd	System ABS	Prędkość [km·h ⁻¹]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
			Asfalt suchy	Asfalt mokry	
Seat	NIE	30	1,10	3,21	2,11
		50	4,83	13,88	9,08
		80	17,72	35,53	17,81
Audi	TAK	30	2,23	2,49	0,26
		50	4,96	6,78	1,82
		80	14,29	20,36	6,07
Volkswagen	TAK	30	2,34	2,58	0,24
		50	4,99	6,80	1,81
		80	14,81	20,67	5,86

W pomiarach drogi hamowania na suchej nawierzchni asfaltowej najniższe wartości uzyskano dla prędkości $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ – dla pojazdu kompaktowego bez systemu ABS w trakcie hamowania awaryjnego, dla którego droga hamowania wyniosła 1,1 m.

Natomiast podczas próby przy prędkości $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ samochód kompaktowy niewyposażony w system ABS wykazał dłuższą drogę hamowania w stosunku do pomiarów dla niższej prędkości.

Podczas pomiaru na mokrym asfalcie najbardziej niekorzystne wyniki odnotowano dla samochodu niewyposażonego w system ABS, którego droga hamowania aż do całkowitego zatrzymania była najdłuższa w każdym z pomiarów. Pojazdy typu kombi i Van wyposażone w ABS osiągały bardzo zbliżone wyniki.

Kolejny etap badań dotyczył pomiaru drogi hamowania na nawierzchniach zaśniewionej i oblodzonej, a ich wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Droga hamowania na nawierzchni zaśniewionej i oblodzonej na ogumieniu zimowym
Table 2. Braking distance on snowy and icy surfaces on winter tires

Pojazd	System ABS	Prędkość [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
			Nawierzchnia ośnieżona	Nawierzchnia oblodzona	
Seat	NIE	30	14,01	21,05	7,04
		50	28,60	50,97	22,37
		60	34,42	66,10	31,68
Audi	TAK	30	2,00	2,59	0,59
		50	5,09	5,01	0,08
		60	8,90	9,08	0,18
Volkswagen	TAK	30	2,09	2,60	0,51
		50	5,11	5,04	0,07
		60	9,02	9,07	0,05

Na podstawie analizy wyników badań na nawierzchni ośnieżonej stwierdzono, że wszystkie pojazdy znacząco skróciły swoją drogę hamowania w stosunku do nawierzchni oblodzonej.

Kompaktowy samochód marki Seat bez systemu ABS na nawierzchni oblodzonej, zatrzymał się na odcinku 66,1 metra, natomiast na nawierzchni ośnieżonej już po 34,42 metra, co skróciło drogę hamowania o połowę.

Tabela 3. Porównanie drogi hamowania pojazdów z systemem ABS na nawierzchni asfaltowej suchej
Table 3. Comparison of braking distance vehicles with ABS on dry asphalt

Prędkość [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
	Seat	Audi	
30	1,1	2,23	1,13
50	4,83	4,96	0,13
80	17,72	14,29	3,43

Podczas pomiaru drogi hamowania przy prędkościach do $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ najkorzystniejsze wyniki osiągnięto dla pojazdu bez systemu ABS, który przy prędkości początkowej $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ wykazał krótszą drogę hamowania o $1,13 \text{ m}$ w stosunku do pojazdu klasy kombi oraz $1,24 \text{ m}$ w stosunku do klasy VAN. Różnica drogi hamowania przy prędkości $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ zmniejszyła się do wartości $0,13 \text{ m}$ oraz $0,16 \text{ m}$. Droga hamowania Seata wyniosła $17,72 \text{ m}$, co pozwoliło na uzyskanie różnicy długości drogi hamowania $3,43 \text{ m}$ w stosunku do Audi oraz $2,91 \text{ m}$ do VW.

Tabela 4. Porównanie drogi hamowania pojazdów z systemem ABS na nawierzchni asfaltowej mokrej
Table 4. Comparison of braking distance vehicles with ABS on wet asphalt

Prędkość [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
	Seat	Audi	
30	3,21	2,49	0,72
50	13,88	6,78	7,1
80	35,53	20,36	15,17

Wyniki badań zamieszczone w tabeli 4, dotyczące Seata niewyposażonego w system ABS i Audi z układem ABS, świadczą o tym, że samochód wyposażony w system ABS miał krótszą drogę hamowania dla każdej prędkości początkowej.

Tabela 5. Porównanie drogi hamowania pojazdów z systemem ABS na nawierzchni zaśniewzonej na ogumieniu zimowym
Table 5. Comparison of braking distance vehicles with ABS on snowy surfaces on winter tires

Prędkość [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
	Seat	Audi	
30	14,01	2,00	12,01
50	28,60	5,09	23,51
60	34,42	8,90	25,52

Analiza różnicy długości drogi hamowania pojazdów wyposażonych w system ABS (tabela 5) na nawierzchni zaśniewzonej wskazuje, że różnica wyników pomiarów dla obu analizowanych pojazdów wyniosła od $12,01$ do $25,52 \text{ m}$, w zależności od rozpatrywanych zakresów prędkości. Natomiast analizując drogę hamowania na nawierzchni oblodzonej (tabela 6), różnice wartości pomiarów pomiędzy pojazdami były większe i wynosiły od $18,46$ do $57,02 \text{ m}$.

Tabela 6. Porównanie drogi hamowania pojazdów z systemem ABS na nawierzchni oblodzonej na ogumieniu zimowym
Table 6. Comparison of braking distance vehicles with ABS on icy surfaces on winter tires

Prędkość [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Droga hamowania [m]		Różnica [m]
	Seat	Audi	
30	21,05	2,59	18,46
50	50,97	5,01	45,96
60	66,10	9,08	57,02

Na podstawie analizy otrzymanych wyników badań dotyczących drogi hamowania rozpatrywanych samochodów – na nawierzchni oblodzonej stwierdzono, że wraz ze wzrostem prędkości początkowej różnica drogi hamowania wzrasta. Pojazdy z systemem ABS przy maksymalnej prędkości $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ wykazały krótszą drogę hamowania aż o 57,02 m.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań eksploatacyjnych dla rozpatrywanych środków transportowych oraz analizy ich wyników można stwierdzić, że:

- 1) najniższą średnią pomiarów drogi hamowania zanotowano na nawierzchni suchej dla pojazdu niewyposażonego w system ABS. Pojazd wykazał krótszą o 50% drogę hamowania w stosunku do pojazdu wyposażonego w system ABS przy minimalnej prędkości wynoszącej $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;
- 2) najdłuższą drogę hamowania na mokrej nawierzchni – aż do pełnego zatrzymania miał w każdym z przeprowadzonych pomiarów samochód niewyposażony w system ABS. Przy prędkości wynoszącej $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ droga hamowania wydłużyła się o około 35%;
- 3) zastosowanie ogumienia zimowego na nawierzchni mokrej skutkuje wydłużeniem drogi hamowania bez względu na wyposażenie pojazdu w system ABS;
- 4) pojazdy wyposażone w system ABS wykazują znacznie krótszą drogę hamowania w warunkach zimowych na nawierzchni oblodzonej. Pojazd niewyposażony w system ABS przy prędkości $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ zatrzymał się ponad 45 m dalej niż posiadający taki system;
- 5) droga hamowania na nawierzchni ośnieżonej skróciła się prawie 50% w porównaniu z drogą hamowania na nawierzchni oblodzonej.

Po przeprowadzeniu doświadczenia można jednoznacznie określić skuteczność systemu przeciwblokowania kół, który nawet w ekstremalnych warunkach skraca drogę hamowania o 25% przy maksymalnej prędkości.

LITERATURA

- [1] CHALECKI M.: Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
- [2] GREGA R., HOMIŠIN J., KRAJŇÁK J., URBANSKÝ M.: Analysis of the impact of flexible couplings on gearbox vibrations. Scientific Journal of Silesian University of Technology, Series Transport, 2016.
- [3] HOMIŠIN J., KAŠŠAY P., PUŠKÁR M., GREGA R., KRAJŇÁK J., URBANSKÝ M., MORAVIČ M.: Continuous tuning of ship propulsion system by means of pneumatic tuner of torsional oscillation. International Journal of Maritime Engineering: Transactions of The Royal Institution of Naval Architects, 2016.
- [4] MEDVECKÁ-BEŇOVÁ S.: Influence of the face width and length of contact on teeth deformation and teeth stiffness. Scientific Journal of Silesian University of Technology, Series Transport, 2016.
- [5] MIATLUK M., KAMIŇSKI Z.: Układy hamulcowe pojazdów: obliczenia. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2005.

- [6] PUŠKÁR M., BIGOŠ P., PUŠKÁROVÁ P.: Accurate measurements of output characteristics and detonations of motorbike high-speed racing engine and their optimization at actual atmospheric conditions and combusted mixture composition. Measurement, 2012.
- [7] SIŁKA W.: Teoria ruchu samochodu. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [8] TYLUSIŃSKA-KOWALSKA A.: ABS. Układy zapobiegające blokowaniu kół, Wydawnictwo Auto, Warszawa 2011.
- [9] VOJTKOVÁ J.: Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 2015.
- [10] ZUBER N., BAJRIĆ R., ŠOSTAKOV R.: Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence methods. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance And Reliability, 2014.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE ABS SYSTEM ON THE BRAKING DISTANCE

Summary: Every year, the number of vehicles traveling on the road increases. Manufactured cars achieve increasing power rating, with less and less mass and engine capacity. In this study, the research involved measuring the braking distance of vehicles that were divided into two groups: with the ABS system and those without the ABS system. The purpose of the research was to determine the impact of the system supporting the braking process of vehicles on various types of surfaces, including the type of tires, variable speed and various weather conditions. Analyzing the obtained test results, it can be clearly stated that equipping the vehicle with the ABS system brings the desired benefits and increases driving safety.

Key words: active safety, braking, braking distance, ABS system, car