

Rafał BURDZIK¹
Tomasz WĘGRZYN¹
Jan WARCZEK¹

WPLYW OGUMIENIA POJAZDU NA BEZPIECZEŃSTWO HAMOWANIA

W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem była ocena wpływu ogumienia pojazdu na bezpieczeństwo hamowania. Podczas badań rejestrowano wartości sił hamowania według metod stosowanych w stacjach kontroli pojazdów. Na podstawie analizy zagadnienia opracowano i przeprowadzono plan badań obejmujący pomiary sił hamowania dla różnych rodzajów ogumienia przy zmianach ciśnienia wewnętrzne opony.

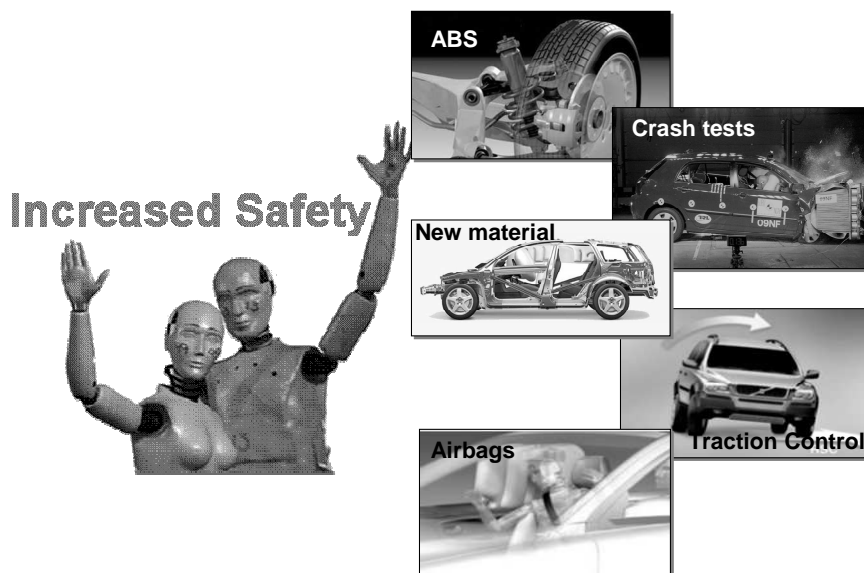
THE INFLUENCE OF CAR VEHICLE TIRES ON BRAKING SAFETY

The paper presents results of research which purpose was to evaluate the influence of tires of car vehicles on braking safety. During the research value of brake forces were recorded by using the vehicles service station methods. Based on analysis of the problem it was elaborated and carried out research plan for brake forces measure for different type of tires and different values of tire pressure.

1. WSTĘP

Bezpieczeństwo ruchu drogowego jest jednym z głównych priorytetów polityki transportowej. Istnieje wiele narzędzi poprawiających bezpieczeństwo, które najogólniej można klasyfikować do grup: prawnych, organizacyjnych i technicznych. Najskuteczniejsza i w całkowitym bilansie najmniej kosztowna jest profilaktyka. Projektanci i konstruktorzy pojazdów, na podstawie badań laboratoryjnych opracowują prototypy i nowe rozwiązania systemów bezpieczeństwa pojazdów. Ogólny podział elementów pojazdu odpowiedzialnych za jego bezpieczeństwo rozróżnia elementy wpływające za bezpieczeństwo bierne i czynne (rys. 1). Prace rozwojowe inżynierów ds. materiałów stosowanych w budowie pojazdów, konstruktorów budowy pojazdów oraz automatyków poparte wynikami analiz badań wstępnych i testów zderzeniowych prowadzą do ciągłego wzrostu wskaźników bezpieczeństwa pojazdów [1].

¹ Politechnika Śląska, Wydział Transportu; 40-019 Katowice; ul. Krasińskiego 8, Tel: + 48 32 603-41-66
e-mail: rafal.burdzik@polsl.pl



Rys. 1. Elementy wpływające na wzrost wskaźnika bezpieczeństwa pojazdów.

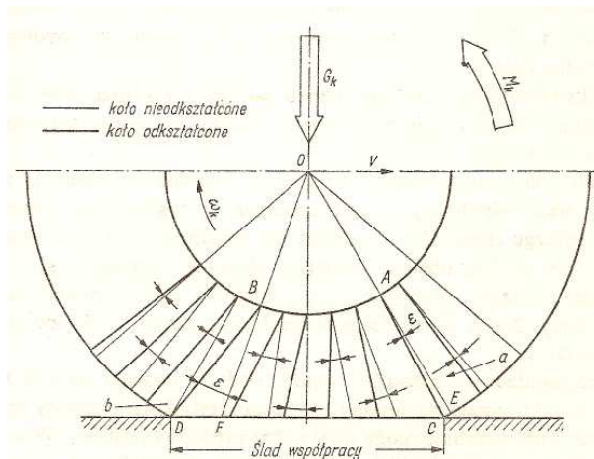
Jednocześnie nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne wpływają na wzrost mocy silników samochodowych i tym samym własności trakcyjne. Wynikiem mechanizmów podaży i popytu na rynku samochodowym jest rosnąca dostępność pojazdów, co jest przyczyną rosnącego prawdopodobieństwa wystąpienia kolizji drogowej. Dlatego tak istotne jest właściwe definiowanie zjawisk wpływających na bezpieczeństwo pojazdu i uwzględnianie ich w procesie diagnozowania, którego pozytywny wynik jest podstawą dopuszczeniu do poruszania się po drogach publicznych.

2. ROLA OGUMIENIA POJAZDU W PROCESIE HAMOWANIA

W aspekcie fizycznym proces hamowania jest zjawiskiem, na którego przebieg wpływa wiele czynników zewnętrznych. Prawidłowe funkcjonowanie układu hamulcowego pojazdu powinno częściowo minimalizować ich wpływ na długość drogi hamowania [5]. Istnieje jednak wiele parametrów eksploatacyjnych pojazdu, które w pośredni sposób także mogą powodować zmniejszenie skuteczności działania układu hamulcowego, w konsekwencji obniżyć bezpieczeństwo hamowania. Jednym z elementów pojazdu, który w znacznym stopniu wpływa na proces hamowania jest ogumienie.

Podczas toczenia się koła po twardej nawierzchni opona ulega deformacji. Skutkuje to powstawaniem kontaktu powierzchniowego z drogą. Wszystkie siły potrzebne do przyspieszania, hamowania i skręcania są przenoszone poprzez powierzchnię kontaktu opony z nawierzchnią drogi. Zmiana ciśnienia w ogumieniu wpływa bezpośrednio na wielkość pola powierzchni styku opony hamowanej z drogą. Na rysunku 2 przedstawiono odkształcenie obwodowe opony koła osi przedniej w czasie hamowania, która wykonuje mniejszą ilość obrotów niż koło swobodnie toczone. Zależność ta wynika ze zmiany

wartości promienia dynamicznego kół osi przedniej, które są dociążane podczas hamowania [2].



Rys. 2. Odkształcenie hamowanej opony [6]

Na wewnętrznej krawędzi opony zaznaczono punkty A i B, przez które przechodzi prosta, wyznaczająca kąt obrotu AOB toczącego się koła. Prosta przechodząca przez punkt A i punkt początkowy śladu współpracy opony z nawierzchnią (C). Prosta przechodząca przez punkt B i punkt końcowy śladu współpracy (D). Droga przebyta przez obracające się koło o kąt AOB wynosi CD. Gdyby koło nie było odkształcone obwodowo przebyłoby drogę EF. Odcinek EF jest krótszy od CD, gdyż elementy opony wychodzące ze śladu współpracy – fragment „b” – są bardziej odkształcone niż elementy wchodzące do śladu współpracy opony z nawierzchnią – fragment „a”. W przypadku koła swobodnie toczącego odcinek drogi przebytej wynikającej z obrotu koła o kąt AOB byłby większy od EF, lecz mniejszy od CD. Przy jednakowej prędkości liniowej koła swobodnie toczącego i koła hamowanego prędkość kątowa koła hamowanego jest mniejsza od prędkości kątowej koła toczącego, gdyż zmniejsza się promień dynamiczny przedniego koła dociążanego podczas hamowania.

Przy dużym momencie hamującym pewne elementy w śladzie współpracy opony z nawierzchnią mogą być mocno odkształcone, a co za tym idzie obciążenie pionowe koła oraz współczynnik przyczepności może być niewystarczający, aby zapobiec poślizgowi. Elementy opony znajdujące się w tylnej części śladu współpracy mogą być w poślizgu nawet wtedy, gdy elementy w przedniej części śladu styku opony z nawierzchnią nie ulegają poślizgowi. W przypadku, gdy moment hamowania będzie zwiększany, liczba elementów ślizgających się w śladzie współpracy również będzie wzrastała i może dojść do poślizgu rzeczywistego [6].

Opony zimowe i letnie różnią się między sobą składem mieszanki gumy, kształtem bieżnika i gęstością siatki lameli. Rodzaj i stan ogumienia pojazdu jest jednym z czynników, które wpływają na proces hamowania pojazdu i ocenę skuteczności działania układu hamulcowego. Mechanizmy działania opony zimowej są następujące (rys. 3):

- efekt ząbienia się - bieżnik opony odciska się na śniegu, dzięki czemu następuje ząbienia się opony z zaśnieżoną nawierzchnią. Na uzyskanie tego efektu składa się kilka

czynników, takich jak kierunkowa rzeźba bieżnika, duża ilość krawędzi, klocki bieżnika wykonane ze specjalnej mieszanki gumowej i duża gęstość lameli;

- efekt „pazura” – wpływ działania lameli. Działają one jak tysiące małych zaczepnych elementów chwytających nawierzchnię. Skuteczność tego efektu jest tym większa, im większa jest liczba lameli i im staranniej dopracowany jest ich kształt;

- efekt powierzchni styku z nawierzchnią – przyczepność opony z nawierzchnią wzrasta wraz ze wzrostem powierzchni styku. Efekt ten ma szczególne znaczenie na oblodzonych nawierzchniach;

- efekt mieszanki gumowej - jest związany ze składem mieszanki gumowej bieżnika. Musi ona zachowywać odpowiednią elastyczność w temperaturach poniżej $+7^{\circ}\text{C}$. Optymalną przyczepność mieszanki bieżnika uzyskuje się dzięki dodatkowi krzemionki.



Rys.3. Mechanizm działania opon zimowych

Ponadto tocząca się opona ulega dodatkowej deformacji pod wpływem oddziaływującej na koło siły wynikającej z rozkładu obciążenia pojazdu, ulegając spłaszczeniu w miejscu styku z podłożem (rys. 4). Te powtarzające się odkształcenia powodują stratę energii, znaną jako opór toczenia.



Rys. 4. Odkształcenia opony podczas toczenia

3. DIAGNOZOWANIE UKŁADU HAMULCOWEGO

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki analizy metod diagnostyki układów hamulcowych, które należą do grupy technicznych narzędzi zapewnienia bezpieczeństwa ruchu. Zintegrowane działania prawne, organizacyjne i techniczne w tym zakresie obligują posiadaczy pojazdów mechanicznych do okresowych kontroli technicznych pojazdów. W stacjach kontroli pojazdów (SKP) najważniejszym etapem badań jest diagnostyka bezpieczeństwa, czyli kontrola poprawności działania układów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo podczas użytkowania samochodów. Układ hamulcowy należy do najważniejszych elementów pojazdu, a jego prawidłowe i skuteczne funkcjonowanie jest

podstawą bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wymagania techniczne stawiane układom hamulcowym określa Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. Dz. U. Nr 32 poz. 262, 26 luty 2003. W celu oceny skuteczności hamowania pojazdu należy także uwzględnić działanie urządzeń dodatkowych, wspomagających proces hamowania, takich jak np. korektory sił hamowania. Uwzględnianie ich działania jest konieczne do prawidłowej oceny całego układu i możliwe do wykonania bez modyfikacji oprzyrządowania stanowiska pomiarowego, co udowodniono w pracach [3,4].

W czasie badań kontrolnych pojazdów skuteczność i równomierność działania hamulców przeprowadza się z wykorzystaniem urządzeń rolkowych lub płytowych oraz podczas próby drogowej. Najbardziej popularne są urządzenia rolkowe, które umożliwiają bezpośredni pomiar siły hamowania każdego z kół. Urządzenie rolkowe pozwala na przeprowadzenie badań hamulców w warunkach quasi-statycznych, w których wykonywany jest pomiar siły stycznej do rolki napędzającej hamowane koło samochodu z niewielką prędkością obrotową (ok. 5 km/h).

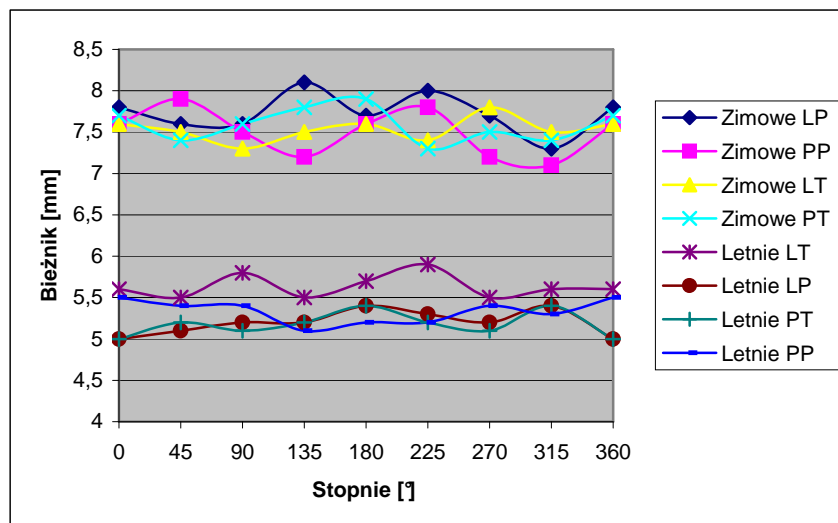
4. BADANIA WPLYWU OGUMIENIA POJAZDU NA SIŁY HAMOWANIA

W ramach badań przeprowadzono czynny eksperyment diagnostyczny, którego celem było określenie wpływu rodzaju i ciśnienia ogumienia pojazdu na siły hamowania rejestrowane na urządzeniu rolkowym (rys. 5). Badano pojazdy z oponami letnimi i zimowymi dla różnych wartości ciśnienia w ogumieniu. Stanowisko badawcze przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 5. Stanowisko rolkowe typu BDE 4004P-0/M (1 – zestawy rolek napędowych, 2 – centralna jednostka sterująco-wskazująca)

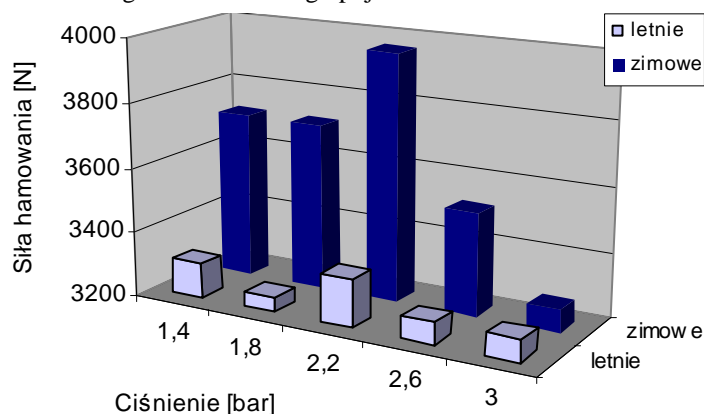
W artykule przedstawiono przykładowe wyniki badań samochodu marki Opel Astra z zamontowanymi oponami letnimi i zimowymi. W wyniku identyfikacji technicznej badanego ogumienia określono jego stan jako dobry. Rozkład zmierzonych wartości wysokości bieżnika przedstawiono na rysunku 6.



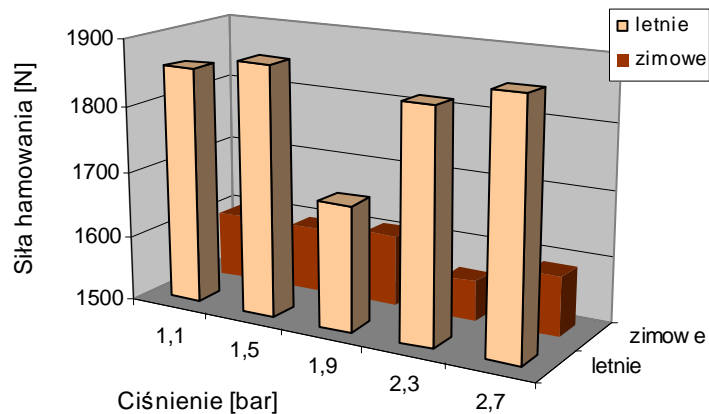
Rys. 6. Rozkład wartości wysokości bieżnika na obwodzie badanych opon

5. WYNIKI BADAŃ

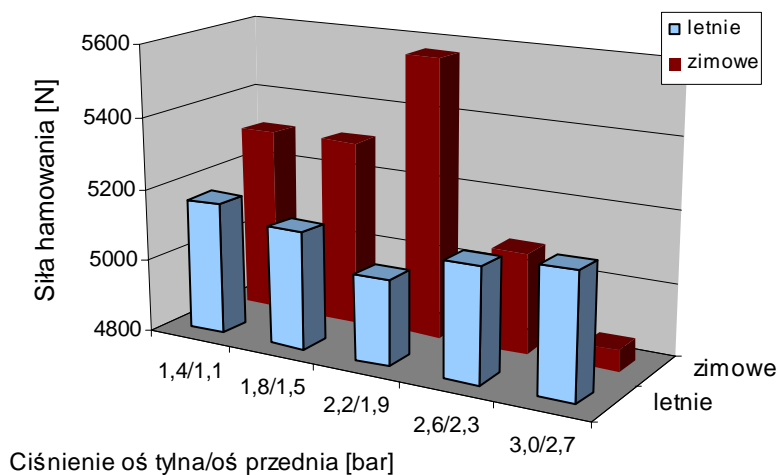
Wpływ rodzaju i ciśnienia ogumienia na bezpieczeństwo hamowania został przedstawiony graficznie w postaci wykresów słupkowych (rys. 7, 8 i 9). Na każdym z wykresów wyznaczono dwie serie danych dla opon letnich i opon zimowych w funkcji rosnącego ciśnienia w ogumieniu badanego pojazdu.



Rys. 7. Zarejestrowane wartości sił hamowania kół przedniej osi pojazdu.



Rys. 8. Zarejestrowane wartości siły hamowania kół tylnej osi pojazdu.



Rys. 9. Zarejestrowane sumaryczne wartości sił hamowania kół pojazdu.

6. PODSUMOWANIE

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że rodzaj stosowanych opon posiada decydujący wpływ na wartości sił hamowania. W mniejszym stopniu na siłę hamowania oddziałuje ciśnienie panujące w pneumatycznym kole. W publikacjach [1,2] zaprezentowano wyniki badań wpływu dodatkowych wielkości na skuteczność układu hamulcowego.

Przedstawione w pracy wyniki badań nie powinny służyć jako ostateczne kryterium oceny wpływu ogumienia pojazdu na proces hamowania. Quasi-statyczna metoda badań rolkowych nie uwzględnia wszystkich zjawisk zachodzących podczas hamowania pojazdu,

stąd siły występujące w warunkach rzeczywistych mogą odbiegać od zarejestrowanych na stanowisku rolkowym.

W celu poszerzenia analizy wpływu przedstawionych zjawisk na proces hamowania pojazdu należy przeprowadzić badania dodatkowe, np. z zastosowaniem próby drogowej i pomiarem opóźnienia hamowania.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Burdzik R., Konieczny Ł., Warczek J.: *Diagnozowanie układu hamulcowego samochodu osobowego z uwzględnieniem wpływu wybranych parametrów eksploatacyjnych*, XXXVII Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Wisła 2010.
- [2] Burdzik R., Warczek J.: *Wpływ ciśnienia w ogumieniu i obciążenia pojazdu na ocenę skuteczności układu hamulcowego w warunkach stacji kontroli pojazdów*, Zeszyty Naukowe Pol. Śl. S. Transport z. 66, Gliwice 2010.
- [3] Burdzik R., Figlus T., Krupa M.: *Wpływ działania korektora siły hamowania na wyniki badań skuteczności hamowania na urządzeniu rolkowym*, I Studencka Sesja Naukowa Wydziału Transportu, Katowice 2003.
- [4] Burdzik R., Filipczyk J.: *Diagnozowanie układu hamulcowego samochodów osobowych z regulatorami siły hamowania*, DIAGNOSTYKA, vol. 28, 2003.
- [5] Koca A., Bayrakceken H., Altıparmak D.: *Determination of brake force using artificial neural network*, Journal of Scientific & Industrial Research Vol. 66, June 2007.
- [6] Lanzendoerfer J., Szczepaniak C.: *Teoria ruchu samochodu*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1984.