

SZUMSKA Emilia¹
MŁODZIŃSKA Diana²
JURECKI Rafał³

Wpływ stanu nawierzchni drogi na skuteczność hamowania pojazdu

WPROWADZENIE

Układ hamulcowy jest jednym z najważniejszych układów, mających wpływ na bezpieczeństwo jazdy. Jego poprawne funkcjonowanie zapewnia kierowcy aktywny udział w sterowaniu prędkością jazdy, dlatego też układ ten powinien zapewniać szybkie, skuteczne i bezpieczne zmniejszanie prędkości, jak również zatrzymanie pojazdu w określonym przez kierującego miejscu. Działanie układu hamulcowego powinno być skuteczne bez względu na prędkość pojazdu, czy jego obciążenie. Istotny wpływ na przebieg procesu hamowania mają m.in. stan techniczny układu hamulcowego, warunki atmosferyczne i drogowe, czy też technika hamowania kierowcy.

Układy hamulcowe muszą spełniać konkretne wymagania określone przez normy, determinujące parametry procesu hamowania [1] oraz precyzują warunki przeprowadzania badań. Skuteczność układu hamulcowego można ocenić metodami stanowiskowymi [4] i drogowymi [2], [3], [9]. W badaniach na rzeczywistej drodze skuteczność procesu hamowania określana może być poprzez dwa parametry: drogę hamowania i/lub maksymalne opóźnienia hamowania.

Na drogę zatrzymania pojazdu składają się następujące elementy składowe: droga przebyta przez pojazd w czasie reakcji kierowcy, droga przebyta przez pojazd w czasie uruchamiania hamulców i droga przebyta przez pojazd w czasie hamowania.

Droga hamowania to odległość, jaką przebywa pojazd od momentu naciśnięcia przez kierowcę pedału hamulca roboczego do całkowitego zatrzymania pojazdu. Istotnym, czynnikiem wpływającym na jej długość, jest stan i rodzaj nawierzchni oraz warunki atmosferyczne (deszcz, śnieg, lód). Oprócz tego wszelkie zanieczyszczenia znajdujące się na drodze, zmniejszające przyczepność kół pojazdu powodują, że droga hamowania pojazdu wydłuża się [7].

Na długość drogi hamowania wpływ ma również prędkość początkowa, z jaką porusza się pojazd. Odległość, jaką pokonuje pojazd od momentu rozpoczęcia hamowania do zatrzymania znacznie się wydłuży, jeśli samochód porusza się z większą prędkością. Związane jest to ze wzrostem energii kinetycznej układu.

Innym ważnym czynnikiem, mogącym mieć wpływ na skuteczność hamowania pojazdu, jest także rodzaj i stan techniczny opon [8]. W zależności od powierzchni i jej stanu ten wpływ może być różnorodny. Aby opona możliwie najbardziej prawidłowo współpracowała z powierzchnią drogi należy kontrolować nie tylko zużycie bieżnika, lecz również ciśnienie w jej wnętrzu, które powinno być utrzymywane na poziomie wskazanym przez producenta pojazdu i opon, a także dostosowane do rzeczywistego obciążenia i prędkości jazdy.

Hamowanie jest najbardziej skuteczne, jeśli w jego trakcie nie występuje poślizg kół. Współczynnik tarcia przyłgowego dla danej powierzchni w momencie powstania poślizgu koła „zmienia się” w współczynnik tarcia poślizgowego o mniejszej wartości. W starszych typach samochodów, tych nie wyposażonych w system ABS, doświadczeni kierowcy, by zapewnić możliwie najlepszą skuteczność hamowania i zapewnić sobie możliwość sterowania pojazdem, stosowali metodę hamowania pulsacyjnego. Jednak niedoświadczeni i młodzi kierowcy w przypadku gwałtownego hamowania awaryjnego (panicznego), na ogół nie stosowali takiej metody hamowania. Wiązało się to, więc, z pogorszeniem procesu hamowania i utratą możliwości ominięcia przeszkody.

¹ mgr inż. Emilia Szumska, doktorantka Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: eszumskai@tu.kielce.pl

² mgr inż. Diana Młodzińska, doktorantka Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: dmlodzinska@tu.kielce.pl

³ dr inż. Rafał Jurecki, adiunkt Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: rjurecki@tu.kielce.pl

W sytuacjach zagrożenia wypadkowego manewr omijania jest, jednak, często podejmowany przez kierowców [5], [6].

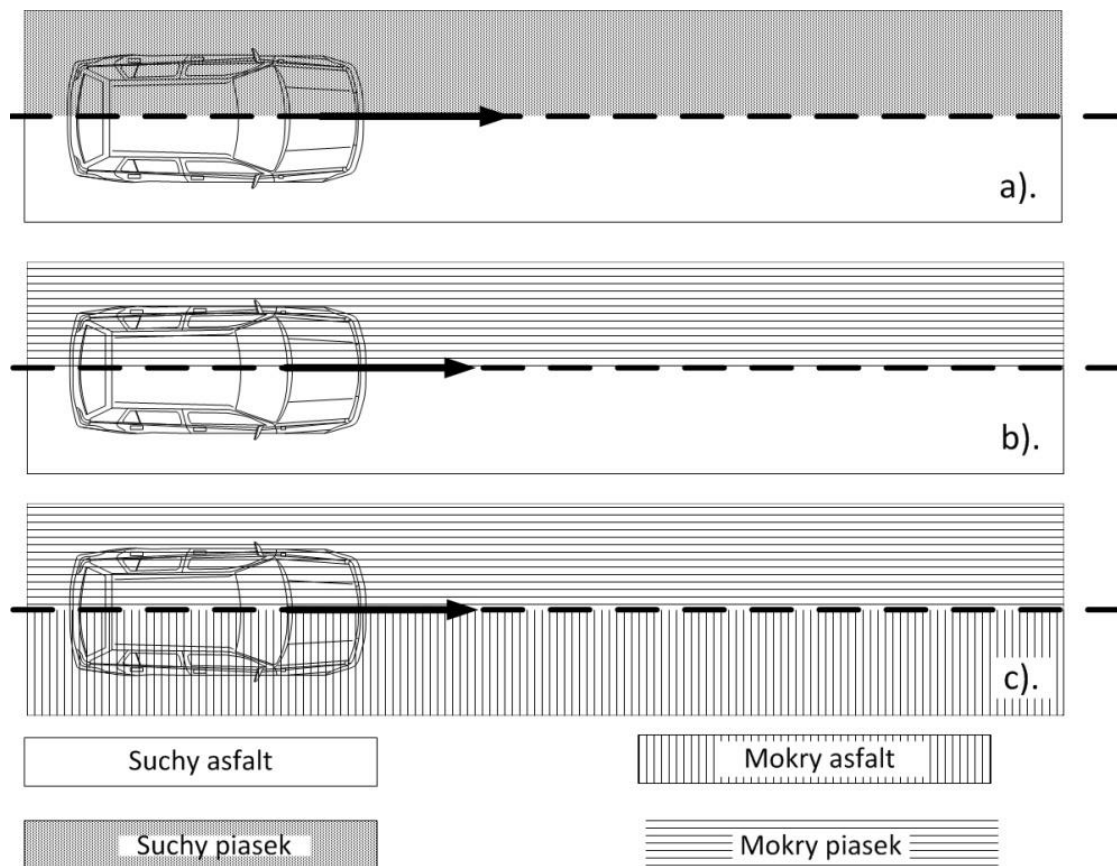
Celem przeprowadzonych badań była próba oceny wpływu różnego stanu nawierzchni asfaltowej: suchej, mokrej i zanieczyszczonej. Dokonano oceny skuteczności hamowania na różnych nawierzchniach „mieszanych” dla różnych parametrów prób.

1 OPIS BADAŃ

1.1 Warunki pomiaru i sposób realizacji badań

Badania zostały zrealizowane na odcinkach badawczych Laboratorium Samochodów i Ciągników Politechniki Świętokrzyskiej w Ośrodku Dąbrowa. Próby hamowania przeprowadzono na nawierzchniach mieszanych. Ponieważ w czasie poruszania się pojazdu występują sytuacje, gdy koła poruszają się po nieco odmiennych nawierzchniach (zarówno pod względem ich składu, jak i ich stanu), w związku z tym przeprowadzono pomiary skuteczności hamowania dla trzech różnych wariantów nawierzchni „mieszanych asfaltowych”, w których:

- jedna strona pojazdu – asfalt jest zanieczyszczony suchym piaskiem, druga strona pojazdu to suchy asfalt (rysunek 1a),
- jedna strona pojazdu – asfalt jest zanieczyszczony mokrym piaskiem, druga strona pojazdu to suchy asfalt (rysunek 1b),
- jedna strona pojazdu – asfalt jest zanieczyszczony mokrym piaskiem, druga strona pojazdu to mokry asfalt (rysunek 1c).



Rys. 1. Rodzaje nawierzchni mieszanych wykorzystywanych w badaniach

Na rysunku 2 przedstawiono widok nawierzchni mieszanych, na jakich realizowano badania. Skuteczność hamowania wyznaczano z różnych prędkości początkowych pojazdu badawczego tj.: 10, 15, 20, 25, 30, 35 i 40 km/h przy stałym nominalnym ciśnieniu w jego ogumieniu.



Rys. 2. Widok na nawierzchnie „mieszane” wykorzystywane w badaniach; a). suchy asfalt – suchy zanieczyszczony asfalt, b). mokry asfalt- mokry zanieczyszczony asfalt

Do oceny warunków atmosferycznych (w tym temperatury otoczenia) wykorzystywano stację pogodową Davies Vantage Pro2, przedstawioną na rysunku 3.



Rys. 3 Stacja pogodowa Davies Vantage Pro2

Podczas przeprowadzania prób na suchym asfalcie temperatura otoczenia wynosiła około 27°C. W czasie testów na mokrym asfalcie badania realizowano podczas opadów deszczu o wartości opadu 3 mm, zaś temperatura otoczenia wynosiła 17 °C.

1.2 Aparatura pomiarowa

Badania skuteczności układu hamulcowego zrealizowano pojazdem badawczym Opel Astra II, wyposażonym w sprawny układ ABS, przedstawionym na rysunku 4a. Pojazd wyposażony był w opony letnie Kleber Dynaxer HP3 185/65/R15 o bardzo niewielkim stopniu zużycia (wysokość rzeźby bieżnika wykazywała zużycie 1mm w stosunku do wartości nominalnej). Parametry wykorzystywanych opon zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Specyfikacje opon użytych w badaniu

Szerokość	185
Profil	65
Średnica	15
Indeks nośności	88
Prędkość	T (max 190 km/h)
Klasa efektywności energetycznej	E (9,1-10,5 kg/t)
Przyczepność na mokrej nawierzchni	C (125-139 m)

Aby możliwe było wyznaczenie skuteczności hamowania pojazd badawczy wyposażono w specjalistyczną aparaturę, którą stanowiły m.in.:

- czujnik optoelektroniczny S-350 Corrsys Datron®, przeznaczony do pomiaru parametrów ruchu pojazdu - prędkości wzdłużnej i poprzecznej pojazdu oraz kąta znoszenia, współpracujący z kompaktowym wyświetlaczem parametrów ruchu (rysunek 4a),
- kierownica dynamometryczna MSW (rysunek 4b),
- czujnik do pomiaru siły nacisku na pedał hamulca wraz z wyświetlaczem (rysunek 4b),
- zestaw czujników do pomiaru poślizgu kół WPT (rysunek 4c),
- stacja akwizycji danych uEEP 12 wraz z tabletem sterującym (rysunek 4d).



Rys. 4. Samochód Opel Astra II wyposażony w aparaturę badawczą a) czujnik optoelektroniczny S-350, b) kierownica dynamometryczna MSW, czujnik siły nacisku na pedał hamulca, c) czujniki do pomiaru poślizgu kół WPT, d) stacja akwizycji danych uEEP 12 z komputerem sterującym

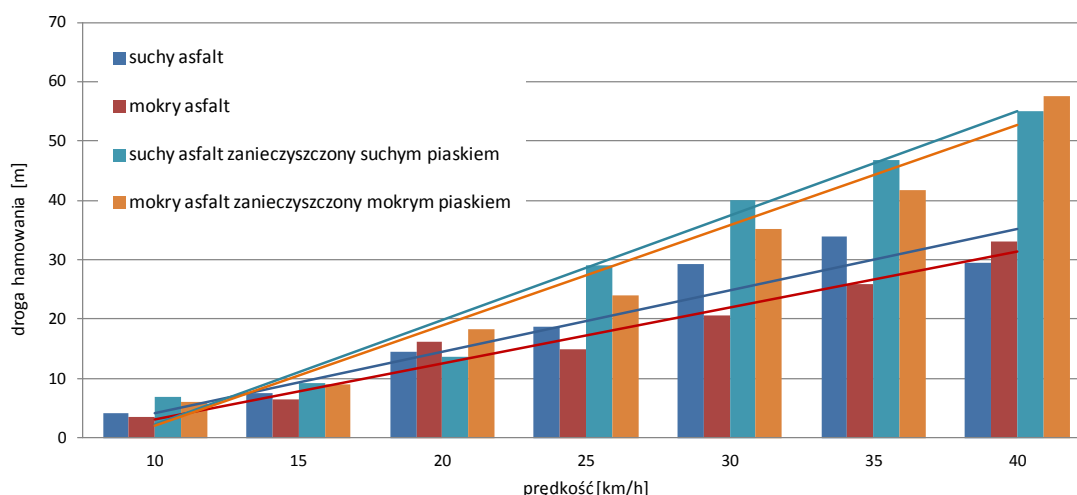
2 WYNIKI POMIARÓW I ICH ANALIZA

2.1 Wpływ rodzaju nawierzchni drogi na długość drogi hamowania

Aby zapewnić bezpieczeństwo w ruchu drogowym kierowca powinien być świadomy, po jakiej drodze się porusza i jaka może być ewentualna droga hamowania. Taka informacja ułatwia kierowcy przewidywanie sytuacji na drodze i pozwala na zastosowanie odpowiedniej techniki jazdy. Doświadczeni kierowcy, jadący po nieznanach drogach, często dokonują ich sprawdzenia poprzez tzw. próbne hamowanie. W ten sposób mogą ocenić stan nawierzchni, określić możliwość stopnia wykorzystania układu hamulcowego (do zablokowania kół) i jednocześnie wyrobić sobie opinię o niezbędnym dystansie do pojazdu poprzedzającego. W sytuacji, gdy stan nawierzchni zmienia się

i to w sposób skokowy, zaskakujący (kiedy np. nagle spadnie ulewny deszcz, czy też droga została miejscowo zanieczyszczona), kierowca powinien diametralnie zmienić sposób jazdy, bowiem skuteczność hamowania również ulegnie zmianie.

To, że rodzaj nawierzchni ma wpływ na długość drogi hamowania nie jest dla nikogo zaskoczeniem. W literaturze często spotyka się różne wyniki badań realizowanych na suchych i mokrych nawierzchniach, przy czym rzadko się mówi o nawierzchniach zanieczyszczonych. Wyniki wpływu rodzaju nawierzchni na długość drogi hamowania przedstawiono na rysunku 5. Badania zrealizowano na czterech różnych stanach nawierzchni asfaltowej dla prędkości jazdy samochodu 10..40km/h. Ogumienie w pojeździe miało nominalną wartość ciśnienia powietrza.



Rys. 5. Długość drogi hamowania wyznaczonej dla nominalnego ciśnienia powietrza w ogumieniu

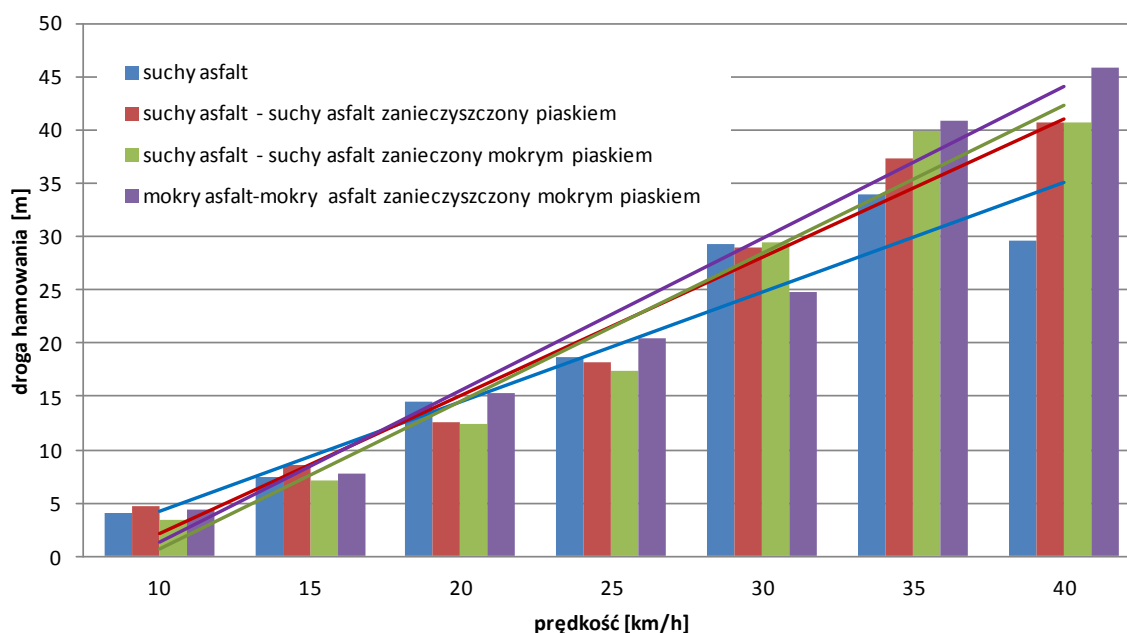
Na podstawie wyników drogi hamowania przedstawionych na rysunku 5 można stwierdzić, że w symulowanych warunkach drogowych na tym samym asfalcie uzyskano znacznie różniące się wyniki. Wyznaczone linie trendu drogi hamowania świadczą o tym, że w czasie badań najmniejszą skuteczność hamowania, znacznie odbiegającą od pozostałych, uzyskano dla zanieczyszczonego asfaltu. Zarówno jego zanieczyszczenie suchym, jak i mokrym piaskiem powodowało, że droga hamowania wydłużała się w stosunku do asfaltu suchego czystego bardzo znacząco, bo o blisko 50%. Są to wartości bardzo znaczące, tym bardziej, że takie zanieczyszczenie może nie być wcześniej zauważone przez kierowcę i dopiero w momencie hamowania może się to ujawnić.

Stosunkowo niewielka różnica była pomiędzy drogą hamowania na asfalcie suchym i mokrym, która może wynikać z faktu, że asfalt na jakim były realizowane badania, miał nawierzchnię nową i nie był „wyślizgany”. Zanieczyszczenie drogi różnymi „pozostałościami” może być dla kierowców całkowicie niewidoczne i wywołać zaskoczenie kierowcy. Pojazdy ciężarowe przewożące ładunki sypkie, w wielu przypadkach pomimo ustawowego obowiązku nie zawsze korzystają z elementów (plandek) zabezpieczających ładunek. Szczególnym zagrożeniem może być zanieczyszczenie nawierzchni na skrzyżowaniach, tam, gdzie na ładunek sypki działają siły bezwładności, związane z hamowaniem lub przyspieszaniem pojazdu.

Zanieczyszczenie drogi nie musi być jednak spowodowane przez innych kierowców. Często nieprawidłowe pochylenie drogi, czy też źle funkcjonujące jej odwodnienie może powodować, że w trakcie opadów na drogę nanoszone są różne zanieczyszczenia np. piasek, drobne kamyczki, ziemia. Kierowcy bez odpowiedniego doświadczenia, w przypadku konieczności gwałtownego hamowania na takiej nawierzchni mogą mieć problemy.

Na rysunku 6 przedstawiono zestawienie wartości drogi hamowania na asfaltowych nawierzchniach „mieszanych” zgodnie ze schematem z rysunku 1. W rzeczywistym ruchu drogowym bardzo często zdarzają się sytuacje, kiedy jedna strona pojazdu porusza się po nawierzchni w innym stanie niż druga. Nawierzchnia taka może mieć inny skład i własności np. w związku z tzw. łataniem ubytków w nawierzchni (kolein). Może być również częściowo mokra (np. woda zalegająca

w koleinach) lub zanieczyszczona np. piaskiem. Wartość drogi hamowania oczywiście jest najmniejsza, kiedy koła obu stron pojazdu współpracują z czystą, suchą nawierzchnią asfaltową.



Rys. 6. Długość drogi hamowania na nawierzchniach asfaltowych „mieszanych”

Jak wynika z przedstawionych wyników nawet drobne zanieczyszczenie części drogi powoduje, że w stosunku do poprzedniej sytuacji (obie strony pojazdu poruszają się po suchym asfalcie) droga hamowania wydłuża się o co najmniej kilka metrów. Najbardziej niekorzystną (ze względu na drogę hamowania) sytuacją było hamowanie na mokrym asfalcie i mokrym zanieczyszczonym asfalcie.

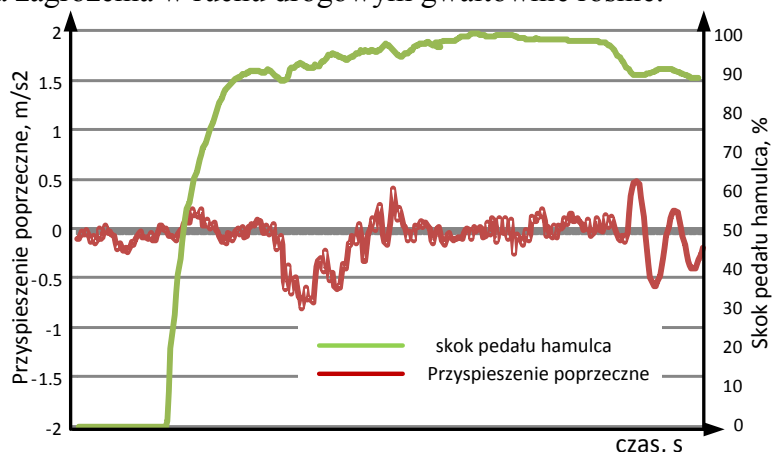
Warty zauważenia jest fakt, że im większa prędkość, tym większa jest też droga hamowania. Można powiedzieć, że różnica kilku metrów przy prędkości 40 km/h to niewiele. Jednak należy przypuszczać, że przy większych prędkościach ta wartość znacznie się powiększy. W badaniach rozpatrywano jedynie częściowe zanieczyszczenie powierzchni asfaltowej piaskiem, a nie rozpatrywano innych możliwych zanieczyszczeń, z którymi mogą zetknąć się kierowcy np. rozlanych płynów eksploatacyjnych itd. Takie zanieczyszczenie mogłoby spowodować, że różnice w długości drogi hamowania byłyby jeszcze bardziej znaczące. Dodatkowo warto zwrócić uwagę, że koła hamujące na różnych nawierzchniach mogą powodować utratę stateczności hamowania, która widoczna była podczas badań i przejawiała się „ściągnięciem” pojazdu.

W trakcie hamowania pojazdem nie wyposażonym w system ESP (pojazd badawczy), taka nierównomierność sił hamowania na obu stronach pojazdu wywołuje groźne w skutkach następstwa dla ruchu drogowego. Wówczas niebezpieczne „ściągnięcie” powoduje powstawanie przyspieszeń poprzecznych, które mogą wywoływać poślizgi poprzeczne pojazdu.

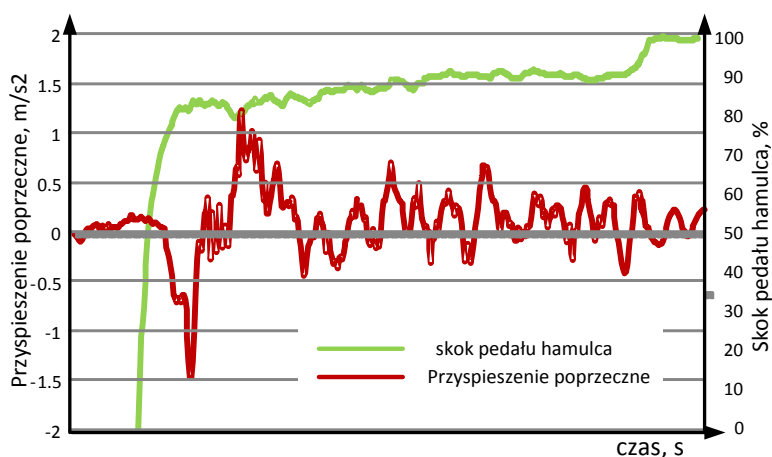
Na rysunku 7 przedstawiono przebieg przyspieszenia poprzecznego zarejestrowanego podczas hamowania na nawierzchni suchej. Wahania są stosunkowo niewielkie i nie przekraczają wartości około 0.2m/s^2 . Większe wartości pojawiają się w momencie osiągnięcia pełnego skoku pedału hamulca oraz w końcowym etapie hamowania tuż przed zatrzymaniem pojazdu.

Porównując wykres przedstawiony na rysunku 8, ukazana wartość przyspieszenia poprzecznego pojazdu w trakcie hamowania na powierzchni mieszanej, w której koła jednej strony pojazdu hamowały na suchym czystym asfalcie, zaś drugiej na suchym zanieczyszczonym asfalcie z wykresem przedstawionym na rysunku 7, łatwo można zauważyć istotne różnice. Występujące przyspieszenia poprzeczne w trakcie hamowania przekraczają wartość $1,3\text{m/s}^2$. Na powierzchni o małym współczynniku tarcia przyspieszenie poprzeczne może powodować problemy ze statecznością ruchu pojazdu oraz częściową lub całkowitą utratą kontroli kierowcy nad pojazdem. W przypadku mało doświadczonych kierowców i takich którzy, nie trzymają poprawnie koła kierownicy (a takie sytuacje

są nagminne), może się okazać, że w momencie hamowania na różniących się nawierzchniach możliwość powstania zagrożenia w ruchu drogowym gwałtownie rośnie.

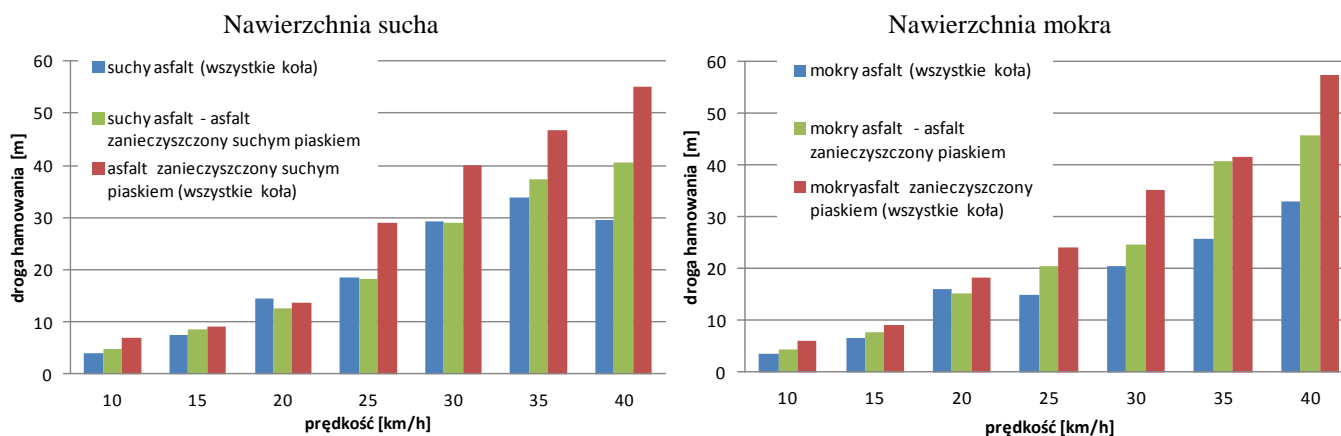


Rys. 7. Przyspieszenie boczne zarejestrowane na suchej powierzchni asfaltowej zarejestrowane przy prędkości początkowej 40km/h



Rys. 8. Przyspieszenie boczne zarejestrowane na suchej powierzchni suchej asfaltowej i powierzchni zanieczyszczonej zarejestrowane przy prędkości początkowej 40km/h

Na rysunku 9 przedstawiono zestawienie wpływu stopnia zanieczyszczenia powierzchni drogi na uzyskane wartości drogi hamowania. Analizę przeprowadzono zarówno na drodze suchej, jak i mokrej. Im większy jest stopień zanieczyszczenia, tym droga hamowania jest znacznie dłuższa.

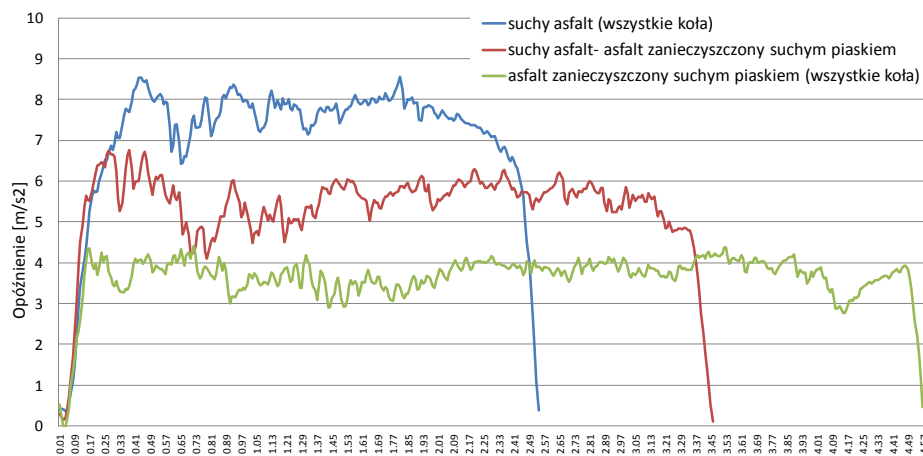


Rys. 9. Długość drogi hamowania dla nominalnego ciśnienia w oponach na różnych nawierzchniach

Jak można się było przekonać, takie zanieczyszczenie jezdni, spowodowane przykładowo naniesieniem zabrudzeń z pobocza drogi, prowadzi do wydłużenia drogi hamowania od kilkunastu do

kilkudziesięciu procent w zależności od prędkości jazdy. Podobne obserwacje zanotowano zarówno w badaniach dla nawierzchni suchej i mokrej.

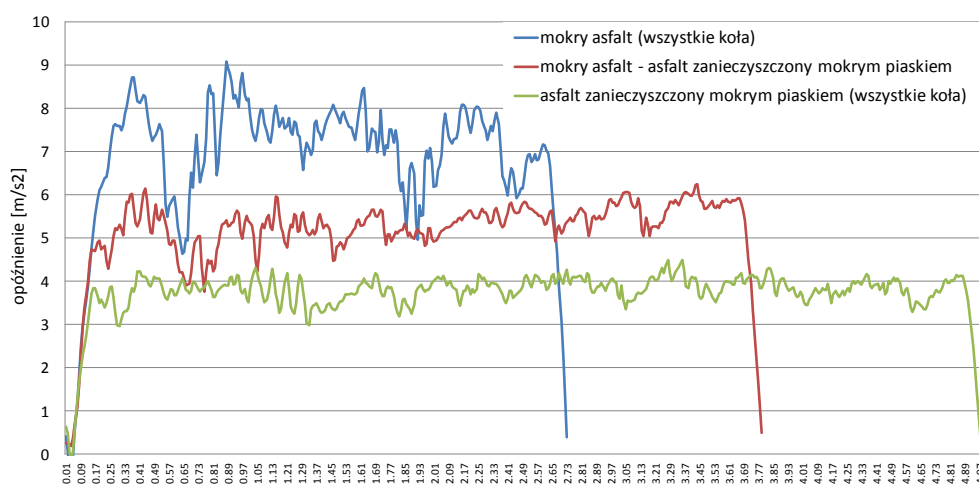
Porównanie opóźnienia hamowania dla powierzchni asfaltowych suchych przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Porównanie przebiegu opóźnienia hamowania z prędkości 40 km/h dla różnych stopni zanieczyszczenia asfaltu suchego

Przebiegi opóźnienia w funkcji czasu zaprezentowane na rysunku 10, potwierdzają, że najwyższą skuteczność hamowania uzyskuje się na powierzchni „nie zanieczyszczonej”. Możliwie jest wtedy osiągnięcie opóźnienia hamowania rzędu $8-9 m/s^2$. Można się spodziewać, że w nowszych pojazdach, wyposażonych w asystenta gwałtownego hamowania, wartości te mogą być jeszcze większe. Warto również zwrócić uwagę na czas hamowania. Ulega on znaczącemu wydłużeniu przy hamowaniu na nawierzchni całkowicie zanieczyszczonej o ponad 80%.

Przebiegi opóźnienia, zaprezentowane na rysunku 11, przedstawiają przebieg hamowania na powierzchni mokrej asfaltowej. Uzyskane wartości opóźnienia na tej nawierzchni, choć niższe, wykazują dużą zbieżność z wynikami prezentowanymi na rysunku 9. Warto zwrócić uwagę, że czas hamowania na nawierzchni mokrej dla poszczególnych prób jest dłuższy, niż na nawierzchni suchej. Można odnotować znaczące zwiększenie wahań wartości rejestrowanego opóźnienia.



Rys. 11. Porównanie wartości opóźnienia z prędkości 40 km/h na nawierzchni asfaltowej o różnym stopniu zanieczyszczenia

PODSUMOWANIE

Układ hamulcowy należy do najbardziej odpowiedzialnych za bezpieczeństwo jazdy układów w pojeździe. Powszechnie w wielu ośrodkach realizowane są badania dotyczące metod poprawy skuteczności układów hamulcowych, zmierzające m.in. do poprawy ich konstrukcji. Są to bardzo ważne prace, przy czym nie można zapominać o tym, że pojazd porusza się po konkretnych drogach, których stan może nie być idealny.

Sprawny układ hamulcowy może okazać się niedostatecznie skuteczny, gdy pojazd porusza się po drodze zanieczyszczonej. Na podstawie wyników uzyskanych w trakcie badań należy zwrócić szczególną uwagę na to, że nie tylko rodzaj nawierzchni, ale przede wszystkim jej stan, może wywoływać znaczącą, wręcz skokową zmianę przyczepności kół. Zanotowane różnice długości drogi hamowania są w tych sytuacjach bardzo znaczące.

Ważnym podkreślenia jest fakt, że w czasie hamowania na nawierzchniach „mieszanych” powstaje groźne zjawisko utraty stateczności, które może pociągać za sobą tragiczne skutki. Przy prędkości 40 km/h badania wykazały znaczne wydłużenie drogi hamowania oraz nieznaczną utratę stateczności pojazdu. Można przypuszczać, że przy większych prędkościach parametry te mogą ulec znacznemu wzrostowi.

Streszczenie

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu różnych warunków drogowych na skuteczność hamowania. Badania zrealizowano na odcinkach badawczych Politechniki Świętokrzyskiej. W badaniach wykorzystano samochód osobowy Opel Astra II, wyposażony w specjalistyczną aparaturę pomiarową. Próby prowadzono na różnych nawierzchniach asfaltowych, zakresie prędkości od 10 do 40 km/h. Mierzono wartości drogi hamowania i opóźnienia dla powierzchni drogowych: suchych, mokrych oraz zanieczyszczonych. Dodatkowo zrealizowano badania, w których koła lewej strony pojazdu poruszały się po innej nawierzchni niż prawe.

W wyniku uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że stan nawierzchni oraz stopień jej zanieczyszczenia wpływają na długość drogi hamowania i wartość opóźnienia. Głównym czynnikiem wpływającym na skuteczność hamowania jest stan powierzchni asfaltu (czysty lub zanieczyszczony). W takim przypadku zmiana drogi hamowania może wynosić nawet kilkadziesiąt procent.

W trakcie hamowania na różnych nawierzchniach wzrasta przyspieszenie poprzeczne pojazdu, które może powodować utratę stateczności ruchu pojazdu.

Vehicle braking effectiveness in different road conditions

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of different road conditions on the effectiveness of the vehicle braking system. The studies were carried out at the Kielce University of Technology research site. The vehicle used to the study was Opel Astra II equipped with a specialized measuring equipment. Measurements were conducted for different asphalt road surfaces. The tests carried out for various vehicle speeds in the range of 10 to 40 km/h, the braking distance and deceleration were measured. Research was conducted on clean, dry, wet and contaminated surfaces of the road. In addition, the research was made for both sides of the vehicle (left and right wheels of car) moving along different road surfaces. As a result, it can be told, that the surface state influences the braking distance and braking deceleration. The main factor, influencing the effectiveness of braking is surface of the asphalt (clean or dirty). The braking distance, in this case, increased of several tens of percent. Also the vehicle lateral acceleration raised, affected to the stability of the vehicle motion.

BIBLIOGRAFIA

1. 13 Regulamin EKG ONZ, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:257:0001:0196:pl:PDF> z dnia 10.08.2014r.
2. Bułka D., Walczak S., Wolak S., Proces hamowania – aspekt prawny i techniczny w ujęciu symulacyjnym i analitycznym, <http://cyborgidea.com.pl/downloads/Radom2006.pdf> z dnia 02.09.2014.

3. Czech P., Łazarz B., Madej H.. Wpływ ciśnienia w ogumieniu i obciążenia pojazdu na opóźnienie i drogę hamowania samochodu osobowego bez ABS, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Transport z. 69, 2010: 21-28
4. Jurecki R., Jaśkiewicz M., Zuska A., Basa A. Researches the dependence of the way of taking a measurement on the effectiveness of braking on a diagnostic line. Materiały Konferencyjne XIII International Technical System Degradation Conference, Liptovsky - Mikulasz 23-26.04.2014: 82-85.
5. Jurecki R., Stańczyk T.L., Driver model for the analysis of pre-accident situations. Vehicle System Dynamics, 47 (5), 2009: 589-612
6. Jurecki R., Stańczyk T. L., Jaśkiewicz M., Driver's reaction time in a simulated, complex road incident, Transport: 1-12, online 09.08.2014: s. 1-12. DOI:10.3846/16484142.2014.913535
7. Lozia Z., Woliński P., Relacje wartości długości drogi hamowania i drogi zatrzymania dla różnych warunków ruchu samochodu, Autobusy, 6/2010: 1-7,
8. Parczewski K., Effect of tyre inflation pressure on the vehicle dynamics during braking manouvre, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability 2013, 15(2): 134-139.
9. Stryjek P., Grzesiak J., Włodarczyk P., Kukła S. Badania układów hamulcowych pojazdów policyjnych, Materiały Konferencyjne VIII Międzynarodowej Konferencji „Problemy bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych”, Kielce 6-8 lutego 2012: 311-316

W badaniach wykorzystano aparaturę naukowo-badawczą zakupioną w ramach projektu LABIN – *Wsparcie Aparaturowe Innowacyjnych Laboratoriów Naukowo – Badawczych Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach* projekt nr POPW.01.03.00-26-016/09 współfinansowany przez Unię Europejską Program Operacyjny Rozwój Polski Wschodniej 2007-2013 Oś Priorytetowa I Nowoczesna Gospodarka Działanie I.3 Wspieranie innowacji.

W badaniach wykorzystano aparaturę naukowo-badawczą zakupioną w ramach projektu WND-RPSW.02.01.00-26-012/11 *„Ruchome laboratorium badań bezpieczeństwa i komfortu w transporcie zbiorowym”* współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Działania 2.1 Rozwój innowacji, wspieranie działalności dydaktycznej i badawczej szkół wyższych oraz placówek sektora „badania i rozwój”, Osi 2 „Wsparcie innowacyjności , budowa społeczeństwa informacyjnego oraz wzrost potencjału inwestycyjnego regionu” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa świętokrzyskiego na lata 2007-2013.

W badaniach wykorzystano aparaturę naukowo-badawczą zakupioną w ramach projektu WND-RPSW.02.01.00-26-010/11 *„Ruchome laboratorium badań bezpieczeństwa i własności dynamicznych pojazdów samochodowych”* współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Działania 2.1 Rozwój innowacji, wspieranie działalności dydaktycznej i badawczej szkół wyższych oraz placówek sektora „badania i rozwój”, Osi 2 „Wsparcie innowacyjności , budowa społeczeństwa informacyjnego oraz wzrost potencjału inwestycyjnego regionu” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa świętokrzyskiego na lata 2007-2013.