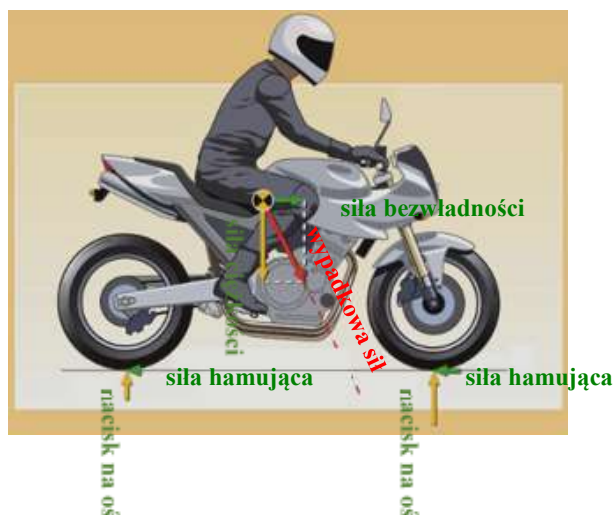


PROCES HAMOWANIA SPORTOWYCH MOTOCYKLI WYPOSAŻONYCH W DWUOBWODOWY SYSTEM HAMULCOWY

Współczesne układy hamulcowe w motocyklach sportowych są konstrukcjami dwuobwodowymi co oznacza, że możemy dowolnie regulować siłę hamowania koła przedniego oraz tylnego. W motocyklach sportowych nie stosuje się rozwiązań typu kombi. W obecnym czasie mamy do czynienia ze stosowaniem coraz większej liczby systemów elektronicznych wspomagania układu jezdny motocykli. Wyposażanie motocykli w elektroniczny system ABS staje się standardem w ruchu ulicznym. Prawidłowa ocena sytuacji na drodze przez kierującego może niekiedy nie wystarczyć i występuje potrzeba hamowania awaryjnego. Odpowiednie umiejętności kierowcy oraz niezbędna wiedza pozwalają na uniknięcie niebezpiecznych sytuacji. Celem artykułu jest analiza opóźnienia hamowania występującego w trakcie procesu hamowania sportowych motocykli.

WSTĘP

Siły działające na motocykl oraz ich rozkład mają największy wpływ na zachowanie się pojazdu podczas manewru hamowania. Podczas hamowania nacisk na oś przednią jest zdecydowanie większy niż na oś tylną, jest to spowodowane wypadkową siłą. Siła bezwładności jest tym większa im większa jest siła hamowania. Dopóki wypadkowa sił nie przecina punktu styku opony przedniej z nawierzchnią opona tylna pozostanie w kontakcie z podłożem. Jeśli środek ciężkości jest nisko, a ciśnienie w układzie hamulcowym jest duże, to następuje poślizg koła [1, 6, 7, 10-12, 14, 15].



Rys. 1. Rozkład sił w trakcie hamowania

Na czas hamowania pojazdu ma wpływ wiele czynników. Możemy je określić oraz uwzględnić podczas obliczeń analitycznych. Niewątpliwie największe oddziaływanie na skuteczność hamowania ma kierowca. Czas reakcji kierowcy jest jedną z głównych składowych manewru. Od momentu spostrzeżenia do momentu uruchomienia hamulców upływa czas t_r . Następnym ważnym elementem, który uwzględniamy jest czas uruchomienia układu hamulcowego t_u . W tym momencie dochodzi do przepływu płynu hamulcowego,

uruchomienia odpowiednich elementów ciernych układu hamulcowego, aż do uzyskania odpowiedniej siły hamowania. Ostatnim składnikiem czasu hamowania pojazdu jest czas od zadziałania układu hamulcowego do zatrzymania pojazdu.

$$t = t_r + t_u + t_h \quad (1)$$

gdzie:

t - całkowity czas hamowania,

t_r - czas reakcji,

t_u - czas zadziałania układu hamulcowego,

t_h - czas od zadziałania układu hamulcowego do zatrzymania pojazdu.

Parametr odległości przebytej przez pojazd jest jednym z najważniejszych i najbardziej istotnych, wpływa on na bezpośrednio na nasze bezpieczeństwo na drodze przy manewrze awaryjnego hamowania. Droga hamowania określana jest jako odległość przebyta przez pojazd od chwili naciśnięcia pedału hamulca do zatrzymania się pojazdu.

Zgodnie z wyżej wymienionym wzorem na czas możemy wykorzystać wzór:

$$s = s_r + s_u + s_h \quad (2)$$

gdzie:

s - całkowita droga hamowania,

s_r - droga przebyta podczas reakcji kierowcy,

s_u - droga zadziałania układu hamulcowego,

s_h - droga przebyta od zadziałania układu hamulcowego do zatrzymania pojazdu.

Wykorzystując wzór na energię kinetyczną pojazdu podczas hamowania możemy uzyskać wzór na drogę hamowania.

$$E_K = L_H = F_H * S_H \quad (3)$$

gdzie:

E_K - energia kinetyczna,

L_H - praca,

F_H - siła hamowania,
 S_H - droga hamowania.

Po przekształceniu można uzyskać wzór na drogę hamowania.

$$S_H = \frac{v_a^2}{a_H} \quad (4)$$

gdzie:

S_H - droga hamowania,
 v_a^2 - prędkość pojazdu poprzedzająca hamowanie,
 a_H - opóźnienie hamowania.

Średnie opóźnienie hamowania pomaga wyznaczyć skuteczność hamowania pojazdu. Pozwala przewidzieć opóźnienie, po którym możemy zatrzymać pojazd w dokładnie wyznaczonym miejscu. Znając początkową prędkość i drogę przebytą podczas manewru hamowania jesteśmy w stanie dokonać obliczeń.

$$a_{\text{sr}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot S_H} \quad (5)$$

gdzie:

a_{sr} - średnie opóźnienie hamowania,
 v_0 - prędkość początkowa hamowania,
 S_H - droga hamowania.

1. OPIS BADAŃ

Przeprowadzone badania miały na celu identyfikację opóźnienia hamowania występującego w czasie hamowania motocykli sportowych.

Do pomiarów został użyty opóźnieniomierz firmy Inventure Automotive Electronics model XL Meter Pro. Jest to urządzenie produkcji Węgierskiej używane do badań pojazdów na stacjach kontroli pojazdów, których nie można zbadać na stacjonarnych urządzeniach kontrolnych, np. niektórych samochodów ciężarowych. Aparat mierniczy można wykorzystać w różnych rodzajach pojazdów. Urządzenie wykorzystuje zasadę bezwładności. Po pomiarze dokonuje oceny zdolności hamowania pojazdu MFDD zgodnie z obowiązującymi wymaganiami. Przy pomocy wyposażenia urządzenia jakim jest oprogramowanie kompatybilne z systemem operacyjnym Windows, można w łatwy sposób dokonać transferu danych pomiarowych z urządzenia na dysk twardy komputera lub każdego innego nośnika danych.

W aluminiowej obudowie urządzenia znajduje się wyświetlacz LCD, który umożliwia odczytanie najważniejszych informacji przeprowadzonego hamowania badanego pojazdu. Przy każdym pomiarze wyświetlone zostają dane na temat: drogi hamowania, prędkości początkowej hamowania, czasu hamowania oraz zdolności hamowania pojazdu MFDD. XL Meter Pro umożliwia wykonanie maksymalnie ośmiu pomiarów w jednej serii pomiarowej.

Urządzenie zostało zainstalowane na motocyklach na pomocą nakładki na wlew paliwa wykonanej ze stali konstrukcyjnej wypolerowanej, dzięki czemu oryginalna przyssawka dobrze dolegała do jej powierzchni. W ten sposób kierowca miał łatwy dostęp do urządzenia oraz był w stanie ocenić, czy spełnił założenia próby pomiarowej – głównie prędkość początkową hamowania.

Wszystkie pomiary wykonane zostały na prostym odcinku drogi asfaltowej o długości jednego kilometra. Powierzchnia była sucha, pozbawiona zanieczyszczeń oraz piachu. Jej stan można określić na bardzo dobry. Badania odbywały się przy zachmurzeniu i temperaturze otoczenia na poziomie 15°C. Temperatura drogi utrzymywała się na poziomie około 12°C. Przed pomiarami sprawdzono ciśnienie w oponach pojazdów, oraz ustawiono je w obu

motocyklach na takim samym poziomie. Pomiary wykonywane były przez kierowcę o wzroście 175 [cm] i wadze 95 [kg]. Kierowca miał wyznaczone miejsce rozpędzenia pojazdu do odpowiedniej prędkości – kolejno prędkości 30 [km/h], 50 [km/h], 70 [km/h] oraz 90 [km/h]. Prędkość utrzymywano do umownej linii, po której następował manewr hamowania.

Próby zostały wykonane w trzech wariantach hamowania: użycie hamulca kół przednich, użycie hamulca kół tylnych, oraz użycie obu hamulców jednocześnie. Wcześniej przygotowane karty pomiarowe pomogły w prawidłowym przebiegu badania. Po dokonaniu ośmiu pomiarów dokonywano transferu danych z urządzenia do pamięci komputera oraz zapisywano w programie XL Vision.



Rys. 2. Sposób zamocowania XL Meter Pro na badanych pojazdach

2. OBIEKT BADAŃ

W badaniach brały udział dwa motocykle sportowe o zbliżonych pojemnościach skokowych silnika, lecz o zupełnie różniących się osiągach. Wpływa na to data produkcji badanych motocykli, oraz ciągła rywalizacja firm w tym zakresie. Jednym z pojazdów jest czółowy motocykl sportowy z fabryki Hondy – model CBR 954 Fireblade z roku 2002, a z drugiej strony konkurencyjne Suzuki GSX-R 1000 k8 z roku 2008. Oba motocykle nie posiadają systemu ABS (Anti Brake System). Są one wyposażone w hydrauliczne tarczowe układy hamulcowe. Honda wyposażona jest w zestaw hamulcowy firmy Nissin – dwie tarcze 330 x 4,5 [mm], zaciski czterotłoczkowe z przodu oraz tarczę 220 x 5 [mm], zacisk jednotłoczkowy. Zamontowany jest akcesoryjny stalowy oplot przewodów hamulcowych. Suzuki posiada zestaw hamulcowy firmy Tokico. Na kole przednim dwie tarcze o średnicy 310 [mm] i grubości 5,5 [mm] obsługują zaciski typu monoblock czterotłoczkowe. Tylny koło jest hamowane przez zacisk jednotłoczkowy umieszczony pod wahaczem. Układ hamulcowy Suzuki nie posiada stalowego oplotu hamulcowego. Zaletą badanych pojazdów jest posiadanie amortyzatorów skrętu. W przypadku Hondy jest to akcesoryjny amortyzator firmy LSL oraz elektroniczny seryjny amortyzator w Suzuki [5, 16].

2.1. Parametry techniczne – Honda CBR 954 RR

Parametry techniczne:

- pojemność silnika: 954 [cm³],
- moc maksymalna: 150 [KM] przy 11250 [obr/min],
- moment obrotowy maksymalny: 104 Nm/9500 [obr/min],
- rozrusznik: elektryczny,
- skrzynia biegów: 6-biegowa,
- przeniesienie napędu: łańcuch typu O-ring Nr 530,
- wymiary (dł. x szer. x wys.): 2.065 x 680 x 1.125 [mm],
- rozstaw osi: 1400 [mm],
- wysokość siedzenia: 815 [mm],
- masa pojazdu w stanie suchym: 168 [kg],
- opona przednia: 120/70ZR17, stan ogumienia bardzo dobry 90%,
- opona tylna: 190/50ZR17, stan ogumienia bardzo dobry 90%,
- zawieszenie przednie: 120 [mm], 43-milimetrowy w pełni regulowany odwrócony widelec teleskopowy HMAS,
- zawieszenie tylne: 135 [mm], zespolone typu Pro-Link z amortyzatorem gazowym,
- hamulce przednie: dwie tarcze 330 x 4,5 [mm], zaciski czterotłoczkowe,
- hamulce tylne: tarcza 220 x 5 [mm], zacisk jednotłoczkowy.



Rys. 3. Honda CBR 954 Fireblade

2.2. Parametry techniczne – Suzuki GSX-R 1000 k8

Parametry techniczne:

- pojemność silnika: 999 [cm³],
- moc maksymalna: 185 [KM] przy 12000 [obr/min] (195 [KM] z SRAD),
- moment obrotowy maksymalny: 116,7 Nm/10000 [obr/min],
- rozrusznik: elektryczny,
- skrzynia biegów: 6-biegowa,
- przeniesienie napędu: łańcuch typu O-ring Nr 530,
- wymiary (dł. x szer. x wys.): 2,045 x 720 x 1.13 [mm],
- rozstaw osi: 1415 [mm],
- wysokość siedzenia: 810 [mm],
- prześwit: 130 [mm],
- masa pojazdu w stanie suchym: 172 [kg],
- opona przednia: 120/70/17, stan ogumienia bardzo dobry 90%,
- opona tylna: 190/50/17, stan ogumienia dobry 75%,
- zawieszenie przód: Widelec teleskopowy,
- zawieszenie tył: Wahacz wleczony z amortyzatorem gazowym,
- hamulce przednie: dwie tarcze 310 x 5,5 [mm], zaciski czterotłoczkowe,
- hamulce tylne: tarcza 220 x 5 [mm], zacisk jednotłoczkowy,
- rama: Typu Diamond, podwójna, z kompozytów aluminiowych.



Rys. 4. Suzuki GSX-R 1000 k8

3. WYNIKI BADAŃ

Każdy pojedynczy pomiar umożliwia odczytanie istotnych parametrów na temat manewru hamowania. Głównymi parametrami hamowania są: prędkość początkowa V_0 [km/h], droga hamowania S_0 [m], czas hamowania T_{br} [s] oraz obliczone średnie pełne opóźnienia hamowania MFDD [m/s²].

Wpływ sposobu hamowania na odległość potrzebną do zatrzymania motocykla marki Honda przedstawiono na rysunku 5.

Widoczne są duże różnice dotycząca wpływu użytego hamulca na odległości przebytej drogi do pełnego zatrzymania. Można to zaobserwować już przy małych prędkościach początkowych manewru hamowania. Obserwujemy również tendencję do wydłużania się różnicy przebytej odległości wraz ze wzrostem prędkości. Z wykresu dla pierwszego badanego pojazdu wynika, że najbardziej skutecznym sposobem hamowania jest użycie obu hamulców jednocześnie. W motocyklu marki Honda największą różnicę odległości obserwujemy przy hamowaniu hamulcem tylnym. Przebyta odległość przy hamowaniu hamulcem tylnym jest o 52,98 [m] dłuższa niż odległość przy użyciu obu hamulców jednocześnie dla prędkości 90 [km/h]. Biorąc pod uwagę odległość przebytą do zatrzymania przy użyciu samego hamulca przedniego – 64,86 [m], do użycia

hamulca tylnego, jest to wartość niemalże dwukrotna. Taką tendencję można zaobserwować dla każdej prędkości początkowej.

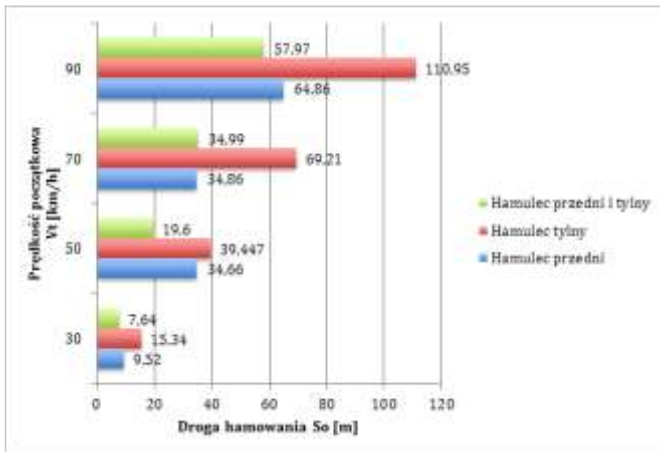
$$MFDD = \frac{V_0^2}{2 \cdot S_0} \quad (6)$$

gdzie:

$MFDD$ - średnie pełne opóźnienie hamowania,

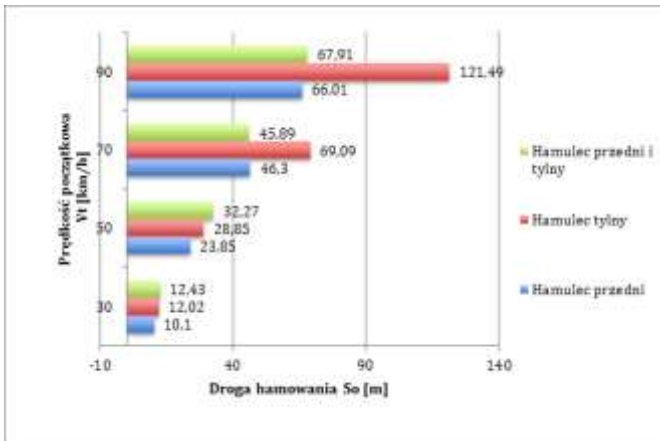
S_0 - droga hamowania,

V_0 - prędkość początkowa hamowania.



Rys. 5. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na drogę hamowania – Honda CBR 954 RR

Wpływ wykorzystanego hamulca na drogę hamowania motocykla marki Suzuki przedstawiono na rysunku 6.

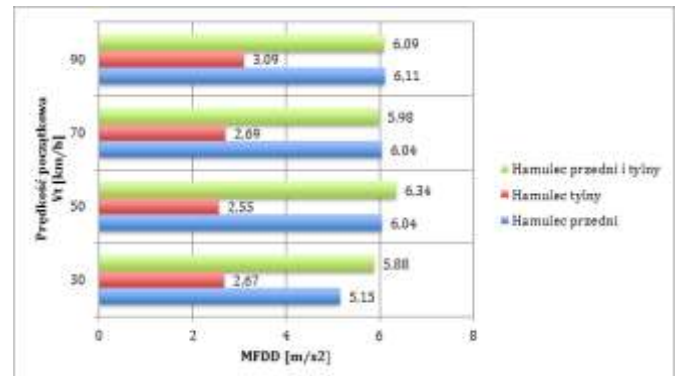


Rys. 6. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na drogę hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8

W motocyklu Suzuki zauważamy przy każdej prędkości początkowej manewru hamowania tendencję odwrotną do drugiego badanego pojazdu. W większości przypadków użycie hamulca przedniego daje lepsze rezultaty niż zastosowanie pozostałych sposobów. Wyjątkiem jest pomiar przy prędkości 70 [km/h], ale różnica to tylko 0,43 [m]. Należy jednak zauważyć, że również w tym przypadku hamulec tylny miał najmniejszą skuteczność.

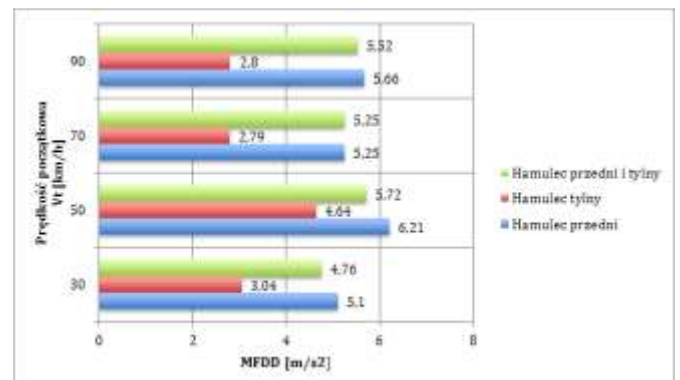
Podsumowując wyniki dla obu motocykli dochodzi się do stwierdzenia, że lepszy układ hamulcowy, umożliwiający zatrzymanie na krótszej drodze posiada Honda, która przy każdej prędkości stosując użycie obu hamulców zatrzymywała się na krótszym odcinku drogi. Dużą zaletą badanego pojazdu jest użycie stalowego opłotu hamulcowego, który wpływa na wycucie hamulców. Umożliwia to pewniejsze dozowanie siły hamowania do momentu granicznego, nie doprowadzając do uślizgu kół. Kierowca testując motocykl marki Suzuki miał dużo większe problemy z opanowaniem hamulca tylnego, którego użycie w dużej części pomiarów doprowadzało do blokowania koła.

Na kolejnych rysunkach pokazano obliczone średnie opóźnienie hamowania. Za pomocą tego parametru jesteśmy w stanie określić skuteczność manewru hamowania badanych motocykli. Parametr ten jest obliczany za pomocą wzoru:



Rys. 7. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na obliczone średnie pełne opóźnienia hamowania – Honda CBR 954 RR

Wyznaczony wykres potwierdza tezę o wycuciu układu hamulcowego przez kierowcę. Obliczone opóźnienia są stałe na jednym poziomie dla każdej prędkości początkowej hamowania dla motocykla marki Honda. Oznacza to, że kierowca był w stanie utrzymać skuteczne hamowanie na jednym poziomie. Przyczyniało się to do skrócenia drogi hamowania, oraz większej kontroli nad pojazdem podczas hamowania. Opóźnienia hamowania w Hondzie przy hamowaniu hamulcem przednim oraz przednim i tylnym były na poziomie 6 [m/s²]. Możemy także zauważyć, jak dużo mniejsze opóźnienia uzyskujemy za pomocą hamulca tylnego, które jest na poziomie 2,75 [m/s²].

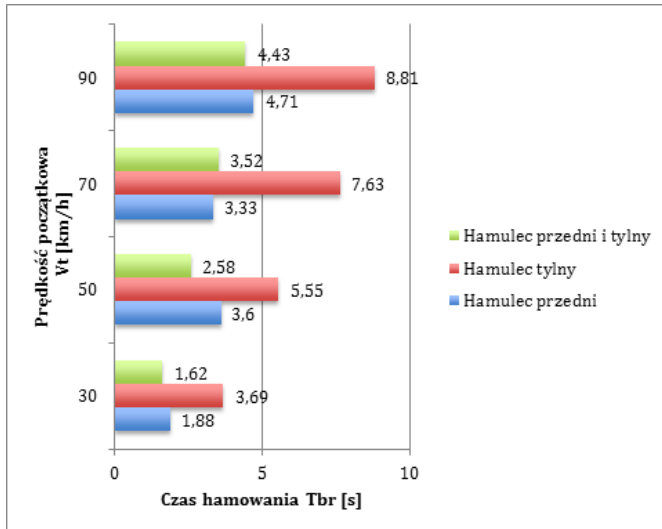


Rys. 8. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na obliczone średnie pełne opóźnienia hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8

Opóźnienia hamowania obliczone na podstawie pomiarów badanego pojazdu marki Suzuki, pokazują nam zróżnicowane opóźnienia hamowania dla poszczególnych sposobów hamowania, jak i dla różnych prędkości początkowych manewru. Zauważyć można, że parametr opóźnienia hamowania jest mniejszy niż w przypadku Hondy. Skuteczność osiągana przez oba hamulce motocykla jest niższa. Biorąc jednak pod uwagę tylny układ hamulcowy, to użycie samego tylnego hamulca jest skuteczniejsze w Suzuki.

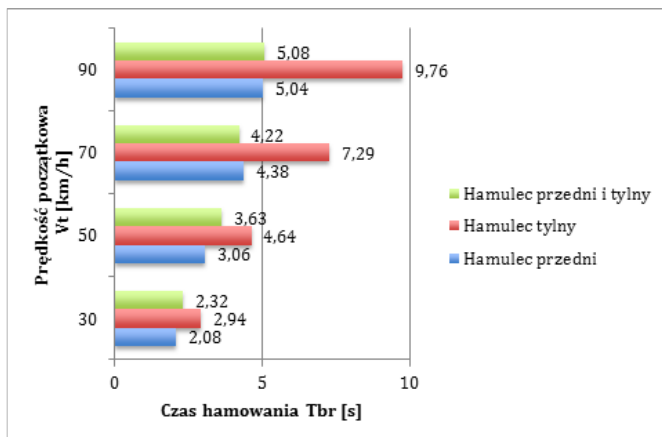
W przypadku obliczania czasu hamowania w sytuacji drogowej bierzemy pod uwagę czynniki takie jak: czas reakcji kierowcy, czas uruchomienia hamulców, oraz czas jaki minie do całkowitego za-

trzymania pojazdu. W przypadku przeprowadzonych pomiarów, czas hamowania mierzył akcelerometr, hamowanie odbywało się w wyznaczonym punkcie, ale kierowca nie wpływał na rozpoczęcie pomiaru czasu hamowania. Dlatego na wykresie przedstawiony jest czas od momentu uruchomienia przez kierowcę układu hamulcowego do momentu zatrzymania się badanego pojazdu.



Rys. 9. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na czas hamowania – Honda CBR 954 RR

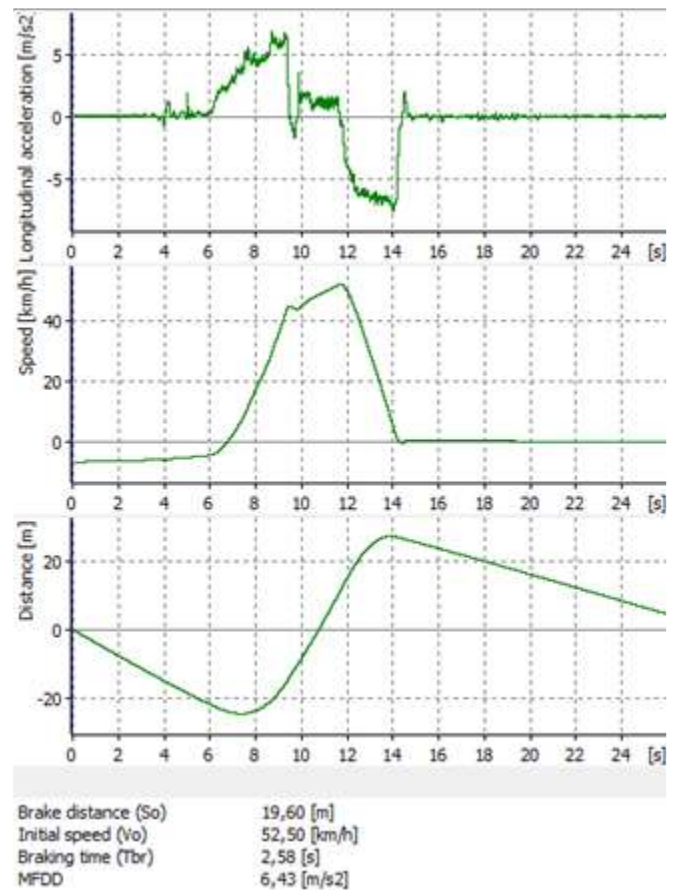
Tak jak w przypadku pozostałych wykresów, widać przewagę Hondy CBR 954 RR – wszystkie czasy hamowania są korzystniejsze – rozumiemy przez to krótsze czasy wykonania manewru. Parametry drogi przebytej podczas hamowania do czasu są wprost proporcjonalne. Także w przypadku analizy czasu jako parametru, możemy zauważyć przewagę stosowania hamulca przedniego oraz tylnego jednocześnie. Bardzo duży wpływ na wyniki pomiarów ma doświadczenie kierowcy oraz jego technika jazdy.



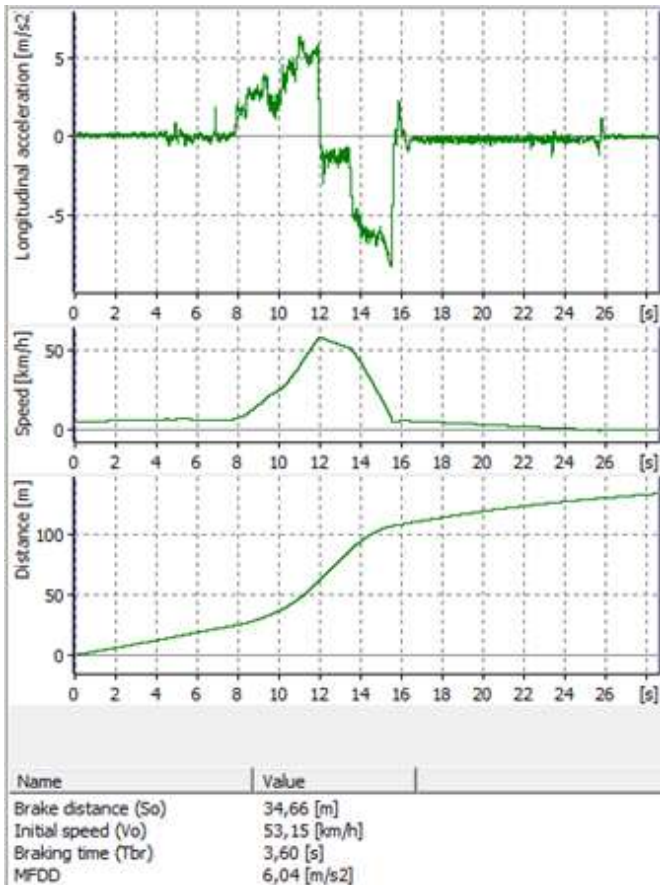
Rys. 10. Wpływ sposobu hamowania pojazdu na czas hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8

Czasy hamowania w Suzuki GSX-R 1000 k8 są zróżnicowane dla poszczególnych sposobów hamowania. Nie można doszukać się trendu. Potwierdza to, że kierowca podczas testów miał mniejszą kontrolę nad stałością procesu hamowania oraz utrzymania stateczności motocykla. Jedynie przy użyciu hamulca tylnego był w stanie uzyskać dobre oraz stałe wyniki.

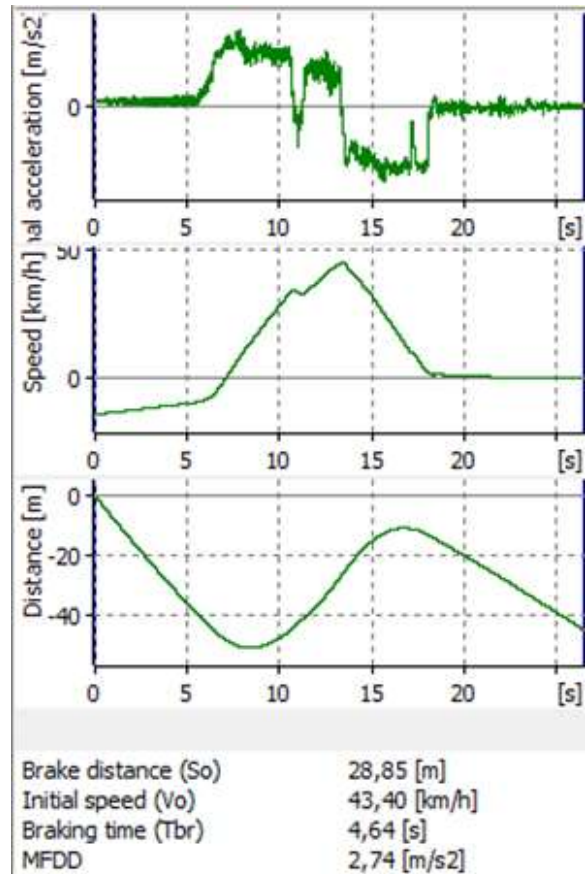
Badane pojazdy posiadają homologację drogową, czyli możemy je wykorzystywać w ruchu drogowym. Jednym z najważniejszych parametrów jest droga hamowania. Na podstawie przedstawionych dalej wykresów możemy wyciągnąć wnioski dotyczące hamowania przy prędkości 50 [km/h], która odpowiada maksymalnej prędkości w terenie zabudowanym. Wykresy uzmysławiają, jak długą drogę przebywa pojazd od chwili naciśnięcia klamki hamulca przez kierowcę. Uwidoczniona jest również niejednostajność opóźnienia hamowania przy manewrze hamowania. Przeskoki na wykresie opóźnienia spowodowane są różnicą w sile hamowania oraz uślizgami kół. Utrzymanie równomiernej prędkości na motocyklu sportowym nie jest łatwe. Z uwagi na zauważamy znaczące różnice w prędkościach początkowych hamowania, z wykonanych prób wybrano te najbardziej zbliżone do prędkości 50 [km/h].



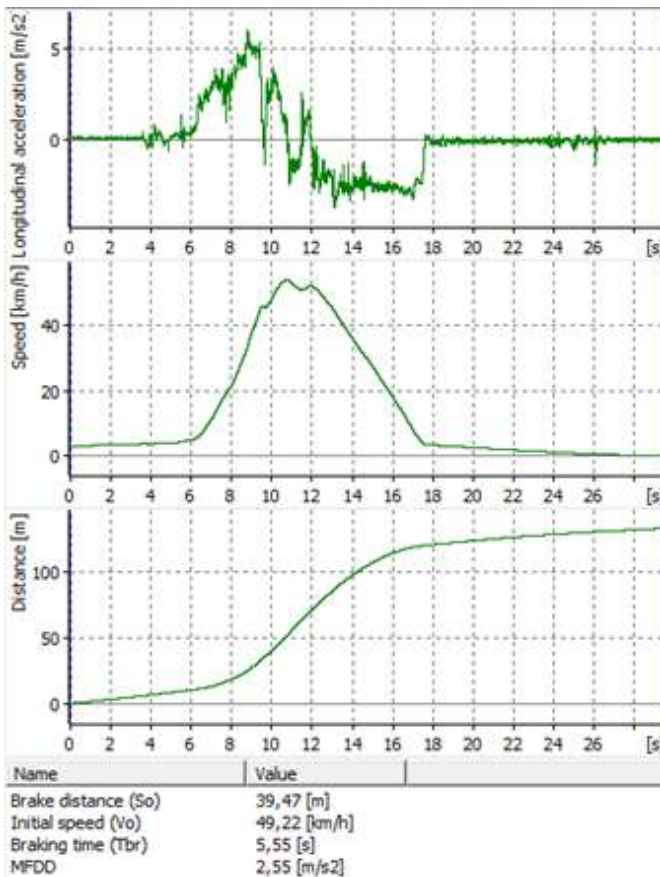
Rys. 11. Przebieg procesu hamowania – Honda CBR 954 RR – hamulec przedni i tylny



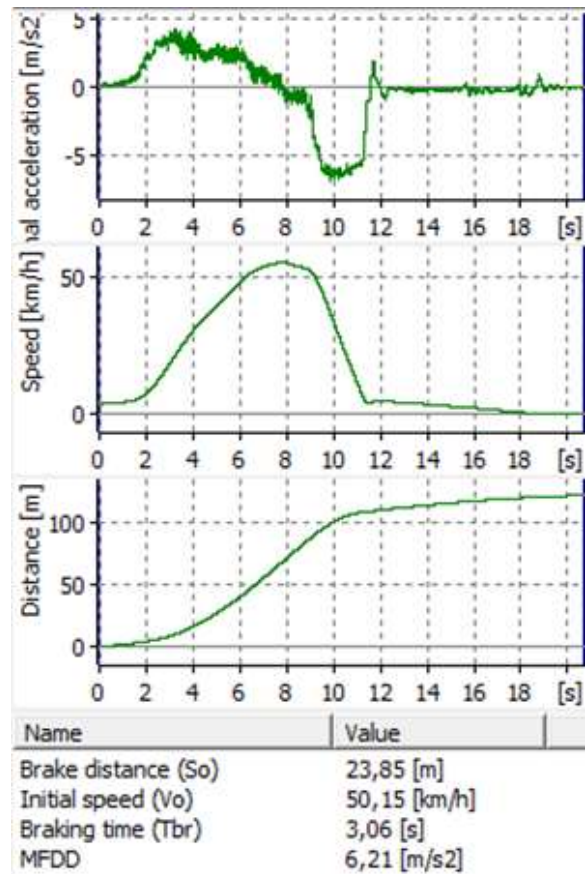
Rys. 12. Przebieg procesu hamowania – Honda CBR 954 RR – hamulec przedni



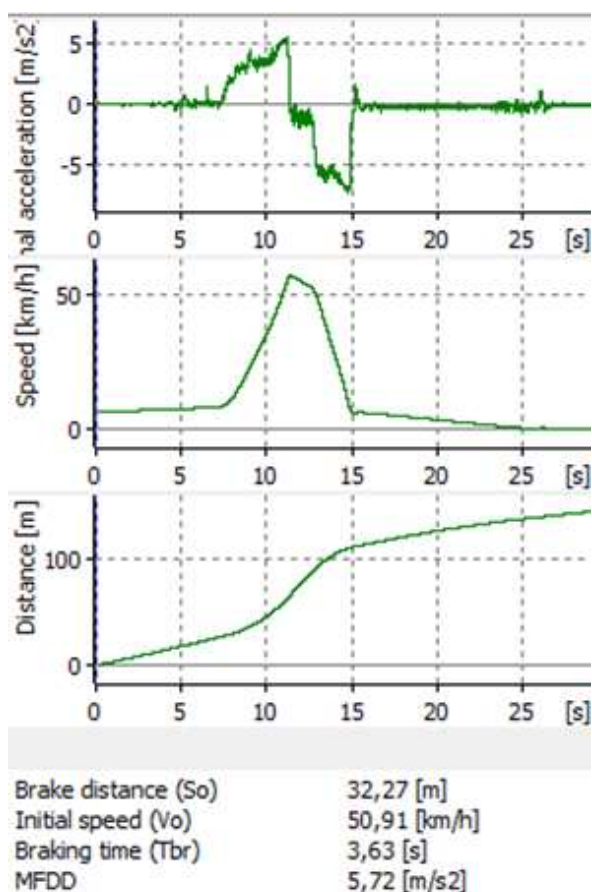
Rys. 14. Przebieg procesu hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8 – hamulec przedni i tylny



Rys. 13. Przebieg procesu hamowania – Honda CBR 954 RR – hamulec tylny



Rys. 15. Przebieg procesu hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8 – hamulec przedni



Rys. 16. Przebieg procesu hamowania – Suzuki GSX-R 1000 k8 – hamulec tylny

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań, można wyciągnąć następujące wnioski:

- skuteczność hamowania jest w dużym stopniu uzależniona od sposobu hamowania – wykorzystywanego hamulca,
- najbardziej efektywnym sposobem hamowania jest użycie obu hamulców jednocześnie (przedni + tylny),
- najkrótsza droga hamowania przy 50 [km/h] dla badanych motocykli to 19,6 [m],
- duże znaczenie ma stan techniczny części eksploatacyjnych tj.: ogumienia, klocków hamulcowych,
- przy hamowaniu oboma hamulcami musimy bardziej skupić się na zachowaniu przyczepności oraz stateczności motocykla,
- przesunięcie środka masy motocykla, który znajduje się w osi kół pojazdu, przy hamowaniu powoduje dociążenie koła przedniego oraz równoczesne odciążenie koła tylnego,
- hamowanie na jak najkrótszym odcinku wymaga od kierowcy motocykla sportowego dużego wysiłku,
- technika oraz doświadczenie kierowcy ma duży wpływ na długość drogi hamowania.

Badane motocykle charakteryzują się dużą mocą, wyposażone są w adekwatne do tego systemy hamulcowe, ale nie posiadają systemów wspomagających. Przy ciągłym zwiększaniu osiągnięć uzasadnione jest wprowadzanie nowoczesnych elementów elektronicznych wspierających kierowcę przy hamowaniu. Jedną z częstych przyczyn wypadków motocyklowych jest między innymi poślizg kół przy hamowaniu. Sposobami zwiększającymi wydajność hamowania są modyfikacje fabrycznych systemów hamulcowych, dbanie o materiały eksploatacyjne pojazdów, ale także w głównej

mierze szkolenia doskonalące kierowców. Odpowiednia technika, wyposażenie i wiedza, zapewnia prawidłowe zachowanie się i bezpieczeństwo na drodze.

Nie należy zapominać, że na poziom bezpieczeństwa wpływ ma również stan techniczny oraz zaawansowane technologie wykorzystane w trakcie projektowania, wytwarzania i eksploatacji wszelkiego typu środków transportu [2-4, 8, 9, 13, 17-19].

BIBLIOGRAFIA

1. Chalecki M. *Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
2. Grega R., Homišin J., Kašay P., Krajňák J., *The analyse of vibrations after changing shaft coupling in drive belt conveyer*, "Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport" 2011, vol. 72, p. 23-31, ISSN: 0209-3324.
3. Harachová D., Medvecká-Beňová S., *Applying the modularity principle in design of drive systems in mechanotherapeutic devices*, "Grant Journal" 2013, vol. 2(2), p. 80-82, ISSN 1805-062X.
4. Homišin J., *Tuning torsionally vibrating mechanical systems using pneumatic couplings: a compendium of performance research*, ATH, Bielsko-Biała 2008.
5. Honda Motor Co. *Service manual Honda CBR 954 RR*. 2002.
6. Hough D.L. *Motocyklista doskonały*. Wydawnictwo Buk Rower, Warszawa 2004.
7. Leiter R. *Hamulce samochodów osobowych i motocykli*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1998.
8. Mantič M., Kulka J., Kopas M., Faltinová E., Petróci J. *Special device for continuous deceleration of freight cableway trucks*. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2016, 91, 89-97. ISSN: 0209-3324.
9. Medvecká-Beňová S., Vojtková J., *Analysis of asymmetric tooth stiffness in eccentric elliptical gearing*, "Technológ" 2013, vol. 5(4), p. 247-249, ISSN: 1337-8996.
10. Miatluk M., Kamiński Z. *Układy hamulcowe pojazdów: obliczenia*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2005.
11. Pfeiffer M. *Sam naprawiam motocykl*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2003.
12. Prochowski L. *Mechanika ruchu*. Wydawnictwo komunikacji i łączności, Warszawa 2005.
13. 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, vol. 45, p. 1067-1076, ISSN: 0263-2241.
14. Reński A. *Budowa samochodów: układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
15. Siłka W. *Teoria ruchu samochodu*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
16. Suzuki Motor Co. *Suzuki GSXR 1000 Service manual*. 2007.
17. Tomko T., Puskar M., Fabian M., Boslai R. *Procedure for the evaluation of measured data in terms of vibration diagnostics by application of a multidimensional statistical model*. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2016, 91, 125-131. ISSN: 0209-3324.
18. Urbanský M., Homišin J., Krajňák J., *Analysis of the causes of gaseous medium pressure changes in compression space of pneumatic coupling*, "Transactions of the Universities of Košice" 2011, vol. 2, p. 35-40, ISSN: 1335-2334.
19. Zuber N., Bajrić R., Šostakov R., *Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence meth-*

ods, "Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance And Reliability" 2014, vol. 16(1), p. 61-35, ISSN: 1507-2711.

Braking process of sports motorcycles equipped with a dual circuit braking system

Modern brake systems in sports motorcycles are dual circuit structures, which means that can freely adjust the braking force of the front wheel and the rear. In sports motorcycles are not used combi type solutions. At the present time we are dealing with the use of an increasing number of electronic systems supporting running gear of motorcycles. Equipping motorcycles with electronic ABS system is becoming the standard in road traffic. Proper assessment of the situation on the road by the driver may sometimes not be enough, and there is a need for emergency braking. Suitable

driving skills and essential knowledge, allow avoiding dangerous situations. The aim of the article is to analyse the braking deceleration occurring during the braking process of sports motorcycles.

Autorzy:

inż. **Marcin Tadej** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

inż. **Michał Tadej** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

dr hab. inż. **Piotr Czech**, prof. nzw. Pol. Śl. – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

dr inż. **Aleksander Hornik** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

dr inż. **Piotr Gustof** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

mgr inż. **Damian Jędrusik** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska