

TECHNIKA HAMOWANIA I KONSTRUKCJA UKŁADU HAMULCOWEGO ORAZ ICH WPŁYW NA OPÓŹNIENIE HAMOWANIA ROWERÓW

W pracy przedstawiono wyniki badań polegających na pomiarze opóźnienia hamowania rowerów. Badaniu poddano trzy rowery tego samego typu wyposażone w różne rozwiązania w zakresie konstrukcji układu hamulcowego: mechaniczne hamulce szczękowe typu „V”, mechaniczne hamulce tarczowe oraz hydrauliczne hamulce tarczowe. Wyniki badań porównano do wymagań określonych w normach dotyczących bezpieczeństwa produktów a także z wynikami podobnych badań wykorzystywanymi w procesie rekonstrukcji wypadków drogowych.

WSTĘP

Rower jest coraz częściej wykorzystywanym środkiem transportu. Na popularyzację tego środka transportu – obok aspektu związanego i rekreacyjnego – wpływa również aspekt ekonomiczny i społeczny. Wykorzystanie tego jednoślada w celu przemieszczania się wpisuje się w politykę transportu zrównoważonego. Dzięki czemu łatwiejszym jest realizowanie celów związanych z globalnym ograniczeniem emisji spalin, a także zmniejszeniem kongestii na obszarach miejskich. Zwiększająca się liczba rowerzystów w potoku ruchu pociąga za sobą w sposób naturalny zwiększenie liczby wypadków z ich udziałem. Analizując statystyki [6], [9] można zaobserwować zwiększenie liczby zdarzeń dochodzących pomiędzy rowerzystami a kierującymi pojazdami, coraz częściej dochodzi również do wypadków pomiędzy samymi rowerzystami poruszającymi się po drogach dla rowerów i ścieżkach rowerowych. Oficjalne statystyki zdarzeń tego typu nie są jednak prowadzone. O skali zagrożenia i takich zdarzeń świadczy zwiększająca się liczba doniesień prasowych. Można śmiało sformułować tezę, że w najbliższych latach liczba zdarzeń tego typu będzie się zwiększać.

Współcześnie obserwuje się dynamiczny rozwój i dostępność technologii zwiększających poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wątpliwym jest aby w najbliższym czasie dokonała się swoista rewolucja w zakresie zastosowania zaawansowanych rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa czynnego i biernego w transporcie rowerowym. Wynika to ze swoistej sprzeczności pomiędzy ograniczeniami jakie systemy tego rodzaju mogłyby generować, a dążenia do zapewnienia rowerzyście maksymalnego poziomu komfortu, wygody i możliwie małej energochłonności. Minimalne warunki dotyczące systemów bezpieczeństwa i warunków jakie powinny one spełniać zostały określone w przepisach i regulaminach [4], [3], [5]. Określają one warunki dotyczące oświetlenia, a także efektywności działania hamulców.

W odniesieniu do układów hamulcowych rowerów obserwuje się stosowanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych. Rower jako pojazd jednośladowy wyposażony jest w dwa niezależne hamulce - podobnie jak w przypadku motocykla. Skuteczność hamowania zależy w pewnym stopniu (podobnie jak w motocyklach) od techniki jazdy. Nie jest jednak jasne czy i ewentualnie jak stosowane układy hamulcowe wpływają na wartości uzyskiwanych opóźnień. W publikacjach naukowych nie podejmowana

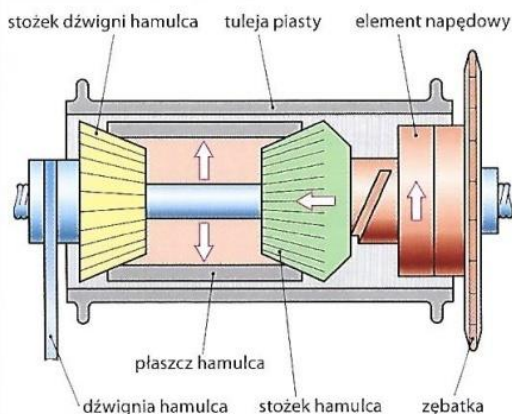
była jednak dotąd problematyka ich wpływu na poziom bezpieczeństwa. Skłania to do prowadzenia badań, których efektem będzie określenie i ocena stosowanych rozwiązań technologicznych oraz techniki jazdy na własności jezdne roweru – przekładające się na możliwość uniknięcia sytuacji zagrażających bezpieczeństwu. W niniejszym artykule zostaną opisane wyniki badań tego typu.

1. ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE KONSTRUKCJI HAMULCÓW ROWEROWYCH

Najczęściej stosowanymi współcześnie rodzajami hamulców są: hamulce typu „torpedo”, hamulce szczękowe typu „V” lub „U”, hamulce tarczowe. Siła uruchamiająca hamulce szczękowe i tarczowe może być przenoszona z dźwigni hamulcowych mechanicznie (za pomocą linki stalowej) lub hydraulicznie. W odniesieniu do hamulców stosowanych w rowerach można sformułować następujące, kluczowe wymagania [1]:

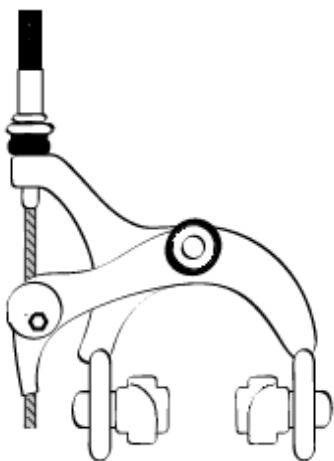
- niewielka masa,
- uzyskiwanie siły hamującej przy stosunkowo niewielkiej sile wywieranej na dźwignię hamulca,
- prosta budowa, umożliwiająca łatwą regulację i naprawę – zapewniająca jednak wymaganą niezawodność,
- odporność na wilgoć, zanieczyszczenia i zużycie.

Hamulec typu „torpedo” jest hamulcem bębnowym, znajdującym się w piaście tylnego koła. Jest to hamulec uruchamiany za pomocą nóg, przez naciśnięcie na pedały w stronę przeciwną do kierunku jazdy. Siła hamująca przenoszona jest przez łańcuch napędowy. „Wsteczny” ruch pedału powoduje obrót elementu uruchamiającego z gwintem ślimakowym, następnie uruchamiany jest stożek hamulca dociskający płaszczyznę hamulca do wewnętrznej części piasty koła hamując ją (Rys.1). Hamulec tego typu jest uważany za najpewniejszy eksploatacyjnie, z uwagi na izolowanie elementów hamujących od czynników zewnętrznych, a także trwałość i wytrzymałość elementu za pomocą którego przekazywana jest siła hamująca. Wadą tego rozwiązania konstrukcyjnego jest problem z odprowadzeniem dużej ilości ciepła – co wynika ze zwartej i zamkniętej obudowy hamulca. Dlatego podczas długotrwałego hamowania (np. podczas zjazdów) hamulec może się przegrzewać i być mało skutecznym.



Rys. 1. Budowa hamulca typu „torpedo” [1]

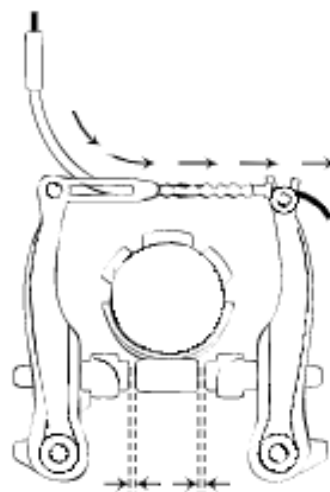
W hamulcach szczękowych typu „U”, szczęki hamulcowe są zamieszczone na ramionach przymocowanych do ramy lub widelca w jednym punkcie. Konstrukcja hamulca przypomina swoim wyglądem odwróconą literę U. Hamulec uruchamiany może być linką hamulcową przymocowaną do jednego z ramion. Linka prowadzona jest przez drugie z ramion przez przelotowy otwór – w tym ramieniu zamocowany jest pancierz linki. W czasie wywierania siły na dźwignię hamulca następuje zbliżenie się do siebie ramion, powodując zaciśnięcie się szczęk na obręczy koła. Hamulec typu „U” (rys.2) jest obecnie rzadko stosowany. W hamulcach szczękowych typu „U”, szczęki hamulcowe są zamieszczone na ramionach przymocowanych do ramy lub widelca w jednym punkcie. Konstrukcja hamulca przypomina swoim wyglądem odwróconą literę U. Hamulec uruchamiany może być linką hamulcową przymocowaną do jednego z ramion. Linka prowadzona jest przez drugie z ramion przez przelotowy otwór – w tym ramieniu zamocowany jest pancierz linki. W czasie wywierania siły na dźwignię hamulca następuje zbliżenie się do siebie ramion, powodując zaciśnięcie się szczęk na obręczy koła. Hamulec typu „U” (rys.2) jest obecnie rzadko stosowany.



Rys. 2. Budowa hamulca szczękowego typu „U” [8]

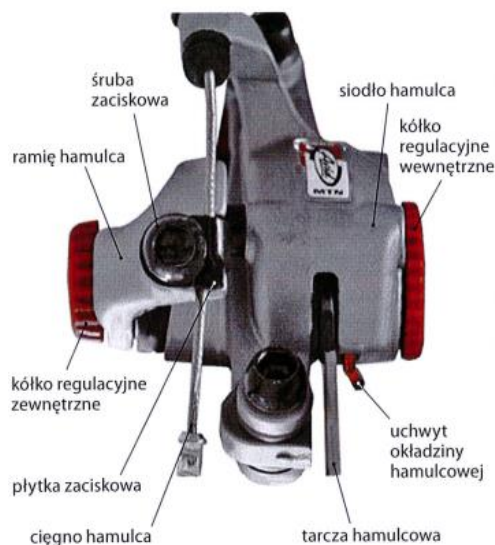
W hamulcach szczękowych typu „V”, szczęki hamulcowe są zamieszczone na ramionach przymocowanych niezależnie od siebie do ramy lub widelca. Hamulec uruchamiany jest linką hamulcową przymocowaną do jednego z nich. Linka prowadzona jest przez drugie z ramion przez rurkę zamocowaną w koszyku zamocowanym na nim przegubowo. W czasie wywierania siły na dźwignię hamulca następuje zbliżenie się do siebie ramion, powodując zaciśnięcie się szczęk na obręczy koła. Podczas

zahamowania szczęki powinny znajdować się 1,5mm do 2mm poniżej górnej krawędzi powierzchni bocznej obręczy, nie dotykając opony. Hamulec typu V (rys.3) jest standardowym, popularnym hamulcem szczękowym, który wytwarzany jest w różnych klasach jakości i stosowany we wszystkich typach rowerów, z pominięciem rowerów czysto wyścigowych.



Rys. 3. Budowa hamulca szczękowego hydraulicznego [8]

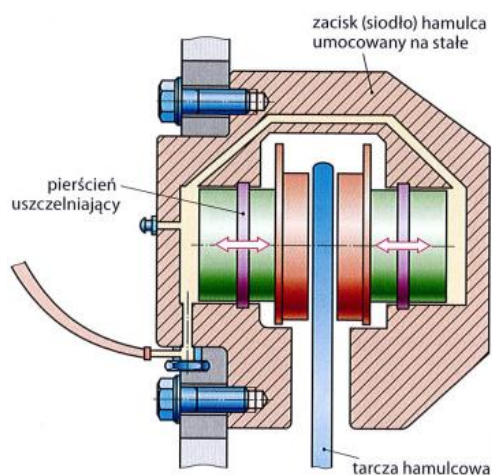
Hamulce tarczowe zbudowane są z tarczy hamulcowej zamocowanej do piasty koła i zacisków hamulcowych montowanych do ramy lub widelca. W porównaniu do hamulców szczękowych, w hamulcach tarczowych potrzebna jest większa siła oddziałująca na układ tarcza – klocki hamulcowe, związana z mniejszą (w stosunku do obręczy) średnicą tarczy hamulcowej. Ponadto wygenerowana siła hamująca przenoszona jest na oponę za pośrednictwem szprych, powodując ich dodatkowe obciążenie (w skrajnych przypadkach nawet ich odkształcenie).



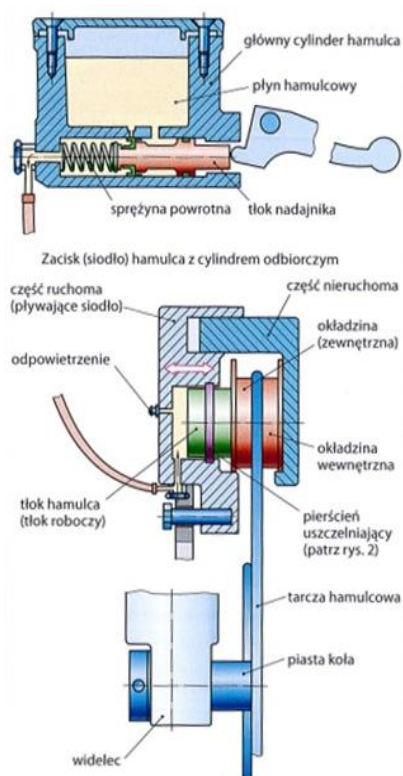
Rys. 5. Budowa hamulca tarczowego mechanicznego [8]

Hamulec tarczowy może być uruchamiany za pomocą układu mechanicznego (linka) lub hydraulicznego. Hamulec tarczowy mechaniczny pokazano na rys. 5. W systemach mechanicznych w czasie nacisku zewnętrznej okładziny hamulcowej wykonującej ruch śrubowy, wewnętrzna okładzina hamulcowa pozostaje nieruchoma. Na skutek nałożenia się ruchu wzdłużnego tarczy i obrotu trzpienia powstaje ruch śrubowy. Umożliwiają to trzy kulki łożyskowe i dwa talerze. Kulki mieszczą się w zagłębieniach talerza wewnętrznego. Drugi talerz, który leży naprzeciwko,

posiada trzy segmenty skośnych bieżni, które obracają się względem siebie. Podczas pociągnięcia ramienia hamulca tarcze wykonują obrót względem siebie po skośnej bieżni i w górę, kulki wykonują ruch naciskając na wewnętrzny talerz, na którym znajduje się klocek hamulcowy. Ten dociskany jest do tarczy hamulcowej. Tarcie występujące w śrubowym trzpieniu, doprowadza do zmniejszenia możliwości stopniowania siły hamowania. Hamulce tarczowe mechaniczne są relatywnie tanie i łatwe w naprawie. Ich wadą jest jednak większa (w porównaniu do hamulców szczękowych) siła potrzebna do zatrzymania hamulca, która – przenoszona przez linkę - wpływa na szybsze jej zużycie.



Rys. 6. Budowa hamulca tarczowego hydraulicznego ze stałym zaciskiem [8]



Rys. 7. Budowa hamulca tarczowego hydraulicznego z pływającym zaciskiem [8]

Coraz częstszym i popularniejszym są hydrauliczne systemy uruchamiające hamulce tarczowe. Rozwiązanie to zapewnia lepsze (w stosunku do rozwiązania mechanicznego) stopniowanie hamowania przy użyciu niewielkiej siły. Mają one również

mniejszą masę. Istnieją dwa rodzaje hamulców tarczowych hydraulicznych: mianowicie z zaciskiem zamocowanym na stałe (Rys.6) oraz z pływającym zaciskiem (Rys.7).

Większość tarczowych hamulców uruchamianych za pomocą systemu hydraulicznego wyposażona jest w zacisk zamocowany na stałe. Zacisk ten jest zamieszczony nieruchomo na widelcu lub ramie. Dzięki kanałowi obydwa leżące naprzeciwko siebie cylindry hamulcowe są ze sobą połączone. Podczas uruchomienia hamulca, oba tłoki zostają wysunięte a okładziny hamulcowe wykonują nacisk z obu stron na tarczę hamulcową. Co w konsekwencji prowadzi do środkowania się tłoków poprzez tarcze, która dzięki temu przejmuje niewielki moment gnący. Gdy zacisk jest dobrze zamontowany, odpowiednio w stosunku do tarczy, wtedy po zluźnieniu hamulca, okładziny hamulca nie ślizgają się po tarczy. Do tego wymagana jest również wysoka dokładność wykonania ramy.

2. WPŁYW TECHNIKI JAZDY NA PARAMETRY TRAKCYJNE ROWERU

Typowym dla jednośladów (w tym również dla roweru) jest wyposażenie w dwa niezależne hamulce. W odniesieniu do techniki jazdy i hamowania występuje zatem wiele podobieństw pomiędzy tym środkiem transportu a motocyklem. Zasadniczą różnicą pozostaje masa sprawiająca, że w przypadku rowerów posiadających znacznie mniejszą masę od motocykli i skuterów, wykonywanie manewrów jest znacznie łatwiejsze. W pewnych sytuacjach, pomimo mniejszej masy, niewłaściwie realizowany manewr hamowania może prowadzić do sytuacji zagrażającej bezpieczeństwu i przewrócenia. Wynika to ze zmian położenia środka masy, na który bezpośredni wpływ mają pozycja rowerzysty a także chwilowy rozkład sił hamujących na kołach. W trakcie wykonywania manewru siły oddziałujące na ciało dążą do przemieszczenia ciała w kierunku kierownicy. Powoduje to lepsze dociążenie przedniego koła, czego skutkiem jest zwiększenie skuteczności hamowanie przy wykorzystaniu przedniego hamulca. Jednocześnie pojawia się tendencja do przewrócenia roweru, zmniejsza się dociążenie tylnego koła przez co zmniejsza się skuteczność działania hamulca tylnego koła. Jeżeli w trakcie hamowania rowerzysta w celu utrzymania zajmowanej przez siebie pozycji wykorzystuje tylko i wyłącznie mięśnie rąk, to ma ograniczone możliwości wykonywania precyzyjnych ruchów kierownicą (sytuacja analogiczna jak w przypadku motocykli). Balans ciałem w trakcie kierowania rowerem i wykonywania manewrów ma znaczenie kluczowe. Pozycja w jakiej rowerzysta rozpoczyna intensywne hamowanie, powinna być nieznacznie odchylona do tyłu, gdyż zwiększa tym samym nacisk na tylne koło. Skutkuje lepszą przyczepnością opony do podłoża i przekłada się na zmniejszenie długości drogi hamowania przy hamowaniu obydwojma hamulcami. Przy wyborze hamulca zawsze należy wziąć pod uwagę, że na hamulec przedni podczas manewru hamowania działają dużo większe siły niż podczas jazdy. Zła pozycja rowerzysty oraz technika jazdy może spowodować wystąpienie drgań. Rowerzysta w zależności od rodzaju zaplanowanego manewru np. skręcanie, hamowanie, przyspieszanie, powinien przyjąć odpowiednią pozycję. Podczas długich zjazdów, w celu utrzymania lub zmniejszenia prędkości zalecane jest naprzemienne hamowanie, przednim i tylnym hamulcem, by uniknąć przegrzania obręczy – jeżeli rower wyposażony jest w hamulce szczękowe. Podczas hamowania na długim dystansie tylko jednym hamulcem, następuje kumulacja ciepła na obręczy i wzrost ciśnienia w dętce, co w skrajnych przypadkach może doprowadzić do jej pęknięcia [8]. Inne zasady obowiązują w

trudniejszych warunkach, np. podczas hamowania na żwirze, piasku i mokrej nawierzchni. W takich warunkach nie zaleca się hamowania gdy rower jest w pozycji przechylonej. W przeciwnym razie istnieje duże ryzyko poślizgu i przewrócenia.

3. WYMAGANIA DOTYCZĄCE SKUTECZNOŚCI HAMOWANIA I ZNANE WYNIKI BADAŃ

Wymagania stawiane hamulcom rowerowym określono w normach [4], [3], [5]. Określone w nich zostały długości drogi hamowania dla poszczególnych typów rowerów: miejskich i trekkingowych, górskich oraz wyścigowych dla warunków w których elementy układu hamulcowego są suche lub mokre (nie jest to tożsame z hamowaniem na mokrej nawierzchni. Wymagania przedstawiono w tabelach 1-3.

Wyniki badań opóźnienia hamowania zostały opublikowane w [2]. Badania te obejmowały hamowanie z wykorzystaniem różnych konfiguracji hamulców (przedni, tylny, oba jednocześnie). Autorzy tych badań nie określili jednak w jakiego rodzaju hamulce był wyposażony rower wykorzystany podczas prób. Nie określono również masy rowerzysty. Wartości uzyskiwane i określone w [2] przedstawiono w tabeli 4. Według [2] rowery nie zawsze osiągają wartość podaną w Tab.4. Najczęstszą osiąganą wartością opóźnienia jest 2 m/s² niezależnie od rodzaju zastosowanego hamulca oraz 3,8 m/s² przy zastosowaniu obydwu hamulców jednocześnie. Stwierdzono, że hamowanie tylnym kołem jest tak samo skuteczne jak przednim, zaś hamowanie tylnym hamulcem „torpedo” bywa nawet skuteczniejsze.

Tab. 1. Zależność drogi hamowania od rodzaju nawierzchni, prędkości oraz typu hamulców dla rowerów miejskich i trekkingowych [3]

Warunki	Prędkość [km/h]	Sposób hamowania	Droga hamowania [m]
Suche	25	Oba hamulce	7
		Tylny hamulec	15
Mokre	16	Oba hamulce	5
		Tylny hamulec	10

Tab. 2. Zależność drogi hamowania od rodzaju nawierzchni, prędkości oraz typu hamulców dla rowerów wyścigowych [5]

Warunki	Prędkość [km/h]	Sposób hamowania	Droga hamowania [m]
Suche	25	Oba hamulce	6
		Tylny hamulec	12
Mokre	16	Oba hamulce	5
		Tylny hamulec	10

Tab. 3. Zależność drogi hamowania od rodzaju nawierzchni, prędkości oraz typu hamulców dla rowerów górskich [4]

Warunki	Prędkość [km/h]	Sposób hamowania	Droga hamowania [m]
Suche	25	Oba hamulce	6
		Tylny hamulec	10
Mokre	16	Oba hamulce	5
		Tylny hamulec	10

Tab. 4. Zależność wartości opóźnienia hamowania od rodzaju koła i rodzaju nawierzchni [2]

Rodzaj koła	sucha nawierzchnia	mokra nawierzchnia
Przednie koło	3,4 m/s ²	2,2 m/s ²
Tylnie koło	2,2 m/s ²	1,4 m/s ²

4. BADANIE OPÓŹNIENIA HAMOWANIA ROWERÓW WYPOSAŻONYCH W RÓŻNE TYPY HAMULCÓW

Przeprowadzono badania, których celem było określenie wartości opóźnienia hamowania przy uwzględnieniu techniki hamowania, konstrukcji układu hamulcowego roweru, a także masy rowerzysty. W badaniu wykorzystano trzy rowery marki Kross Evado (rys.8):

- hamulec szczękowy typu „V” - rower „1”,
- hamulec tarczowy mechaniczny - rower „2”,
- hamulec tarczowy hydrauliczny – rower „3”.

Wszystkie rowery były fabrycznie nowe i posiadały koła o średnicy 28 cali i takie same opony. Próby realizowane były na poziomym odcinku pomiarowym, na suchej nawierzchni wykonanej z kostki brukowej. Ten rodzaj nawierzchni odpowiada nawierzchni jaką często jeszcze spotyka się na ścieżkach rowerowych. Hamowanie realizowane było z prędkości początkowej 15km/h określanej na podstawie wskazań wyskalowanych liczników rowerowych - trzema technikami:

- wykorzystując tylko hamulec przedni „A”,
- wykorzystując tylko hamulec tylny „B”,
- wykorzystując oba hamulce jednocześnie „C”.

W trakcie badań rowery poruszały się prostoliniowo. Przejazdy realizowane były przez rowerzystów o różnych masach: ok. 90kg (rowerzysta „I”) i ok. 60 kg (rowerzysta „II”). Wartości opóźnień i czas hamowania rejestrowano urządzeniem pomiarowym wyposażonym w akcelerometry wykorzystujące technologię MEMS. Wyniki zapisywane były w wewnętrznej pamięci urządzenia, następnie opracowywano je w komputerze. Urządzenie pomiarowe i sposób jego zamontowania na rowerach pokazano na rys. 9.



Rys. 8. Rodzaj roweru wykorzystanego w badaniach [7]

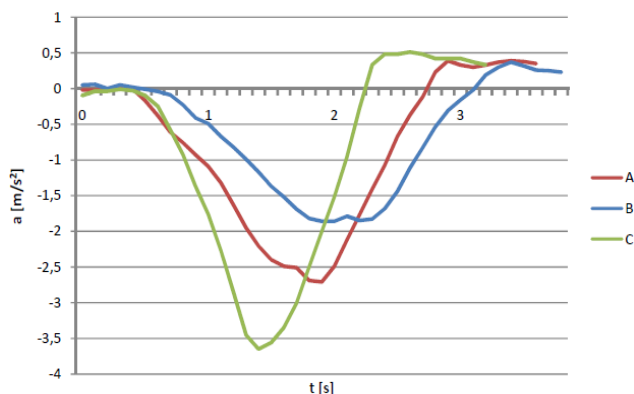


Rys. 9. Urządzenie pomiarowe i sposób jego zamocowania

5. WYNIKI BADAŃ

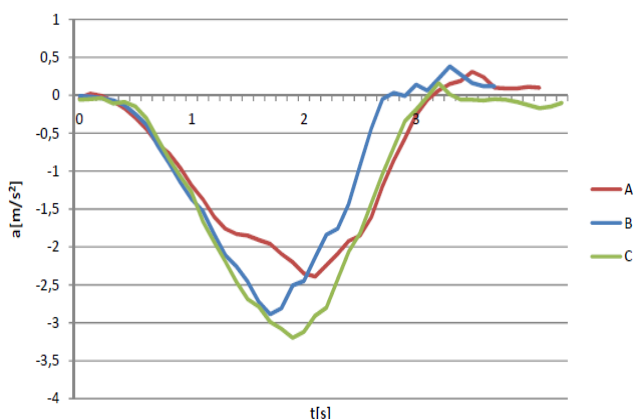
Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 10-12. W tabelach 5 i 6 przedstawiono wartości maksymalne opóźnienia i czasu trwania hamowania dla wszystkich zmiennych uwzględnionych w programie badań.

Na rysunku 10 przedstawiono wyniki zarejestrowane podczas hamowania wykonywanego przez rowerzystę II na rowerze wyposażonym w mechaniczne hamulce szczękowe typu „V”. Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła przedniego była równa 2,7m/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła tylnego była równa 1,9/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu obu hamulców była równa 3,6m/s².



Rys. 10. Wartość opóźnienia hamowania: rower z mechanicznymi hamulcami szczękowymi typu „V”, rowerzysta „II”: A - hamowanie przy wykorzystaniu hamulca przedniego, B - hamowanie przy wykorzystaniu hamulca tylnego, C - hamowanie przy wykorzystaniu obu hamulców jednocześnie

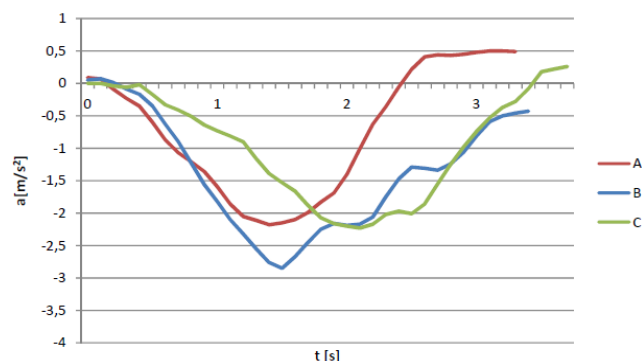
Na rysunku 11 przedstawiono wyniki zarejestrowane podczas hamowania wykonywanego przez rowerzystę II na rowerze wyposażonym w mechaniczne hamulce tarczowe. Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła przedniego była równa 2,4m/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła tylnego była równa 2,9m/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu obu hamulców była równa 3,2m/s².



Rys. 11. Wartość opóźnienia hamowania: rower z hamulcami tarczowymi mechanicznymi, rowerzysta „II”: A - hamowanie przy wykorzystaniu hamulca przedniego, B - hamowanie przy wyko-

rzystaniu hamulca tylnego, C - hamowanie przy wykorzystaniu obu hamulców jednocześnie

Na rysunku 12 przedstawiono wyniki zarejestrowane podczas hamowania wykonywanego przez rowerzystę II na rowerze wyposażonym w hydrauliczne hamulce tarczowe. Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła przedniego była równa 2,2m/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu hamulca koła tylnego była równa 2,9m/s². Maksymalna wartość opóźnienia hamowania podczas manewru realizowanego przy wykorzystaniu obu hamulców była równa 2,3m/s².



Rys. 12. Wartość opóźnienia hamowania: rower z hamulcami tarczowymi hydraulicznymi, rowerzysta „II”: A - hamowanie przy wykorzystaniu hamulca przedniego, B - hamowanie przy wykorzystaniu hamulca tylnego, C - hamowanie przy wykorzystaniu obu hamulców jednocześnie

Tab. 1. Zestawienie wyników badania opóźnienia hamowania rowerów

		Typ hamulców		
		1	2	3
Technika hamowania		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]
Rowerzysta I	A	1,9	2,2	1,8
	B	2,2	2,5	2,1
	C	2,8	2,6	2,6
Rowerzysta II	A	2,7	2,4	2,2
	B	1,9	2,9	2,9
	C	3,7	3,2	2,3

Tab. 6. Zestawienie wyników badania czasu hamowania rowerów

		Typ hamulców		
		1	2	3
Technika hamowania		[s]	[s]	[s]
Rowerzysta I	A	3,1	2,6	3,6
	B	3,2	3,4	2,5
	C	2,8	3,1	2,5
Rowerzysta II	A	2,2	3,1	2,1
	B	2,7	2,8	3,1
	C	2,3	3,2	3,2

6. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W oparciu o wyniki uzyskane w toku prowadzonych badań można zauważyć, że technika hamowania ma wpływ na wartość uzyskiwanego opóźnienia. W przypadku roweru – jako pojazdu jednośladowego – można było spodziewać się występowania

tendencji podobnej jak w przypadku motocykli, tj. najmniejsza wartość w przypadku hamowania hamulcem koła tylnego, a największa w przypadku hamowania obydwoma hamulcami jednocześnie. Wyniki przeprowadzonych badań nie pozwalają na wykazanie katerycznej zbieżności w tym zakresie. Tylko w jednym przypadku (rowerzysta II poruszający się na rowerze wyposażonym w hamulce szczękowe typu „V”) uzyskano wartość opóźnienia podczas hamowania hamulcem przedniego koła większą w porównaniu do hamowania hamulcem koła tylnego. Z wyjątkiem jednego przypadku (rowerzysta II poruszający się na rowerze wyposażonym w hydrauliczne hamulce tarczowe) podczas hamowania obydwoma hamulcami jednocześnie zarejestrowano dla takiej techniki największą wartość opóźnienia hamowania. Przyjęty program badań nie pozwala na sformułowanie wniosków dotyczących rozbieżności pomiędzy uzyskanymi wynikami, a wynikami badań prowadzonymi z wykorzystaniem motocykli. Można sformułować tezę, że w przypadku rowerów istotnym czynnikiem determinującym wartości opóźnienia w zależności od przyjętej techniki hamowania jest masa rowerzysty i położenie jej środka – która (w odróżnieniu od motocykla) jest kilkukrotnie większa od masy roweru. Ewentualna kontynuacja badań w tym zakresie powinna uwzględniać powyższą zmienną.

W odniesieniu do wpływu konstrukcji układu hamulcowego na wartość opóźnienia hamowania można stwierdzić, że największą skuteczność hamowania uzyskano w rowerze wyposażonym w mechaniczne hamulce szczękowe typu „V”. Najmniejszą skuteczność uzyskano w rowerze wyposażonym w hydrauliczne hamulce tarczowe. Wyniku takiego można było oczekiwać w stosunku do hamulca szczękowego z uwagi na to, że siła hamująca wpływająca na zatrzymanie się roweru wytwarzana jest na powierzchni obręczy koła, na większym promieniu – w porównaniu do hamulca tarczowego. Dla uzyskania porównywalnego opóźnienia hamowania w hamulcach szczękowych niezbędna jest mniejsza wartość siły generowanej w układzie klocków – powierzchnia tarcia. Uzyskane wyniki nie mogą być jednak podstawą do przyjęcia że wraz z upływem czasu zaobserwowana tendencja jest stała i odnosi się również do rowerów po dłuższym czasie eksploatacji. Na skuteczność hamowania wpływ ma również stan techniczny i elastyczność linek hamulcowych. Ich parametry ulegają pogorszeniu wraz z czasem użytkowania. Należy zwrócić uwagę, że rowery wykorzystane w badaniach były fabrycznie nowe, a elementy układu hamulcowego i układu przeniesienia siły z dźwigni hamulca na elementy „wykonawcze” układu hamulcowego nie posiadały oznak zużycia eksploatacyjnego.

PODSUMOWANIE

Bezpieczeństwo podczas jazdy rowerem jest zależne od umiejętności rowerzysty, stanu technicznego roweru, jakości dróg oraz zachowania się innych użytkowników dróg wobec rowerzysty. Wszystkie wykonywane przez rowerzystę manewry

odgrywają dużą rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa, zwłaszcza że w przypadku zdarzenia z jego udziałem nie może liczyć na żadną ochronę w postaci systemów bezpieczeństwa, w które wyposażone są inne pojazdy. Biorąc pod uwagę ten aspekt najważniejszym manewrem jest hamowanie, którego skuteczność uzależniona jest od stanu technicznego roweru oraz odpowiedniego sposobu operowania dźwignią hamulca. Dzięki opracowanej metodyce oraz przeprowadzonym badaniom wykazano, że technika hamowania, jak i rodzaj użytego hamulca mają wpływ na wartość opóźnienia oraz czas trwania całego procesu hamowania. Pomimo przeświadczenia o bezpieczeństwie hamowania tylko tylnym hamulcem, warto do tego manewru użyć również przedni hamulec, co jak dowiodły badania, będzie najbardziej skutecznym rozwiązaniem.

BIBLIOGRAFIA

1. Grzybek S. „Wszystko o rowerze- budowa, naprawa, konserwacja, regulacja”, Wydawnictwo REA, Warszawa 2013
2. Praca zbiorowa „Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego”, Wydawnictwo: Instytut Ekspertyz Sądowych, 2010
3. PN-EN 14764:2005. Rowery miejskie i trekkingowe - Wymagania bezpieczeństwa i metody badań
4. PN-EN 14766:2005. Rowery górskie - Wymagania bezpieczeństwa i metody badań
5. PN-EN 14781:2005. Rowery wyścigowe - Wymagania bezpieczeństwa i metody badań
6. www.krbrd.gov.pl (dostęp: wrzesień 2017)
7. www.kross.pl (dostęp: sierpień 2017)
8. www.rowery.jednoslad.pl (dostęp: lipiec 2017)
9. www.statystyka.policja.pl (dostęp: lipiec 2017)

Braking techniques and brake system design and their impact on the bicycle deceleration

The paper presents the results of the research on the measurement of braking delay of bicycles. Three bicycles of the same type were fitted with different braking system designs: mechanical V-brakes, mechanical disc brakes and hydraulic disc brakes. The results of the tests are compared to the requirements of the product safety standards and the results of similar studies used in the reconstruction of road accidents

Autorzy:

dr inż. **Sławomir Tarkowski** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów Samochodowych, s.tarkowski@pollub.pl

mgr inż. **Patrycja Rut**