PROCES HAMOWANIA ROWERÓW

W wyniku wzrostu liczby pojazdów poruszających się po polskich drogach, stan bezpieczeństwa na przestrzeni ostatnich lat uległ dużej zmianie. Ryzyko wystąpienia kolizji lub wypadku drogowego zwiększyło się na skutek wzrostu natężenia ruchu. Statystyki policyjne wskazują, że jednym z uczestników kolizji są osoby poruszające się rowerem. W praktyce sądowej w trakcie rozpatrywania spraw dotyczących wypadków drogowych z udziałem rowerów bardzo często niezbędnym jest określenie zachowania się kierującego w chwili przed zaistnieniem zdarzenia. Do tego celu przydatna może być wiedza dotycząca osiągniętej drogi hamowania, czy też opóźnienia hamowania rowerów. W artykule przedstawiono wyniki badań procesu hamowania różnych typów układów hamulcowych i rowerów.

WSTĘP

Znajomość parametrów ruchu uczestników zdarzenia drogowego w sytuacji przedzderzeniowej jest ważnym elementem rekonstrukcji zdarzenia [1]. W przypadku samochodów można się spotkać z dużą liczbą publikacji w tej tematyce, natomiast dla rowerów istnieje ich niewielka liczba. Sytuacja taka może być konsekwencją faktu, że parametry ruchu rowerzysty w mniejszym stopniu zależą od charakterystyki dynamicznej pojazdu, natomiast są mocno uzależnione od cech osobniczych kierującego. Kolejnym czynnikiem wpływającym na taki stan mogą być trudności w procesie rejestracji przebiegów podstawowych parametrów ruchu [2].

W literaturze można spotkać informacje przydatne do procesu rekonstrukcji wypadku drogowego z udziałem roweru. Przykładowo informacje dotyczące ustalenia prędkości jazdy w oparciu o długość śladów tarcia przewróconego jednoślada można znaleźć w [3, 4, 5]. Szczegółowe informacje dotyczące badania najechania przez samochód osobowy od tyłu na rower można znaleźć w [6, 7]. Opis problematyki rowerów z napędem elektrycznym można natomiast znaleźć w [8]. Dane dotyczące wpływu rodzaju nawierzchni na współczynnik tarcia opony rowerowej można znaleźć w [9]. Informacje związane z wykonywaniem manewru zmiany pasa ruchu można znaleźć w [10, 11], natomiast dynamikę rowerów w [12, 13, 14, 15, 16].

Rower jest pojazdem o szerokości nieprzekraczającej 0,9 m, poruszany siłą mięśni osoby jadącej tym pojazdem. Może on być dodatkowo wyposażony w uruchamiany naciskiem na pedały, pomocniczy napęd elektryczny, zasilany napięciem nie wyższym niż 48 V, o znamionowej mocy nie większej niż 250 W, którego mocy wyjściowa zmniejsza się stopniowo do zera po przekroczeniu prędkości jazdy wynoszącej 25 km/h [17].

Pojazdy tego typu mają ograniczone możliwości rozwijania większych szybkości ruchu, szczególnie w sposób trwały.

Prędkość jazdy rowerów związana jest z szybkością obracania pedałami i można ją wyznaczyć z zależności:

$$V = 3,6 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot i \cdot n}{60} \quad (1)$$

gdzie:

V – prędkość jazdy roweru, km/h,

D – czynna średnica koła roweru, m,

i – aktualne przełożenie napędu,

n – prędkość obracania pedałami, obr/min.

Przyjmuje się, że zwyczajowo prędkość ruchu rowerzystów wynosi 10-20 km/h, choć może znacznie przekraczać te wartości.

W sytuacji kryzysowych na drodze, w celu zmniejszenia prędkości jazdy i wykonania manewru w postaci omijania lub całkowitego zatrzymania, niezbędny jest sprawnie działający układ hamulcowy umożliwiający uzyskiwanie odpowiednio wysokich wartości opóźnienia hamowania i odpowiednio małej drogi hamowania. Wymagania dotyczące hamulców rowerowych można znaleźć w normie DIN 79100 [18]. Rowerzysta o masie do 100 kg, jadący z prędkością 24 km/h, powinien przy pomocy dwóch hamulców zatrzymać się na drodze nie dłuższej niż 5,5 m, co daje opóźnienie rzędu 4 m/s². Podano również dokładne wartości dotyczące opóźnienia jakie powinien uzyskiwać układ hamulcowy roweru. W przypadku hamowania przednim kołem: 3,4 m/s² dla suchej jezdni i 2,2 m/s² dla mokrej jezdni, oraz w przypadku hamowania tylnym kołem: 2,2 m/s² dla suchej jezdni i 1,4 m/s² dla mokrej jezdni. Wartości te rowery jednak nie zawsze osiągają [1]. Dlatego też wydaje się celowym przeprowadzenie badań, które pozwolą określić występujące w praktyce parametry procesu hamowania. Da to możliwość wykorzystania rzeczywistych wartości w procesie rekonstrukcji zdarzeń drogowych przykładowo w opiniach biegłych sądowych i rzeczoznawców.

Nie należy zapominać o fakcie, że wystąpienie kolizji i wypadków drogowych zależy od czynników ludzkich, stanu technicznego pojazdów oraz infrastruktury drogowej i innych. W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzeń na całym świecie prowadzone są liczne badania. W tym zakresie mieszczą się również badania dotyczące zwiększenia trwałości i niezawodności elementów pojazdów oraz ich diagnostyki [19-35].

1. OPIS BADAŃ

Przeprowadzone badania polegały na porównaniu skuteczności działania układów hamulcowych zastosowanych w czterech typach rowerów najczęściej spotykanych na drogach.

Rower wyposażony został w różnego typu hamulce, odpowiednio dla swojego zastosowania. Rower szosowy miał hamulce szczękowe, rower trekkingowy hamulce typu Cantilever, rower górski hamulce V-brake, natomiast rower górski z pełną amortyzacją – hamulce tarczowe mechaniczne.

Wykorzystane w badaniach rowery zostały pokazane na rysunkach 1-4, a ich parametry podano w tabelach 1-4.

Rys. 1. Rower szosowy wykorzystany w badaniach

Rys. 2. Rower trekkingowy wykorzystany w badaniach

Rys. 3. Rower górski wykorzystany w badaniach

Rowerzy wybrane do testu miały w pełni sprawne układy hamulcowe oraz opony z bieżnikiem w dobrym stanie.

Pomiary polegały na rozpędzeniu roweru do prędkości około 25 km/h, czyli prędkości wyższej niż średnia prędkość większości rowerów poruszających się po drogach. Następnie rowery były hamowane z maksymalną bezpieczną siłą. Rowerzystę stanowiła osoba o wzroście 176 cm i wadze 75 kg.

Rys. 4. Rower górski z pełną amortyzacją wykorzystany w badaniach

Tab. 1. Dane podstawowe roweru szosowego wykorzystanego w badaniach

Typ roweru	szosowy
Waga	10,2 kg
Hamulec – przód	szczękowe, Promax
Hamulec – tył	szczękowe, Promax
Opona – przód	Continental Ultrasport 700x23C
Opona – tył	Hutchinson Flash 700x23C

Tab. 2. Dane podstawowe roweru trekkingowego wykorzystanego w badaniach

Typ roweru	trekkingowy bez amortyzacji
Waga	16,8 kg
Hamulec – przód	Cantilever, Alhonga
Hamulec – tył	Cantilever, Alhonga
Opona – przód	Dębica Waran 28x1 3/8 x 1 5/8
Opona – tył	Dębica Waran 28x1 3/8 x 1 5/8

Tab. 3. Dane podstawowe roweru górskiego wykorzystanego w badaniach

Typ roweru	górski z amortyzowanym przednim kołem
Waga	15,2 kg
Hamulec – przód	V-brake, Shimano
Hamulec – tył	V-brake, Tektro
Opona – przód	Maxxis Helter DH 26 x 2,35
Opona – tył	Kenda Kinetics 26 x 2,35

Tab. 4. Dane podstawowe roweru górskiego z pełną amortyzacją wykorzystanego w badaniach

Typ roweru	górski z pełną amortyzacją
Waga	17,1 kg
Hamulec – przód	tarczowe mechaniczne, zacisk Unique /
Hamulec – tył	tarcza 180 mm
Opona – przód	tarczowe mechaniczne, zacisk Tektro / tarcza 160 mm
Opona – tył	Vee Rubber Ninja DH 26 x 2,35

Przed właściwymi pomiarami wykonywano kilka hamowań próbnych mających na celu przyzwyczajenie się do roweru i wycucie go oraz wstępne rozgrzanie hamulców. Na właściwy pomiar składało się z 9 hamowań – 3x hamowanie obydwojma hamulcami, 3x hamowanie przednim hamulcem oraz 3x hamowanie tylnym hamulcem.

Badania zostały przeprowadzone na prostym, nienachylonym odcinku asfaltowej drogi. Temperatura powietrza wynosiła 10°C, prędkość wiatru nie przekraczała 2 m/s, nawierzchnia była sucha.

Pomiary zostały przeprowadzone przy pomocy przyrządu XL Meter Pro (rys. 4), a dane zostały przeanalizowane programem XL Vision (rys. 5). Dane urządzenia zestawiono w tabeli 5.

Rys. 4. Przyrząd XL Meter Pro zamontowany na kierownicy roweru szosowego

Rys. 5. Program XL Vision

Tab. 5. Dane dotyczące urządzenia pomiarowego XL Meter Pro

Pomiar	przyspieszenie wzdluzne
Zakres	-5,0...+5,0 m/s ² do -20,0...+20,0 m/s ²
Rozdzielczość	0,0021 m/s ²
Częstotliwość pomiaru	25 Hz – 200 Hz
Temperatura pracy	0 – 50 °C

Urządzenie pomiarowe umożliwia zarejestrowanie, a dołączony program wyliczenie, między innymi następujących parametrów:

- drogi hamowania,
- czasu hamowania,
- średniego opóźnienia hamowania,
- maksymalnego opóźnienia hamowania,
- prędkości jazdy w chwili rozpoczęcia hamowania.

2. WYNIKI BADAŃ

Uśrednione wartości wyników pomiarów zestawiono w tabelach 6-9.

Tab. 6. Wyniki pomiarów dla roweru szosowego

Parametr	Użyty hamulec		
	przedni + tylny	przedni	tylny
Długość drogi hamowania, m	6,16	8,03	11,43
Prędkość przy której rozpoczęto hamowanie, km/h	23,48	24,34	23,80
Czas procesu hamowania, s	1,70	2,15	3,33
Średnie opóźnienie hamowania, m/s ²	4,06	3,33	2,24
Maksymalne opóźnienie hamowania, m/s ²	7,97	6,03	3,81

Tab. 7. Wyniki pomiarów dla roweru trekkingowego

Parametr	Użyty hamulec		
	przedni + tylny	przedni	tylny
Długość drogi hamowania, m	8,49	8,07	14,38
Prędkość przy której rozpoczęto hamowanie, km/h	25,28	26,13	25,69
Czas procesu hamowania, s	2,08	3,65	3,18
Średnie opóźnienie hamowania, m/s ²	4,35	3,54	2,65
Maksymalne opóźnienie hamowania, m/s ²	6,09	5,56	5,04

Tab. 8. Wyniki pomiarów dla roweru górskiego

Parametr	Użyty hamulec		
	przedni + tylny	przedni	tylny
Długość drogi hamowania, m	5,31	7,23	12,71
Prędkość przy której rozpoczęto hamowanie, km/h	26,08	26,35	25,85
Czas procesu hamowania, s	1,41	1,70	3,07
Średnie opóźnienie hamowania, m/s ²	6,13	5,58	2,83
Maksymalne opóźnienie hamowania, m/s ²	8,09	7,86	5,71

Tab. 9. Wyniki pomiarów dla roweru górskiego z pełną amortyzacją

Parametr	Użyty hamulec		
	przedni + tylny	przedni	tylny
Długość drogi hamowania, m	4,83	8,08	12,10
Prędkość przy której rozpoczęto hamowanie, km/h	26,08	26,98	26,00
Czas procesu hamowania, s	1,65	1,75	2,74
Średnie opóźnienie hamowania, m/s ²	6,25	6,56	2,83
Maksymalne opóźnienie hamowania, m/s ²	9,79	9,96	5,85

Porównując uzyskane wyniki pod względem drogi hamowania można zauważyć, że niezależnie od typu hamulca, hamowanie tylko hamulcem tylnym jest najmniej skuteczne. Prawidłowe hamowanie z wykorzystaniem obydwu hamulców może skrócić drogę hamowania nawet o połowę w stosunku do hamowania tylko tylnym hamulcem (rys. 6).

Rys. 6. Długość drogi hamowania (SZ - rower szosowy, TR - rower trekkingowy, RG - rower górski z przednią amortyzacją, PA - rower górski z pełną amortyzacją, P+T - hamulec przedni i tylny, P - hamulec przedni, T - hamulec tylny)

Inną cenną informacją związaną z procesem hamowania jest średnie opóźnienie hamowania (rys. 7). Informuje ono o szybkości wytracania prędkości. Również w tym przypadku najgorszy wynik osiągnięty był w przypadku użycia jedynie hamulca tylnego. Biorąc

pod uwagę, że zdecydowana większość użytkowników w sytuacji awaryjnego hamowania używa tylko tylnego hamulca, można tylko podejrzewać do ilu wypadków mogłoby nie dojść, gdyby hamulce były użyte w prawidłowy sposób.

Kolejną prawidłowością, którą można zauważyć z uzyskanych wyników jest zależność między typem hamulców a skutecznością hamowania. Należy tutaj zwrócić uwagę, że każdy typ hamulca jest zamontowany w innym rowerze. Logiczne wydaje się, że rower na szerokich oponach z agresywnym bieżnikiem i pełną amortyzacją będzie hamował lepiej niż rower szosowy bez amortyzacji i z cienkimi oponami z delikatną rzeźbą bieżnika.

Rys. 7. Średnie opóźnienie hamowania (SZ - rower szosowy, TR - rower trekkingowy, RG - rower górski z przednią amortyzacją, PA - rower górski z pełną amortyzacją, P+T - hamulec przedni i tylny, P - hamulec przedni, T - hamulec tylny)

Ciekawych informacji dostarcza porównanie maksymalnych opóźnień hamowania jakie udało się zarejestrować. W rowerze szosowym hamowanie z użyciem obu lub tylko przedniego hamulca wyszło bardzo dobrze, jednak z użyciem tylko tylnego wynik był najgorszy ze wszystkich odnotowanych. W tym przypadku duże znaczenie ma pozycja zajmowana na rowerze szosowym. Mocne wychylenie do przodu dociąga przednie koło, co poprawia przyczepność i polepsza siłę hamowania. W pozostałych rowerach, gdzie pozycja jest bardziej wyprostowana, a co za tym idzie tylne koło lepiej dociążone, różnice nie są aż tak duże. Graficzne porównanie maksymalnych opóźnień hamowania przedstawiono na rysunku 8.

Rysunki 9-12 przedstawiające przebieg opóźnienia hamowania dają bardzo dobry obraz o tym, jak szybko działają hamulce oraz na ile stałe jest to opóźnienie. Wyraźnie widoczny jest szybki przyrost opóźnienia podczas hamowania z użyciem tylko hamulca przedniego, oraz przedniego i tylnego. W sytuacji zagrożenia na drodze jest to bardzo ważne, ponieważ nawet jeżeli nie ma możliwości uniknięcia zderzenia, prędkość jest wytracana o wiele szybciej. Do wypadku dochodzi wtedy przy mniejszej prędkości, więc i obrażenia poniesione przez rowerzystę będą mniejsze.

Rys. 8. Maksymalne opóźnienie hamowania (SZ - rower szosowy, TR - rower trekkingowy, RG - rower górski z przednią amortyzacją, PA - rower górski z pełną amortyzacją, P+T - hamulec przedni i tylny, P - hamulec przedni, T - hamulec tylny)

Rys. 9. Opóźnienie hamowania roweru szosowego

Rys. 10. Opóźnienie hamowania roweru trekkingowego

Rys. 11. Opóźnienie hamowania roweru górskiego

Wykresy przedstawione na rysunkach 9-12 potwierdzają, że najlepsze efekty daje użycie obydwu hamulców jednocześnie. Siła hamowania jest wtedy największa, a opóźnienie hamowania najszybciej narasta. Dzięki temu, pierwsze ułamki sekund od rozpoczęcia hamowania są bardziej efektywne, co może uchronić przed wypadkiem, lub zmniejszyć jego konsekwencje. Użycie jedynie przedniego hamulca również umożliwia uzyskanie wystarczającej siły hamującej. W tym przypadku jednak, rower podczas hamowania jest mniej stabilny i może nastąpić przesunięcie tylnego koła w bok, co jest trudne do opanowania podczas nagłego hamowania.

Rys. 12. Opóźnienie hamowania roweru górskiego z pełną amortyzacją

Analogicznie jak w przypadku hamowania samochodu, gdzie hamulce przedniej osi przejmują większość siły hamowania a hamulce tylnej osi zapewniają stabilność toru jazdy, tak w rowerze hamowanie obydwoma hamulcami jest bezpieczniejsze i pozwala łatwiej zapanować nad rowerem. O tym jak duże znaczenie ma użycie obydwu hamulców może świadczyć uzyskiwane skrócenie drogi hamowania, przedstawione w tabeli 10.

Tab. 10. Droga hamowania

	Użyty hamulec	Droga hamowania, m	Skrócenie drogi hamowania, %
Rower szosowy	tylny + przedni	6,16	46
	tylny	11,47	
Rower trekkingowy	tylny + przedni	8,49	41
	tylny	14,38	
Rower górski	tylny + przedni	5,31	58
	tylny	12,71	
Rower górski z pełną amortyzacją	tylny + przedni	4,83	60
	tylny	12,10	

PODSUMOWANIE

W ograniczeniu liczby wypadków, oraz zmniejszeniu ewentualnych obrażeń ważną rolę pełni sprawny i prawidłowo użyty układ hamulcowy. Badania pokazały, że najlepszą skutecznością cechują się hamulce tarczowe oraz typu V-brake. Maksymalne opóźnienie hamowania udało się uzyskać rowerem z pełną amortyzacją przy użyciu dwóch hamulców tarczowych. Wyniosło ono 11,06 m/s². Jest to wartość znacznie większa od najgorszego wyniku wynoszącego 3,73 m/s², który został uzyskany na rowerze szosowym przy użyciu tylko tylnego hamulca. Użycie obu hamulców równocześnie, w porównaniu z użyciem tylko tylnego hamulca, pozwala skrócić drogę hamowania od 40 do nawet 60%. W sytuacji awaryjnej jest to ogromna różnica. Niestety większość użytkowników rowerów nie używa przedniego hamulca bojąc się upadku.

Równie ważne jest dostosowanie typu hamulca do roweru, w którym zostanie on użyty. Przykładowo hamulce typu V-brake, pomimo dużej siły hamowania, nie powinny być stosowane w rowerach szosowych ze względu na niską przyczepność opon do nawierzchni drogi. Mogłoby to doprowadzić do poślizgu lub nieumyślnego zablokowania przedniego koła, co w większości przypadków kończy się utratą przyczepności i upadkiem rowerzysty. W tym przypadku prawidłowe jest użycie hamulców teoretycznie słabszych, ale mających lepsze dozowanie siły hamowania. Na wykresach przedstawiających opóźnienie hamowania najmocniejszych typów hamulców, które zamontowane są w rowerach z amortyzacją przedniego koła, zauważyć można skokowe spadki i wzrosty opóźnienia hamowania. Ich powodem jest przejmowanie przez amortyzator siły dążącej do zablokowania przedniego koła. Można więc stwierdzić, że w przypadku rowerów z amortyzacją stosowanie hamulców o zwiększonej sile jest bezpieczniejsze, ponieważ trudniej zablokować hamowane koło. Dzięki temu łatwiej też można kontrolować proces hamowania.

BIBLIOGRAFIA

1. Wierciński J., Reza A. (red.), *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Karków 2011.
2. Wach K., Wolak S., *Badanie dynamiki ruchu rowerzysty z wykorzystaniem aparatury VBox*, „Paragraf na drodze” 2013, vol. 3.
3. Grandel J., Schaper D., *Rutschversuche mit Zweiradern auf Nasser Fahrbahn und auf Gras*, „Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik” 1986, vol. 4.
4. Becke M., *Zweiradrutschverzögerungen bei hohen Geschwindigkeiten*, „Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik” 1985, vol. 2.
5. Foster T., *Motorcycle accidents – calculating speed from scrape marks*, V Konferencja Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych, Kraków 1996.
6. Ahlgrimm J., Ritter S., *Fahradunfälle im Längsverkehr*. DEKRA Automobil GmbH, Stuttgart 2009.
7. Green J. M., *Bicycle accident reconstruction for the forensic engineer*, 2001.
8. Kohoutek P., *Problems of e-bikes*, XXII Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Sądowej, Brno 2014.
9. Melcher D. L., Sax Ch. R., Keller R. E., *Bicycle tire friction coefficient variance in wet and dry conditions across multiple surface pavement types*, XXII Konferencja Europejskiego Stowarzyszenia Badania Wypadków Drogowych (EVU), Florencja 2013.
10. Karczewski T., Tarkowski P., Klonowiecki W., *Badania uderzenia rowerzysty wykonującego manewr zmiany toru ruchu przez*

- samochód osobowy, VI Konferencja Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych, Kraków 2000.
11. Świder P., Gibczyński Z., Jakusz-Gostomski M., *Parametry ruchu rowerów. Część 2: Manewr skrętu w lewo*, „Paragraf na drodze” 2013, vol. 2.
 12. Świder P., *Prędkość roweru jadącego na spadku*, V Konferencja Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych, Kraków 1996.
 13. Jannoško I., *Efektywność hamowania wybranych modeli rowerów*, „Paragraf na drodze” 2008, vol. 9.
 14. Reza A., *Hamowanie, prędkość i przyspieszanie rowerów*, „Paragraf na drodze” 2009, vol. 6.
 15. Reza A., *Opóźnienia i przyspieszenia rowerów*, „Paragraf na drodze” 2010, vol. 5.
 16. Świder P., Gibczyński Z., Jakusz-Gostomski M., *Parametry ruchu rowerów. Część 1: Dynamika podłużna*, „Paragraf na drodze” 2013, vol. 1.
 17. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 Prawo o ruchu drogowym. Dziennik Ustaw, nr 98, poz. 602, 1997.
 18. DIN 79100. Fahrräder und Komponenten, 2000.
 19. Flasz J., Orlik M., Małota M., Seweryn M., Projekt i wykonanie trójkołowego pojazdu elektrycznego, "Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe", 2013, nr 3.
 20. 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, vol. 91, p. 43-50. ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.4>.
 21. Harachová D., *Deformation of the elastic wheel harmonic gearing and its effect on toothing*, „Grant journal” 2016, vol. 5, no. 1, p. 89-92, ISSN: 1805-0638.
 22. 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, vol. 158, no. Part A3, p. A231-A238, ISSN: 1479-8751.
 23. Kaššay P., Homišin J., Urbanský M., Grega R., *Transient torsional analysis of a belt conveyor drive with pneumatic flexible shaft coupling*, „Acta Mechanica et Automatica” 2017, vol. 11, p. 69-72. DOI: 10.1515/ama-2017-0011.
 24. Kaššay P., Urbanský M., *Torsional natural frequency tuning by means of pneumatic flexible shaft couplings*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2015, vol. 89, p. 57-60, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2015.89.6>.
 25. Łebkowski A., *Electric Vehicle Battery Tester*, „Przegląd Elektrotechniczny”, 2017, vol. 93.
 26. Łebkowski A., *Electric vehicles trucks - overview of technology and research selected vehicle*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni”, 2017, vol. 98.
 27. Łebkowski A *Light electric vehicle powertrain analysis*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport”, 2017, vol. 94.
 28. Mantič M., Kuřka 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, vol. 91, p. 89-97, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.9>.
 29. 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, vol. 91, p. 99-106, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.10>.
 30. Puskar M., Fabian M., Kadarova J., Blisťan P., Kopas M., *Autonomous vehicle with internal combustion drive based on the homogeneous charge compression ignition technology*, „International Journal of Advanced Robotic Systems” 2017, vol. 14(5). DOI: 10.1177/1729881417736896.
 31. 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, vol. 91, p. 125-131, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.13>.
 32. Vojtková J., *Reduction of contact stresses using involute gears with asymmetric teeth*. „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2015, vol. 89, p. 179-185. ISSN: 0209-3324. DOI: 10.20858/sjsutst.2015.89.19.
 33. Zelič A., Zuber N., Šostakov R., *Experimental determination of lateral forces caused by bridge crane skewing during travelling*, „Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2018, vol. 20(1), p. 90-99. ISSN: 1507-2711. DOI: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2018.1.12>.
 34. Zuber N., Bajrić R., *Application of artificial neural networks and principal component analysis on vibration signals for automated fault classification of roller element bearings*, „Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance And Reliability” 2016, vol. 18(2), p. 299-306. DOI: 10.17531/ein.2016.2.19. ISSN: 1507-2711.
 35. Zuber N., Bajrić R., Šostakov R., *Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence methods*, „Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance And Reliability” 2014, vol. 16(1), p. 61-35, ISSN: 1507-2711.

Bicycle braking process

As a result of the increase in the number of vehicles traveling on Polish roads, the state of security has changed significantly in recent years. The risk of a collision or traffic accident has increased as a result of increased traffic. Police statistics show that one of the participants in the collision are people who are cycling. In court practice, when dealing with cases relating to road accidents involving bicycles, it is often necessary to determine the behavior of the driver at the time before the event occurred. For this purpose, knowledge about the braking distance achieved or the braking time of the bicycle can be useful. The article presents the results of testing the braking process of various types of brake systems and bicycles.

Autorzy:

mgr inż. **Robert Kaluza** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska
 dr hab. inż. **Piotr Czech**, prof. PŚ – Wydział Transportu, Politechnika Śląska
 dr hab. inż. **Tomasz Figlus**, prof. PŚ – Wydział Transportu, Politechnika Śląska
 dr inż. **Piotr Gustof** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska
 mgr inż. **Katarzyna Turoń** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.048

Data zgłoszenia: 2018.05.21 Data akceptacji: 2018.06.15