

Rafał BURDZIK

MIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH W DIAGNOZOWANIU AMORTYZATORÓW SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki eksperymentu, którego celem było porównanie wrażliwości miar diagnostycznych wybranych wielkości fizycznych. Badanymi obiektami były amortyzatory hydrauliczne zabudowane w samochodach osobowych. Zaproponowane miary diagnostyczne i algorytmy ich wyznaczania są proste i wrażliwe na zmiany stanu technicznego amortyzatorów wynikające z przebiegu eksploatacyjnego pojazdu.

PHYSICAL QUANTITIES MEASURES IN CAR SHOCK ABSORBERS DIAGNOSIS

Summary. The paper presents results of the experiment which aim was sensitivity compare of chosen physical quantities diagnostic measures. Research object was hydraulic shock absorber mounted in passenger car. Proposed diagnostic measures and calculated algorithms are easily available and sensitive to shock absorber technical conditions changes come from vehicle exploitation mileage.

1. WSTĘP

Badania kontrolne pojazdów samochodowych mają na celu wykrycie uszkodzeń zespołów pojazdu. Niezbędnym warunkiem zapewniającym bezpieczeństwo czynne i bierne pojazdów samochodowych jest prawidłowe działanie odpowiednich układów mechanicznych i elektronicznych. Jednym z takich układów jest zespół zawieszenia pojazdu. W sposób bezpośredni i pośredni istotnie wpływa on na bezpieczeństwo jazdy i prawidłowe działanie pozostałych zespołów pojazdu, np. w trakcie hamowania [7]. W pracy [8] przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w stacji kontroli pojazdów (SKP) za pomocą dostępnych miar i metod. Analiza wyników wskazuje na to, że w żadnym skontrolowanym samochodzie nie było nieodpowiedniego tłumienia amortyzatora. Jednocześnie autorzy, powołując się na dane statystyczne Biura Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji w 1998 roku, piszą, że przyczyną 21,4% wypadków był zły stan techniczny układów zawieszenia.

Aktualne wymagania konkurencyjne na rynkach samochodów osobowych wszystkich klas zmuszają producentów do zaspokajania potrzeb bezpieczeństwa i komfortu podróżowania, które bardzo często wykluczają się wzajemnie [5].

Z uwagi na nieustającą ewolucję w konstrukcjach układów pojazdu i brak korelacji między liczbą wypadków spowodowanych złym stanem technicznym zawieszenia a zdiagnozowaną w trakcie badań kontrolnych liczbą samochodów ze złym stanem

amortyzatorów celowe wydaje się prowadzenie eksperymentów nad nowymi metodami i miarami diagnostycznymi. W pracach [2,3,4,6] przedstawiono nowe metody badań zawieszonych pojazdów samochodowych. Kryteriami wdrożenia nowych miar i metod diagnozowania są między innymi potwierdzona wiarygodność i powtarzalność wyników oraz prostota, która wpływa na koszt wdrożenia. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki wstępnych badań nad prostymi miarami wybranych wielkości fizycznych w diagnozowaniu amortyzatorów samochodowych.

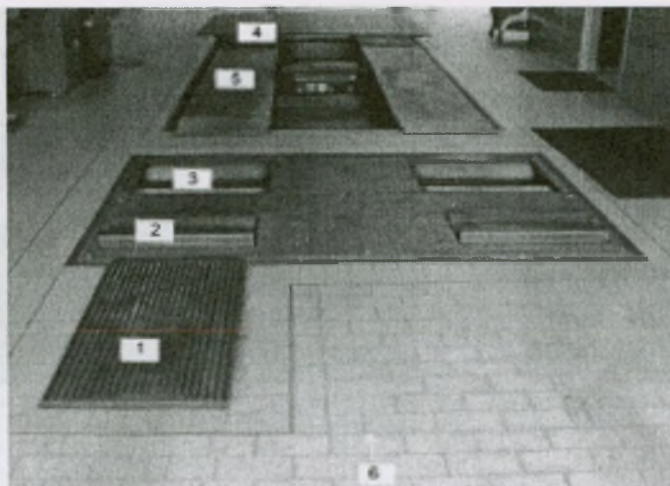
2. BADANIE AMORTYZATORÓW W WARUNKACH STACJI KONTROLI POJAZDÓW

W ramach pracy przeprowadzono wiele badań na stacjach kontroli pojazdów w regionie śląskim. Na podstawie analizy zjawiska tłumienia drgań pojazdu oraz powszechnie stosowanych metod wyznaczania skuteczności amortyzatorów przyjęto następujący plan badań:

- 1) wyznaczenie skuteczności działania amortyzatorów wg metody stosowanej w trakcie obowiązkowych badań kontrolnych pojazdów samochodowych;
- 2) wyznaczenie skuteczności działania amortyzatorów na podstawie nieinwazyjnej metody drganiowej;
- 3) analiza wrażliwości diagnostycznej obecnie stosowanych miar stanu technicznego amortyzatorów i zaproponowanych estymatorów drganiowych.

Najbardziej popularną metodą badań amortyzatorów w warunkach SKP jest metoda drgań wymuszonych, która polega na wymuszeniu drgań pionowych badanego koła powyżej częstotliwości drgań własnych elementów nieresorowanych i resorowanych pojazdu. Firma BOGE oraz Europejskie Stowarzyszenie Producentów Amortyzatorów (EUSAMA) na podstawie metody drgań wymuszonych opracowały własne urządzenia badawcze i metody oceny amortyzatorów.

W artykule przedstawiono wyniki uzyskane podczas badań na urządzeniu FWT1, które wykorzystuje metodę pomiaru amplitudowo-częstotliwościową według Boge. Urządzenie to wchodzi w skład standartowej linii diagnostycznej (rys. 1). Wymuszana amplituda drgań wynosiła 7,5 mm, natomiast wymuszana częstotliwość drgań około 16 Hz. Elektroniczny czujnik pomiarowy zainstalowany w ramie zespołu wibracyjnego umożliwia pomiar amplitudy drgań ramienia wahacza i przekazuje dane do przetwornika analogowo-cyfrowego. W czasie pomiaru, po uzyskaniu przez silnik urządzenia odpowiedniej prędkości obrotowej, a więc i określonej częstotliwości drgań płyty wibracyjnej, napęd silnika zostaje wyłączony i częstość drgań płyty zaczyna się swobodnie zmniejszać. Przy określonej częstotliwości następuje rezonans układu zawieszenia koła pojazdu wraz z zespołem wahaczy i płytą najazdową urządzenia. Przy częstości rezonansowej cały układ drga z maksymalną amplitudą, której wartość jest zależna od stanu technicznego zawieszenia, w tym przede wszystkim od skuteczności tłumienia amortyzatora. Elektroniczny układ pomiarowy urządzenia w sposób ciągły rejestruje wielkość amplitudy drgań ramion zespołu wahaczy, a tym samym ustawionego na płycie najazdowej koła samochodu. Układ pomiarowy przetwarza uzyskane podczas pomiaru dane w taki sposób, że oprócz amplitudy drgań zostają obliczone określone w procentach wskaźniki tłumienia drgań, wynikające z porównania zmierzonych, maksymalnych amplitud ze statycznymi naciskami kół. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy protokół badania skuteczności amortyzatorów na tym urządzeniu.



Rys. 1. Linia diagnostyczna w SKP
 Fig. 1. Diagnostic line in Vehicles Inspection Station

Na rysunku 1 oznaczono: 1 – płyta najazdowa stanowiska do kontroli ustawienia zbieżności kół, 2 – stanowisko do kontroli amortyzatorów, 3 – urządzenie rolkowe do pomiaru siły hamowania, 4 – urządzenie do wymuszania szarpnięć kołami jezdnyymi (szarpaki), 5 – stanowisko podnośnikowe (wersja bezkanałowa), 6 – kierunek wjazdu na linię diagnostyczną.

Adres SKP		LOGO Firmy				
Godzina: 13.18		Data:				
Rodzaj pojazdu :	Numer rej :					
Data pierwszej rej:	Producent :					
	Typ pojazdu :					
	Stan licznika :					
Wyniki pomiarów				Wart. graniczne	Ocena	
Badanie amortyzatorów				Os przednia OP: >= 20 % dozwol. < 20 % niedopuszcz.	OP niedopuszczony	
	lewa przyczepność	prawa	różnica	nacisk	amplituda	
Os przednia OP:	39 %	66 %	27 %	331 daN	lewa 99 mm	prawa 55 mm
Os tylna OT:	44 %	66 %	22 %	332 daN	92 mm	55 mm
Suma nacisków:				662 daN		
				różnica OP - OT		
				<= 15 % dozwol.		
				> 15 % niedopuszcz.		
					OT niedopuszczony	

Rys. 2. Protokół badania pojazdu na urządzeniu FWT1
 Fig. 2. Report from vehicle inspection on FWT1 stand

Jednocześnie w trakcie pomiaru zastosowano drganiową metodę badań opisaną w pracach [3, 6]. Za pomocą pojemnościowych przetworników ADXL250 rejestrowano przyspieszenia drgań elementów nieresorowanych. Czujniki mocowano na wahaczu (rys. 3) i za pomocą toru pomiarowego (rys. 4) dane wprowadzano do komputera PC, gdzie w środowisku Matlab wyznaczano miary diagnostyczne.



Rys. 3. Miejsce mocowania czujnika
Fig. 3. Clamping point of the sensor

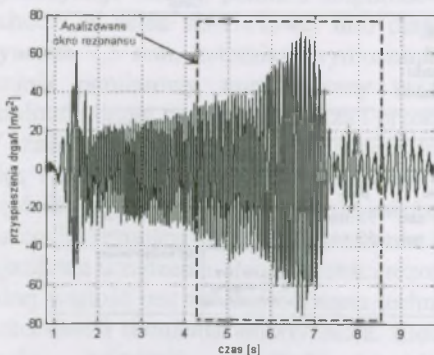


Rys. 4. Tor pomiarowy dla metody drganiowej
Fig. 4. Slotted line of vibration method

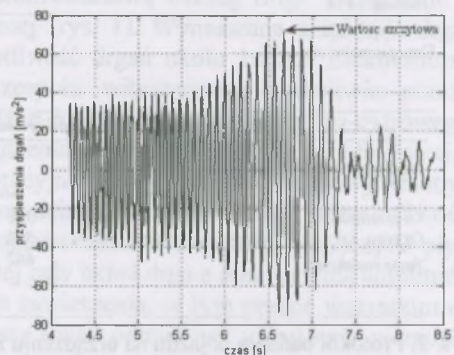
3. WYBRANE MIARY WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

Głównym celem badań było porównanie wrażliwości miar diagnostycznych wybranych wielkości fizycznych. W artykule porównano zmiany wartości aktualnie przyjętych wskaźników określających stan techniczny amortyzatora w metodzie Boge, czyli maksymalnej amplitudy drgań i wskaźnika tłumienia obliczanego ze wzorów empirycznych w zależności od przebiegu eksploatacyjnego badanych pojazdów. Przeanalizowano także wrażliwość nowych, zaproponowanych miar opartych na metodzie drganiowej badań amortyzatorów. Umożliwia ona analizowanie procesów wibroakustycznych zachodzących w trakcie pracy zawieszenia pojazdu pobudzanego do drgań [1].

Wynikiem badań metodą drganiową są zarejestrowane przebiegi przyspieszeń drgań badanego koła w funkcji czasu – $a(t)$ (rys. 5). Na podstawie tych przebiegów każdorazowo wyznaczano okno czasowe zarejestrowane w trakcie przechodzenia układu przez rezonans, z którego obliczano wartość szczytową przyspieszeń drgań (rys. 6).

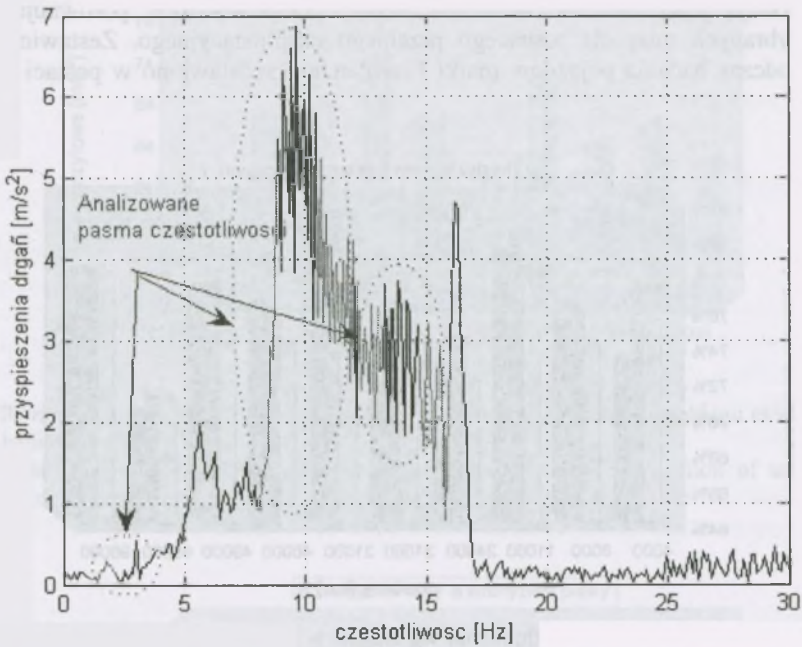


Rys. 5. Przyspieszenia drgań koła
Fig. 5. Vibration acceleration of the wheel

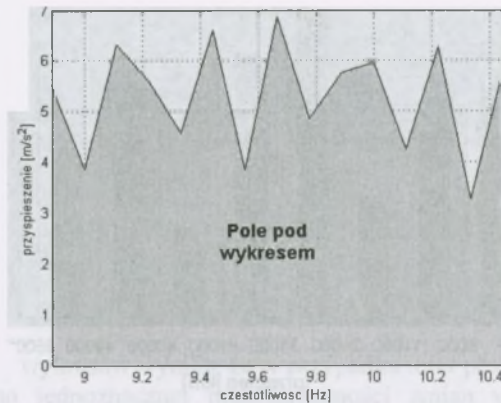


Rys. 6. Analizowane okno rezonansowe
Fig. 6. Resonant window

Następnie obliczano widma, które przedstawiają zmiany sygnału w funkcji częstotliwości – $a(f)$. Umożliwiło to analizowanie określonych pasm częstotliwościowych pod kątem występowania rezonansu. Jako miarę diagnostyczną przyjęto pole powierzchni znajdujące się pod krzywą $a(f)$ w miejscu zlokalizowanego rezonansu mas nieresorowanych, odniesione do pola jednostkowego (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Widmo przyspieszeń drgań koła z zaznaczonymi pasmami analizy rezonansowej
 Fig. 7. Wheel vibration acceleration spectrum with analyzed resonance bands marked

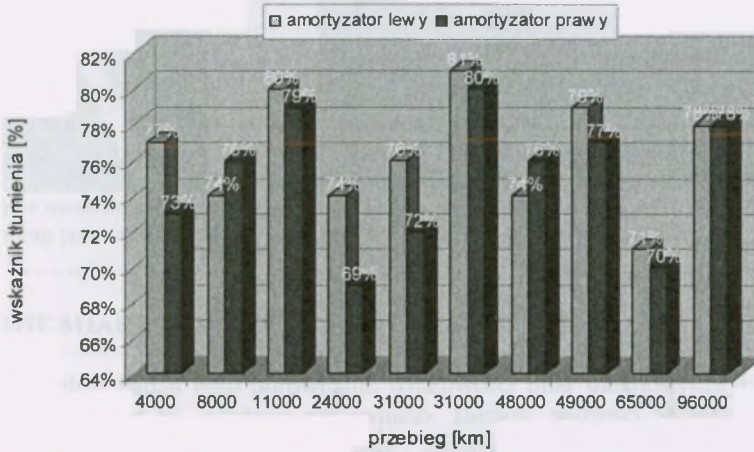


Rys. 8. Pole powierzchni znajdujące się pod krzywą a(f) w miejscu zlokalizowanego rezonansu mas nieresorowanych
 Fig. 8. Area under a(f) curve in localized point of unsprung masses resonance

4. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI DIAGNOSTYCZNEJ WYBRANYCH MIAR WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

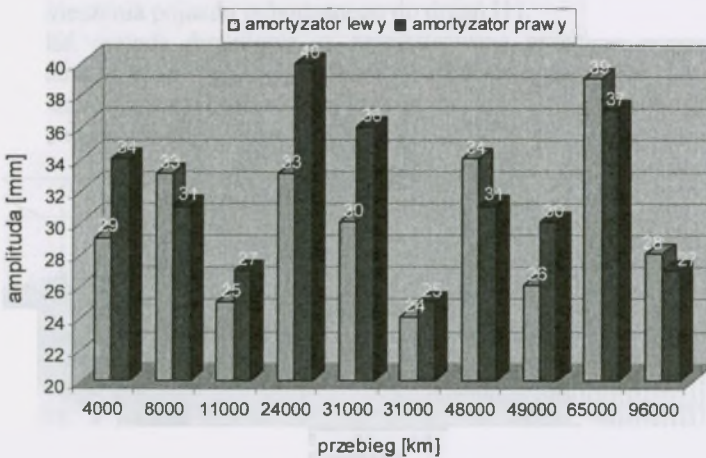
Z uwagi na brak danych umożliwiających jednoznaczną identyfikację stanu technicznego amortyzatorów badanych pojazdów jako kryterium jakościowe przyjęto przebieg

eksploatacyjny samochodu. Analizę wrażliwości na zmiany stanu technicznego amortyzatora, które pogarszają jego zdolność tłumienia drgań, przeprowadzono porównując zmiany wartości wybranych miar dla rosnącego przebiegu eksploatacyjnego. Zestawione wyniki uzyskane podczas badania pojazdów marki Fiat Panda przedstawiono w postaci wykresów poniżej.



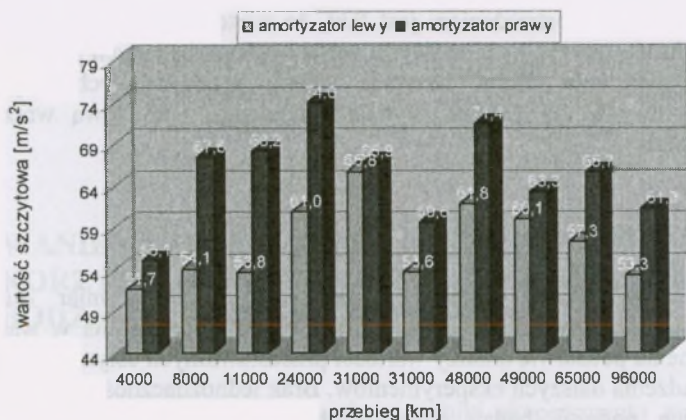
Rys. 9. Rozkład wartości wskaźnika tłumienia wg BOGE w funkcji przebiegu eksploatacyjnego badanych pojazdów

Fig. 9. Distribution of BOGE damping index in function of tested vehicles exploitation mileage



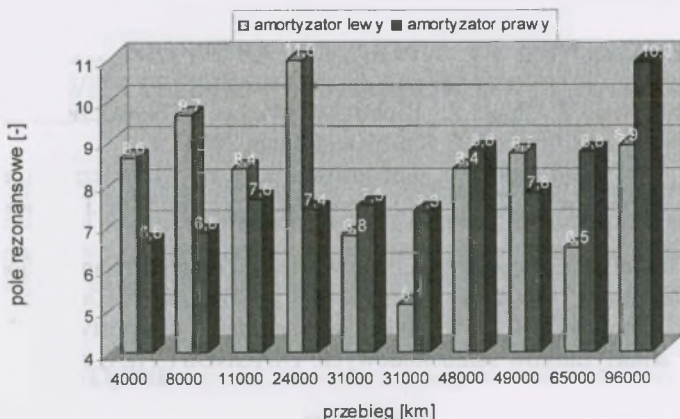
Rys. 10. Rozkład wartości maksymalnej amplitudy wg BOGE w funkcji przebiegu eksploatacyjnego badanych pojazdów

Fig. 10. Distribution of BOGE maximum amplitude values in function of tested vehicles exploitation mileage



Rys. 11. Rozkład wartości szczytowej przyspieszeń drgań koła w funkcji przebiegu eksploatacyjnego badanych pojazdów

Fig. 11. Distribution of wheel vibration acceleration peak values in function of tested vehicles exploitation mileage



Rys. 12. Rozkład wartości częstotliwościowego pola rezonansowego w funkcji przebiegu eksploatacyjnego badanych pojazdów

Fig. 12. Distribution of frequency resonance area values in function of tested vehicles exploitation mileage

Z przedstawionych wykresów wynika, że w przypadku miar powszechnie stosowanych na SKP nie stwierdzono jednoznacznej monotoniczności zmian wartości w stosunku do rosnącego przebiegu eksploatacyjnego. Wskaźniki tłumienia dla skrajnych przypadków – pojazdu ze stanem licznika 4000 km i pojazdu ze stanem licznika 96000 km – wynosiły odpowiednio:

- amortyzator lewy 77%, amortyzator prawy 73%,
- amortyzator lewy i prawy 78%.

Dane te sugerują, że stan techniczny amortyzatorów jest taki sam lub nawet lepszy w przypadku samochodu z 24-krotnie większym przebiegiem.

Analizowane miary drganiowe w dziedzinach czasu i częstotliwości wykazały większą monotoniczność i wrażliwość na zmiany stanu technicznego amortyzatorów wynikające z ich

eksploatacji. Ciekawym spostrzeżeniem jest fakt, że wartość szczytowa dla amortyzatorów lewych w stosunku do prawych jest mniejsza we wszystkich badanych pojazdach. Najlepszą monotoniczność wykazała miara nazwana polem rezonansowych, wyznaczana dla amortyzatorów prawych. Jej wartość wykazała tendencję wzrostową wraz z rosnącym przebiegiem pojazdu.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule metody badań i wyznaczania miar diagnostycznych amortyzatorów samochodowych są proste i możliwe do zastosowania w warunkach SKP. Wnioski uzyskane na podstawie analizy wartości przedstawionych estymatorów potwierdzają zasadność prowadzenia dalszych eksperymentów. Brak jednoznaczności diagnozy za pomocą miar stosowanych podczas badań amortyzatorów metodą Boge potwierdza celowość poszukiwania nowych, bardziej wrażliwych na zmiany stanu technicznego estymatorów.

Rozwiązaniem może być bardziej kompleksowe badanie amortyzatorów przy jednoczesnym użyciu np. dwóch różnych metod. Wnioskowanie można prowadzić na podstawie kilku estymatorów, przy wykorzystaniu odpowiednio nauczonej sieci neuronowej. Koncepcję systemowego ujęcia badań amortyzatorów autor przedstawił w pracy [2].

Literatura

1. Batko W., Dąbrowski Z., Engel Z., Kiciński J., Weyna S.: Nowoczesne metody badania procesów wibroakustycznych. ITE, Katowice-Radom 2005.
2. Burdzik R.: Koncepcja systemu diagnozowania stanu technicznego amortyzatorów samochodów osobowych. XXXIV Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Węgierska Górka 2007.
3. Burdzik R., Gardulski J., Konieczny Ł.: Nowe metody diagnozowania amortyzatorów. VI Konferencja Naukowa Telematyka i Bezpieczeństwo Transportu, Katowice 2006.
4. Burdzik R., Gardulski J.: Metodyka wyznaczania diagnostycznych miar stanu technicznego amortyzatorów samochodowych. DIAGNOSTYKA, nr 4(40)/2006, PTDT, 2006.
5. Danesin D., Vercellone P., Mastronardi F., Fenoglio M., Fornero A., Valardocchina M.: Vehicle dynamic with real time damper system. 16th European ADAMS User Conference, November 14-15, Berchtesgaden, Germany 2001.
6. Gardulski J.: Bezstanowiskowa metoda oceny stanu technicznego zawiesznień samochodów osobowych. ITE, Katowice-Radom 2003.
7. Peceliunas R., Prentkovskis O.: Influence of shock-absorber parameters on vehicle vibrations during braking. Trans Tech Publications, Solid State Phenomena Vol. 113, Switzerland 2006, p. 235-240.
8. Walusiak S., Pietrzyk W., Sumorek A.: Ocena diagnostyczna stanu technicznego pojazdów samochodowych w wybranej stacji diagnostycznej. MOTROL. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. Tom 5. Komisja Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN, Lublin 2003, s. 223- 230.

Recenzent: Prof. nzw. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski