

## MOC TŁUMIENIA JAKO PARAMETR DIAGNOSTYCZNY AMORTYZATORÓW SAMOCHODOWYCH

Janusz Gardulski, Jan Warczek

Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Budowy Pojazdów Samochodowych  
ul. Krasińskiego 8, 40-019, Katowice (0-32)6034360, 6034164  
[gardulski@polsl.katowice.pl](mailto:gardulski@polsl.katowice.pl), [warczek@polsl.katowice.pl](mailto:warczek@polsl.katowice.pl)

### Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję nowej metody określania stanu technicznego hydraulicznego amortyzatora teleskopowego opartej na analizie rzeczywistych charakterystyk, które uzyskano w czasie badań na stanowisku inductorowym. Przebadano grupę ok. 30 amortyzatorów samochodu Fiat Seicento o znanych przebiegach eksploatacyjnych. Badaniom poddano również egzemplarze nowe z celowo wprowadzonymi usterkami. Zaproponowana w pracy metoda badawcza wykorzystuje moc tłumienia amortyzatora jako parametr ilościowy opisujący jego stan techniczny. Badania przeprowadzono dla jednego pełnego cyklu pracy przy wymuszeniu układem mimośrodowym. Uzyskane wyniki potwierdzają tezę o możliwości wykorzystania mocy tłumienia do celów diagnostycznych.

Słowa kluczowe: amortyzatory, diagnostyka, moc tłumienia

### POWER OF DAMPING AS DIAGNOSTIC PARAMETER OF CARS SHOCK-ABSORBERS

#### Summary

It the proposal of new method of determination of technical state of hydraulic telescopic shock-absorber in article was introduced was leaning on analysis of real characteristics which was got in time of investigations on laboratory stand. It the group was has given the an examination was about 30 the shock-absorbers of car the Fiat Seicento about well-known courses exploational. Introduced faults were subjected investigations new copies from on purpose also. The proposed in running investigative method uses the power of damping as quantitative parameter the shock-absorber describer his technical state. The out-of-centre arrangement was conducted for one duty full cycle investigations near input function. The got results confirm about possibility the thesis the utilization of power of damping of to diagnostic aims.

Keywords: shock-absorbers, diagnostics, power of damping

## 1. WPROWADZENIE

Głównym elementem odpowiedzialnym za minimalizację drgań przenoszonych na ludzi i ładunki w pojazdach samochodowych są obecnie hydrauliczne amortyzatory teleskopowe. Są to tłumiące elementy zawieszzeń o nieliniowym charakterze przetwarzania energii drgań mechanicznych na ciepło. Umiejscowienie eksploatacyjne amortyzatora powoduje jego pracę w zakresie przemieszczeń względnych nadwozia i koła (masy nieresorowanej). Wartość siły  $F(t)$  tłumienia jest funkcyjnie związana z prędkością ruchu tłka amortyzatora zależnością (1).

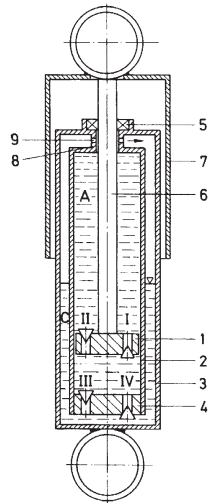
$$F(t) = k_1 \left( \frac{dx}{dt} \right) + k_2 \left( \frac{dx}{dt} \right)^i \quad [N] \quad (1)$$

gdzie:

$k_{1,2}$  – współczynniki określające liniową i nieliniową część tłumienia

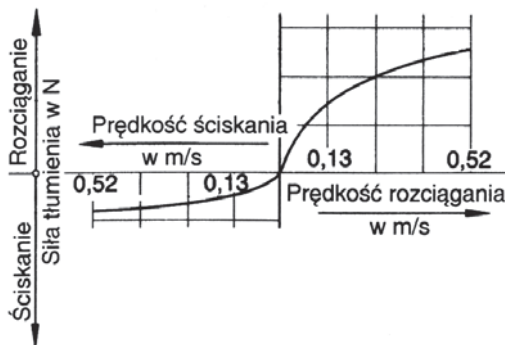
$dx/dt$  – prędkość względna ruchu tłka amortyzatora względem cylindra [m/s]

$i$  – wykładnik potęgi charakteryzujący nieliniowość siły tłumienia.



Rys. 1. Schemat amortyzatora dwururowego [3]. 1-tłok, 2-cylinder, 3-rura zewnętrzna, 4-zawór dolny, 5-uszczelnienie tłoka, 6-tłoczyśko, 7-osłona, 8-prowadnica tłoczyśka, 9-otwór przelewowy, A-komora robocza, C-komora kompensacyjna.

Zasada pracy amortyzatora opiera się na przetłaczaniu cieczy w obiegu zamkniętym przez kalibrowane otwory (rys. 1.). W momencie przekroczenia założonej wartości siły tłumienia następuje otwarcie zaworów korekcyjnych w efekcie uzyskuje się charakterystykę przedstawioną na rysunku nr 2 [3].



Rys. 2. Przykładowa teoretyczna charakterystyka amortyzatora hydraulicznego

W czasie ruchu ściskania siła oporu amortyzatora jest mniejsza niż przy rozciąganiu [4]. Wynika to z założenia, że wartość prędkości względnej (koła względem nadwozia) podczas przejazdu przez garb poręczny jest o wiele większa od prędkości względnej podczas przejazdu przez wgłębienie. Stąd, aby w czasie ściskania nie doszło do przenoszenia zbyt dużych wartości sił na nadwozie pojazdu siła oporu amortyzatora jest znacznie mniejsza niż przy rozciąganiu. W czasie eksploatacji w wyniku oddziaływania wielu czynników eksploatacyjnych charakterystyka amortyzatora ulega zmianom. Wywołuje to zmianę własności

dynamicznych zawieszenia a w konsekwencji obniżenie zarówno bezpieczeństwa jak i komfortu jazdy.

## 2. METODYKA BADAŃ

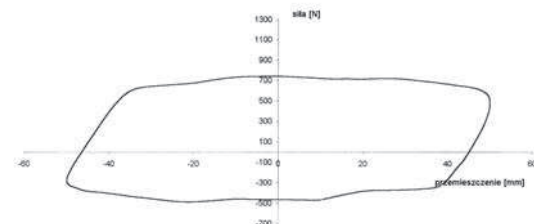
Metody określania skuteczności tłumienia amortyzatorów dzielą się na dwie grupy:

- badań amortyzatorów zabudowanych w pojeździe
- stanowiskowe

Pierwsze z wymienionych mają tę zaletę, że jest on zabudowany w pojeździe. Badania te odbywają się w praktyce w stacjach kontroli pojazdów na stanowiskach produkowanych przez wiele firm [5,6]. Podstawową wadą tych metod jest nieuwzględnianie wpływu stanu technicznego wszystkich pozostałych elementów zawieszenia na uzyskane rezultaty. Ponadto nie uwzględnia się obciążenia pojazdu w trakcie badań obarczając wyniki dużymi błędami. Z tego względu należy je traktować z dużą dozą ostrożności.

Metody stanowiskowe wykorzystywane do badań amortyzatorów hydraulicznych pozwalają wykryć przyczynę jego niesprawności [2]. Badania tego typu wiążą się z koniecznością wymontowania amortyzatora, co znacznie zwiększa czasochłonność i koszty całej operacji. Jednak korzyści płynące z możliwości dokładnego określenia przyczyn niesprawności amortyzatora w wielu przypadkach są decydującym argumentem przemawiającym za tego typu badaniami. Dokonywane są one np. przy sprawdzaniu zasadności reklamacji dotyczącej niesprawności amortyzatora

Jedną z metod badań amortyzatorów wybudowanych z pojazdu jest pomiar zależności siły tłumienia od przemieszczenia tłoka na stanowisku indykatorowym. Stanowisko takie jest na wyposażeniu Katedry Budowy Pojazdów Samochodowych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej.



Rys. 3. Wykres pracy sprawnego przedniego amortyzatora samochodu Fiat Seicento uzyskany przy skoku tłoka 100 mm i częstotliwości wymuszenia 1,5 Hz

Wyposażone jest w układ umożliwiający rejestrację siły tłumienia w funkcji skoku tłoka przy ugięciu i odbiciu w postaci wykresów zamkniętych. Pomiary siły tłumienia można przeprowadzić przy stałym skoku tłoka i zmiennej liczbie suwów pracy

lub przy zmiennym skoku i stałej prędkości obrotowej układu wymuszającego.

Badania prowadzono w laboratorium metrologii, w którym panuje stała temperatura. Wszystkie amortyzatory ulegają w tych warunkach stabilizacji temperaturowej. Rejestrację charakterystyk na stanowisku inductorowym przeprowadzano dwufazowo:

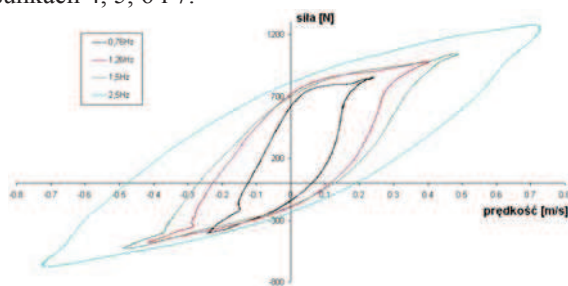
- faza pierwsza – nagrzewanie amortyzatora do temperatury pracy,
- faza druga – rejestracja charakterystyki amortyzatora.

W takim przypadku można przyjąć, że wyniki badań są niezależne od temperatury.

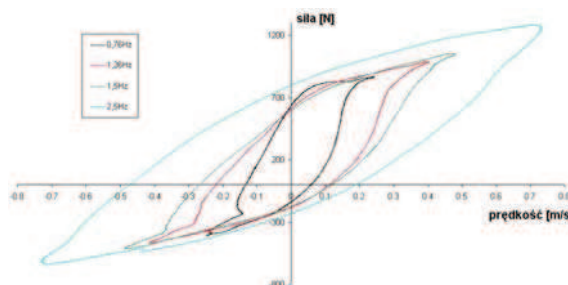
W pracy pojęto próbę znalezienia uogólnionej miary diagnostycznej pozwalającej na szybkie i skuteczne określenie stanu technicznego amortyzatora badanego na stanowisku inductorowym. Przykładowy wynik badań przedniego amortyzatora samochodu Fiat Seicento przedstawiono na rys. 3. Różniczkując przemieszczenie tłoka uzyskuje się jego prędkość a w efekcie otrzymuje się wykresy prędkościowe opisujące zależność siły tłumienia od prędkości ruchu tłoka amortyzatora. Zmiana stanu technicznego amortyzatora wpływa na jego charakterystykę. W ramach przeprowadzonych badań wyznaczono charakterystyki amortyzatorów z celowo wprowadzonymi usterkami. Zamodelowano w ten sposób takie uszkodzenia jak:

- ubytek płynu związany z rozszczelnieniem amortyzatora,
- starzenie się płynu amortyzatorowego,
- uszkodzenia zaworów ruchu ściskania i rozciągania,
- uszkodzenia uszczelnienia tłoka amortyzatora.

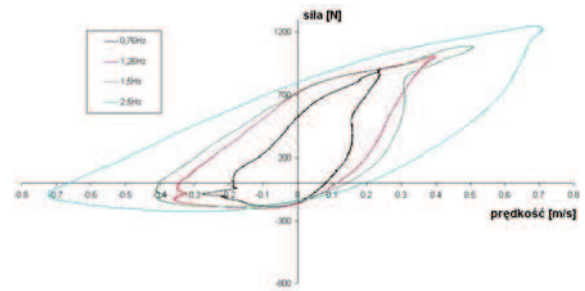
Przykładowe charakterystyki amortyzatorów z ewoluującym ubytkiem płynu przedstawiono na rysunkach 4, 5, 6 i 7.



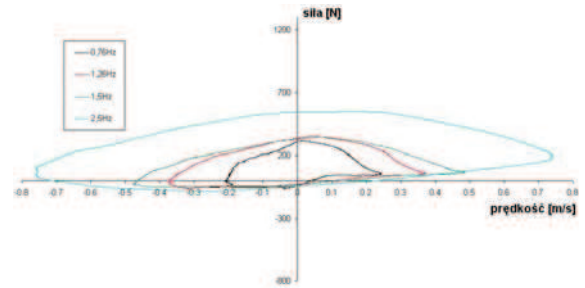
Rys. 4. Charakterystyka amortyzatora sprawnego



Rys. 5. Charakterystyka amortyzatora z 25 % ubytkiem płynu



Rys. 6. Charakterystyka amortyzatora z 50 % ubytkiem płynu



Rys. 7. Charakterystyka amortyzatora z 75 % ubytkiem płynu

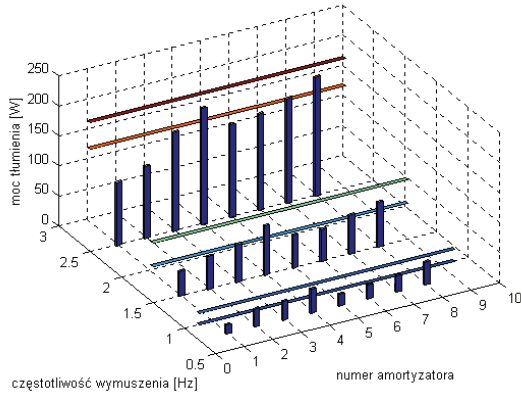
Do oceny stanu technicznego amortyzatorów zaproponowano wartość mocy tłumienia wyznaczoną w czasie jednego cyklu pracy. Powyższa wartość to pole powierzchni wykresu pętlicowego. Ze względu na asymetrię charakterystyki tłumienia w procesach diagnostycznych należy osobno analizować moc tłumienia przy ściskaniu i rozciąganiu [7].

### 3. WYNIKI BADAŃ

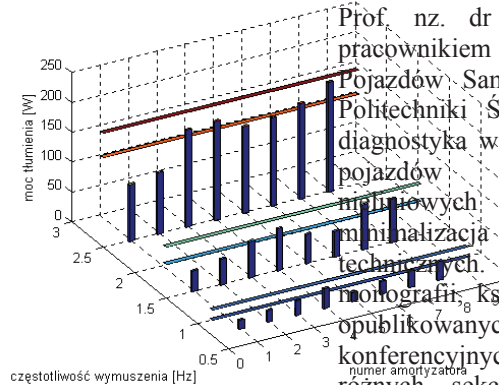
W ramach pracy przebadano ok. 30 szt. amortyzatorów przednich montowanych w samochodach Fiat Seicento 900 jednego producenta.

Przykładowe wyniki przedstawiono na rys. 8 i 9. Wykresy słupkowe przedstawiają wartości mocy tłumienia uzyskane przy różnych częstotliwościach wymuszenia. Na wykresy naniesiono przyjęte granice zakresu wartości mocy tłumienia amortyzatorów sprawnych. Numery kolejne oznaczają:

1. 75% ubytek płynu (rys. 7),
2. 50% ubytek płynu (rys. 6),
3. 25% ubytek płynu (rys. 5),
4. zerowy ubytek płynu (rys. 4),
5. zmiana lepkości płynu,
6. uszkodzony zaworek dolny,
7. amortyzator - nowy 1,
8. amortyzator - nowy 2,



Rys. 5. Wartości mocy tłumienia podczas ruchu rozciągania



Rys. 6. Wartości mocy tłumienia podczas ruchu ściskania

#### 4. WNIOSKI

Uzyskane wyniki pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- zaproponowany parametr diagnostyczny – moc tłumienia – może być zastosowany w diagnostyce amortyzatorów samochodowych. Ten parametr fizyczny można uzyskać z badań indykatorowych. Moc tłumienia powinna zawierać się w pewnych określonych granicach. Ustalenie ich jest możliwe po przebadaniu dużej grupy amortyzatorów jednego typu pochodzących od tego samego producenta. Wymieniony przedział powinien wynikać z opracowań statystycznych w/w badań,
- niewielki ubytek płynu (25%) oraz uszkodzenie zaworka rozciągania są wykrywalne na podstawie analizy wartości mocy tłumienia w czasie pracy z dużymi prędkościami ruchu tłoka,
- pozostałe uszkodzenia powodują spadki wartości widoczne dla wszystkich częstotliwości wymuszenia.

#### LITERATURA

- [1] Osiński Z.: *Tłumienie drgań mechanicznych*. PWN, Warszawa 1979.

- [2] Sikorski J.: *Amortyzatory pojazdów samochodowych – budowa – badania – naprawa*. WKiŁ, Warszawa 1984
- [3] Reimpell J., Beltzler J.: *Podwozia samochodów – podstawy konstrukcji*. WKiŁ, Warszawa 2001
- [4] Rotenberg R. W.: *Zawieszenie samochodu*. WKiŁ, Warszawa 1974
- [5] Trzeciak K.: *Diagnostyka samochodów osobowych*. WKiŁ, Warszawa 1996
- [6] Sitek K.: *Diagnostyka samochodów w zakresie bezpieczeństwa jazdy*. Oficyna wyd. ANMAR, Gdańsk, 1995
- [7] Gardulski J., Warczek J.: *Identyfikacja stanu technicznego hydraulicznego amortyzatora teleskopowego na podstawie analizy jego charakterystyki*. XXX Jubileuszowe Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Węgierska Górka 2003, str. 39

Prof. n. dr hab. inż. Janusz Gardulski jest pracownikiem naukowym Katedry Budowy Pojazdów Samochodowych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej. Zainteresowania badawcze: diagnostyka wibroakustyczna, dynamika zawieszonych pojazdów samochodowych, modelowanie mechanicznych obiektów mechanicznych, minimalizacja hałasu i drgań w obiektach mechanicznych. Jest autorem i współautorem 3 monografií, 8 książek i skryptów, ok. 70 artykułów opublikowanych w czasopismach i materiałach konferencyjnych. Członek PTPE, PTDT, oraz różnych sekcji Komitetu Budowy Maszyn i Komitetu Transportu PAN.



wibroakustycznych, dynamika zawieszonych samochodowych.

Mgr inż. Jan Warczek jest doktorantem w Katedrze Budowy Pojazdów Samochodowych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej. Zainteresowania badawcze: diagnostyka eksperymentalna i symulacyjna elementów zawieszonych pojazdów samochodowych z wykorzystaniem m.in. metod dynamicznych, dynamika zawieszonych samochodowych.