

Janusz GARDULSKI

## WPŁYW ZMIAN STANU TECHNICZNEGO AMORTYZATORÓW NA ICH CHARAKTERYSTYKI TŁUMIENIA

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono indykatorowe metody pomiaru charakterystyk tłumienia amortyzatorów hydraulicznych samochodów osobowych. W badaniach wykorzystano stanowisko badawcze znajdujące się w Laboratorium PTP Wydziału Transportu. Wykresy prędkościowe wykonano przy wykorzystaniu środowiska MATLAB. Uzyskane wyniki wskazują na różne własności tłumiące amortyzatorów samochodowych. Wnioski końcowe umieszczono w artykule.

## INFLUENCE OF TECHNICAL STATE OF SHOCK-ABSORBER ON DAMPING CHARACTERISTICS

**Summary.** The paper presents results of methods of measurements of damping for telescopic shock-absorbers. Research stand which is in Laboratory of PTP Faculty of Transport was used in research. Velocity diagram in MATLAB environment were given. Different ownership of damping for shock-absorbers were given in results. Conclusions were placed in the paper.

### 1. WPROWADZENIE

Samochód jest złożonym układem mechanicznym, który poddawany jest wielu wymuszeniom kinematycznym i siłowym o szerokim widmie częstotliwości. Efekty tych oddziaływań przenoszone są na kierowcę i pasażerów oraz jako reakcje na drogę, nadwozie, koła i ogumienie. Pogarszają one parametry wskaźników eksploatacyjnych i ruchowych pojazdu oraz wpływają na zmęczeniowe obniżenie trwałości jego elementów.

Elementami przeciwdziałającymi drganiom są zawieszenia pojazdów. Zawieszeniem samochodu nazywa się zespół urządzeń, które łączą koła samochodu z nadwoziem lub ramą za pomocą łączników, elementów sprężystych i tłumiących. Celem jego stosowania jest m.in. zmniejszenie obciążeń dynamicznych wywołanych nierównościami drogi. Przenosi ono na nadwozie wszystkie siły i momenty występujące pomiędzy kołem i nadwoziem. Przed zawieszeniem stawianych jest wiele, często sprzecznych, zadań. Są to:

- a) komfort jazdy,
- b) kierowność pojazdu oraz bezpieczeństwo bierne pasażerów i innych uczestników ruchu drogowego,
- c) poprawność pracy w różnych w różnych warunkach jazdy,
- d) stateczność ruchu.

Komfort jazdy wymaga dużych pionowych skoków koła przy dużej sztywności wzdłużnej posadowienia kół. Jednakże nadmierne skoki zawieszenia powodują zmniejszenie

oddziaływania na reakcje sił bocznych działających na koła, powodując pogorszenie kierowności i bezpieczeństwa jazdy. Również przy dużych skokach kół występuje trudność ograniczenia wzdłużnych przemieszczeń kół wywołanych siłami przyspieszania lub hamowania. Na ww. efekty mają wpływ warunki jazdy, a mianowicie:

- profil powierzchni drogi,
- dynamika ruchu pojazdu (przyspieszanie lub hamowanie),
- obciążenie pojazdu (liczba przewożonych osób, bagaż, ich waga itp.),
- rodzaj ruchu samochodu (prostoliniowy lub krzywoliniowy),
- wartość masy nieresorowanej.

Konstrukcje zawieszzeń są różnorodne. O zastosowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym decydują kierowność samochodu i możliwości przeniesienia napędu. We współczesnych samochodach osobowych stosowane są zawieszzenia niezależne, w których koła przemieszczają się niezależnie od siebie w płaszczyźnie poprzecznej, wzdłużnej lub mieszanej ustalonej przez jego rozwiązanie konstrukcyjne. W każdym typie koło może być z nadwoziem za pomocą najczęściej jednego lub dwóch wahaczy. Wynika stąd następująca klasyfikacja zawieszzeń niezależnych:

- z podwójnymi wahaczami poprzecznymi (trapezowe lub równoległoboczne),
- z wahaczami wzdłużnymi,
- z wahaczami skośnymi,
- z kolumnami prowadzącymi (McPhersona),
- wielodrażkowe, które na ogół mają 5 elementów prowadzących,
- z wahaczami sprzężonymi belką skrętną.

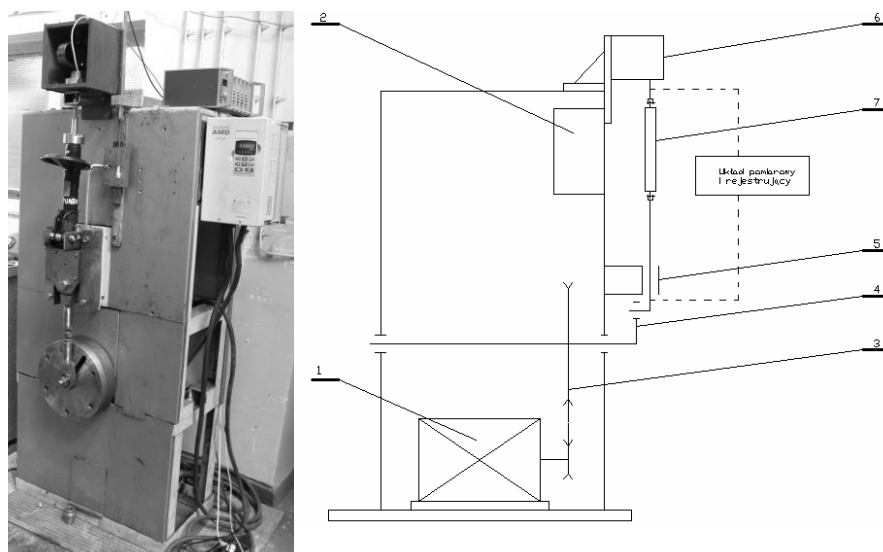
Elementami sprężystymi we współczesnych samochodach osobowych są sprężyny śrubowe o nieliniowych charakterystykach tłumienia, rzadko drążki skrętne. Sprężyny często wspomagane są sprężystymi elementami gumowymi lub polimerowymi, które zwiększają nieliniowość sprężyn. Do tłumienia drgań najczęściej wykorzystywane są hydrauliczne amortyzatory teleskopowe o niesymetrycznych nieliniowych charakterystykach tłumienia. Samochód jako układ drgający pobudzany jest kinematycznie do drgań przez nierówności drogi. Wymuszenia te rozpatrywane w skali makro i mikro mają charakter losowy, stochastyczny. Oddziałują one również na kierowcę, pasażerów i bagaż. Na drgania samochodu ma więc wpływ nie tylko profil drogi, ale również człowiek. Nierówności drogi wpływają bezpośrednio na parametry ruchu samochodu (prędkość, tor jazdy itp.), obciążenia silnika, przełożenia skrzynki biegów, oddziaływania układu hamulcowego itp. Na powyższe parametry oddziałuje również kierowca. Ocenia on stan nawierzchni drogi, sytuację drogową, decyduje o kierunku ruchu i prędkości jazdy. Są to właśnie parametry decydujące o obciążeniu zawieszzenia i drganiach przenoszonych na nadwozie. Dlatego też należy określić związki zachodzące pomiędzy drganiami i parametrami mającymi wpływ na ich wartość.

Podsumowując należy stwierdzić, że samochód jest złożonym układem mechanicznym pobudzonym poprzez zawieszenie o nieliniowych charakterystykach sprężystości i tłumienia do drgań przez stochastyczne wymuszenie kinematyczne pochodzące od nierówności drogi.

## 2. ZASTOSOWANA METODA BADAŃ

Miarą diagnostyczną stanu technicznego amortyzatora jest jego charakterystyka tłumienia. Wyznaczana jest ona w postaci wykresnej jako tzw. „wykres prędkościowy”, który przedstawia zmianę siły tłumienia w funkcji prędkości względnej tłoczka amortyzatora względem jego obudowy. Charakterystyki tłumienia współczesnych teleskopowych amortyzatorów hydraulicznych samochodów osobowych są niesymetryczne i nieliniowe. Wyznacza się je na podstawie badań na stanowiskach indyktorowych przeznaczonych do

badania amortyzatorów. Schemat takiego stanowiska znajdującego się w Laboratorium PTP Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zdjęcie i schemat stanowiska indykatorowego  
Fig. 1. Picture and schema of indicator test stand

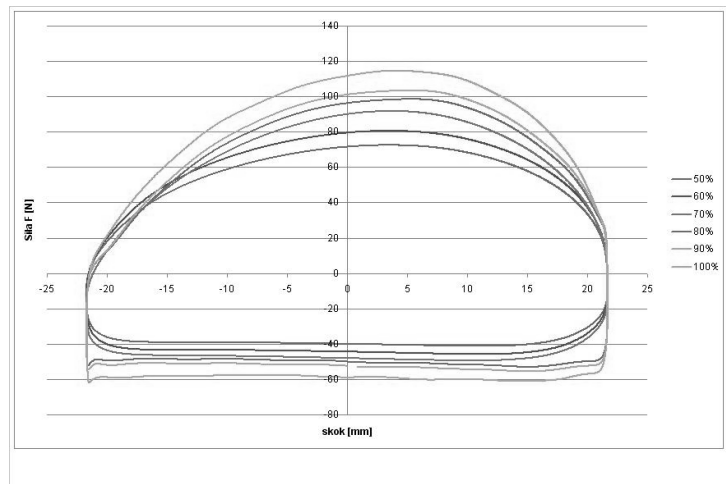
Programuje się na nim następujące typowe uszkodzenia, którymi są:

- wycieki płynu amortyzatorowego,
- zużycie uszczelnienia tłoczka.

Pomiary przeprowadzono po wstępnym okresie pracy amortyzatora na stanowisku badawczym, w czasie którego następowała jego stabilizacja temperaturowa ( $t > 10s.$ ). Każdy amortyzator badano dla skoków wynoszących 50 i 75 mm, przy 10 częstotliwościach wymuszeń z przedziału 3 – 30 Hz. Rejestracje wyników przeprowadzono dla 4 amortyzatorów nowych (100% napelnienia) oraz przy procentowym ubytku płynu amortyzatorowego w zakresie 50% - 90% stopniowanym co 10%. Fabryczne amortyzatory są nierozbieralne. Dla potrzeb badawczych zachodziła potrzeba dokonania zmiany konstrukcji nierozbieralnej na rozbieralną. Uzyskano to wycinając bezpyłowo górną część amortyzatora, zastępując ją tuleją gwintowaną z nakrętką, z zachowaniem założonej tolerancji i pasowania. Uszczelnienie trzpienia tłoczyska pozostawało fabryczne. Umożliwiało to napełnianie amortyzatorów płynem. Żądaną ilość płynu odmierzano za pomocą menzurki z podziałką z uwzględnieniem menisku. Przystosowane do badań amortyzatory magazynowano pionowo.

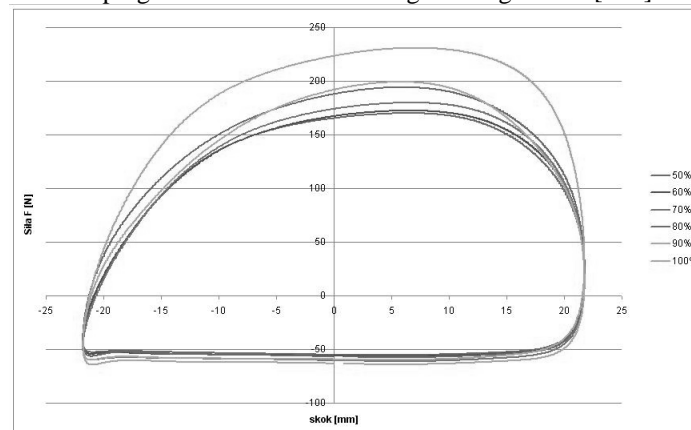
### 3. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów rejestrowano w postaci wykresów siły tłumienia w funkcji skoku tłoka amortyzatora otrzymane dla różnych częstości wymuszeń, przy założonym napełnieniu. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunkach 2 – 4 siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku 50 [mm] przy prędkościach liniowych wymuszeń 0,1; 0,2 i 0,4 [m/s], natomiast na rysunku 5 – amortyzatorów fabrycznie nowych przy różnych częstościach wymuszeń.



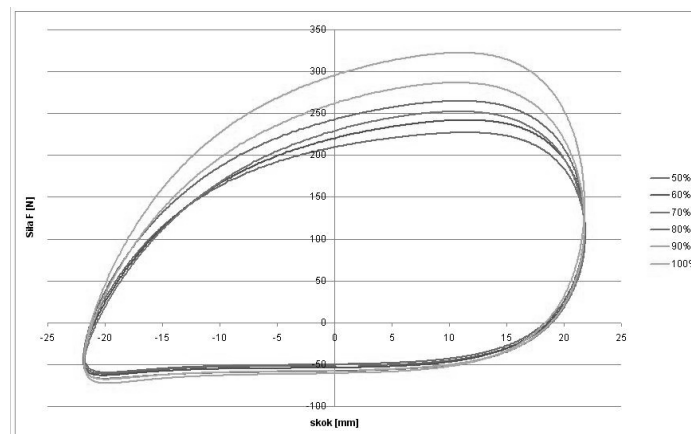
Rys. 2. Wykresy indykatorowe siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=4$  [rad/s]

Fig. 2. Indicator diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=4$  [rad/s]



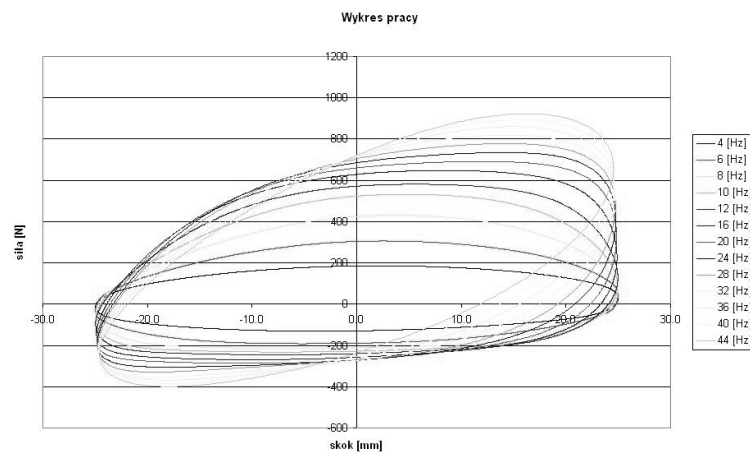
Rys. 3. Wykresy indykatorowe siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=8$  [rad/s]

Fig. 3. Indicator diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=8$  [rad/s]



Rys. 4. Wykresy indykatorowe siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=16$  [rad/s]

Fig. 4. Indicator diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=16$  [rad/s]

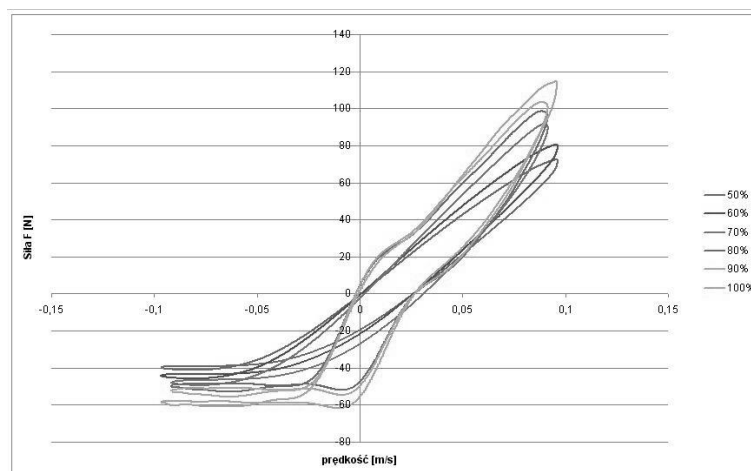


Rys. 5. Wykresy indykatorowe amortyzatorów fabrycznie nowych dla skoku  $S=50$  [mm] przy różnych częstotliwościach wymuszeń.

Fig. 5. Indicator diagram of dumping for new shock-absorbers for range  $S=50$  [mm] and different  $\omega$

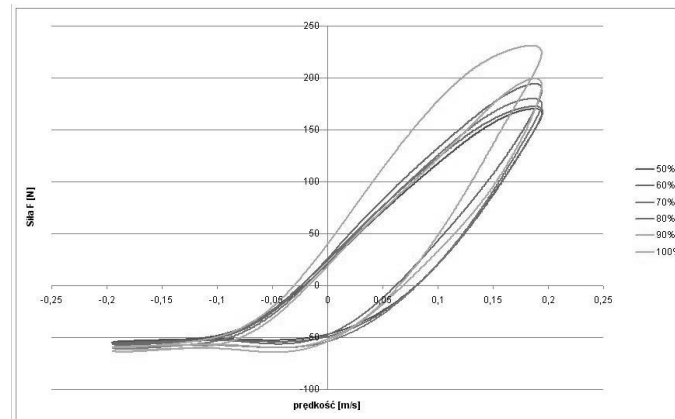
#### 4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Celem uzyskania wykresów prędkościowych otrzymane indykatorowe wyniki siły tłumienia w funkcji przemieszczenia poddano w środowisku MATLAB różniczkowaniu uzyskując wykresy prędkościowe tłumienia amortyzatorów  $F=f(v)$ . Efekty tych działań przedstawiono na rysunkach 6 – 8.



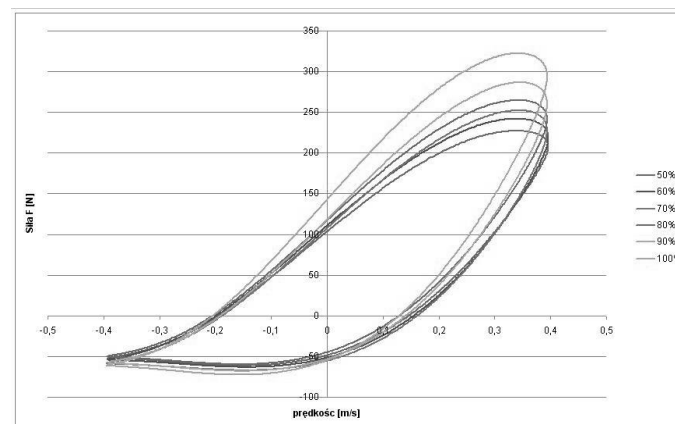
Rys. 6. Wykres prędkościowy siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=4$  [rad/s]

Fig. 6. Velocity diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=4$  [rad/s]



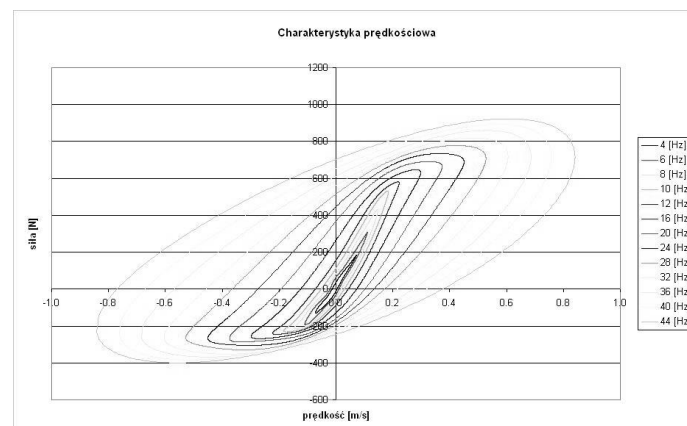
Rys. 7. Wykres prędkościowy siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=8$  [rad/s]

Fig. 7. Velocity diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=8$  [rad/s]



Rys. 8. Wykres prędkościowy siły tłumienia w funkcji napełnienia dla skoku tłoka  $S=50$  [mm] i częstotliwości wymuszeń  $\omega=16$  [rad/s]

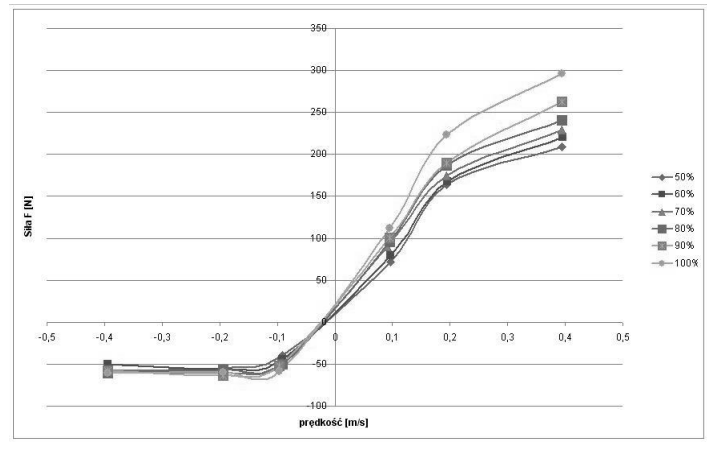
Fig. 8. Velocity diagram of dumping in function of brimming for range  $S=50$  [mm] and  $\omega=16$  [rad/s]



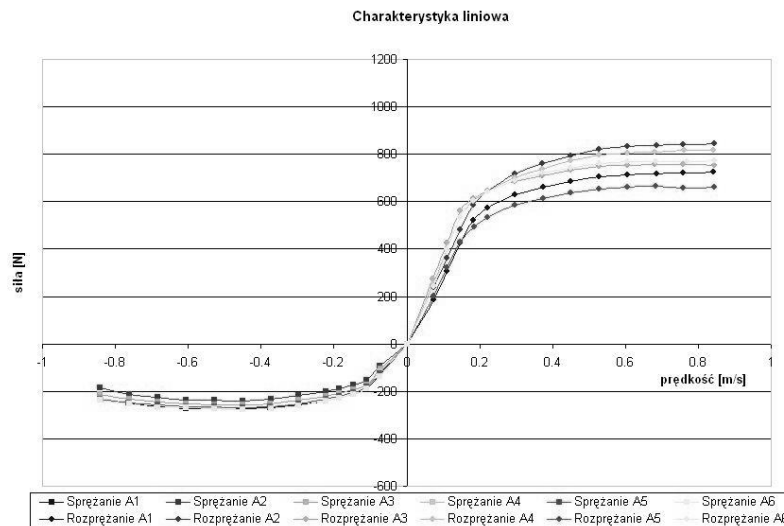
Rys. 9. Wykres prędkościowy amortyzatorów fabrycznie nowych dla skoku  $S=50$  [mm] przy różnych częstotliwościach wymuszeń.

Fig. 9. Velocity diagram of dumping for new shock-absorbers for range  $S=0$  [mm] and different  $\omega$

Wykresy tego typu spoządzone analogicznie jak na rysunku 9 uzyskane dla różnych częstotliwości wymuszeń pozwalają wyznaczyć charakterystyki tłumienia badanych amortyzatorów. Przykładowe ich wyniki przedstawiono na rysunkach 10 i 11.



Rys. 10. Charakterystyki tłumienia amortyzatorów w funkcji napęnienia  
 Fig. 10. Dumping characteristics of shock-absorbers in function of brimming



Rys. 11. Charakterystyki tłumienia amortyzatorów w funkcji napęnienia amortyzatorów fabrycznie nowych dla skoku  $S=50$  [mm] przy różnych częstotliwościach wymuszeń  
 Fig. 11. Dumping characteristics of shock-absorbers in function of brimming for new shock-absorbers for range  $S=50$  [mm] and different  $\omega$

## 5. WNIOSKI

Z otrzymanych w wyniku analiz wykresów można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Amortyzatory posiadają charakterystyki nieliniowe niesymetryczne o zbliżonych kształtach, rozrzut wyników związany jest z odchyłkami wymiarów geometrycznych elementów amortyzatorów w fazie produkcji. Wydaje się celowe przeprowadzenie badań statystycznych na dużej grupie amortyzatorów, w efekcie których określono by reprezentatywną wartość średnią i odchylenie standardowe.
2. W części środkowej charakterystyk uwidacznia się działanie zaworu korekcyjnego.
3. Ubytek płynu amortyzatorowego powoduje zmianę charakterystyk tłumienia (rys. 11); wprowadzenie wartości np. mocy tłumienia umożliwia identyfikację tego rodzaju uszkodzenia amortyzatora.
4. Przeprowadzenie badań dużej liczby amortyzatorów i opracowanie statystyczne wyników tych badań pozwoli wyznaczyć średnią charakterystykę tłumienia i jej

odchylenie standardowe, które mogą być wykorzystane w diagnostyce zużycia eksploatacyjnego amortyzatorów.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Jan Adamczyk

*Praca wykonana w ramach BK-296/RT2/2008*