

Janusz GARDULSKI, Łukasz KONIECZNY, Bogusław ŚLEZIAK

## **BADANIA DIAGNOSTYCZNE TELESKOPOWYCH AMORTYZATORÓW HYDRAULICZNYCH – MIARY AMPLITUDOWE**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań amortyzatorów z usterkami na stanowisku harmonicznym w Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów w Mysłowicach. Obiektem badań był samochód osobowy marki Fiat Seicento. Do analizy wykorzystano statystyczne miary amplitudowe sygnałów wibroakustycznych, oparte na ciągłej analizie falkowej przyśpieszeń drgań mas resorowanych i nieresorowanych.

## **DIAGNOSTIC RESEARCHES OF HYDRAULIC TELESCOPIC SHOCK ABSORBER –AMPLITUDE MEASURE**

**Summary.** The paper presents research results of hydraulic telescopic shock absorber with defect on harmonic test stand in service control station in Mysłowice. The research object was Fiat Seicento. The statistical amplitude measures based on of continuous wavelet transformation (of unsprung and sprung masses accelerations) were used.

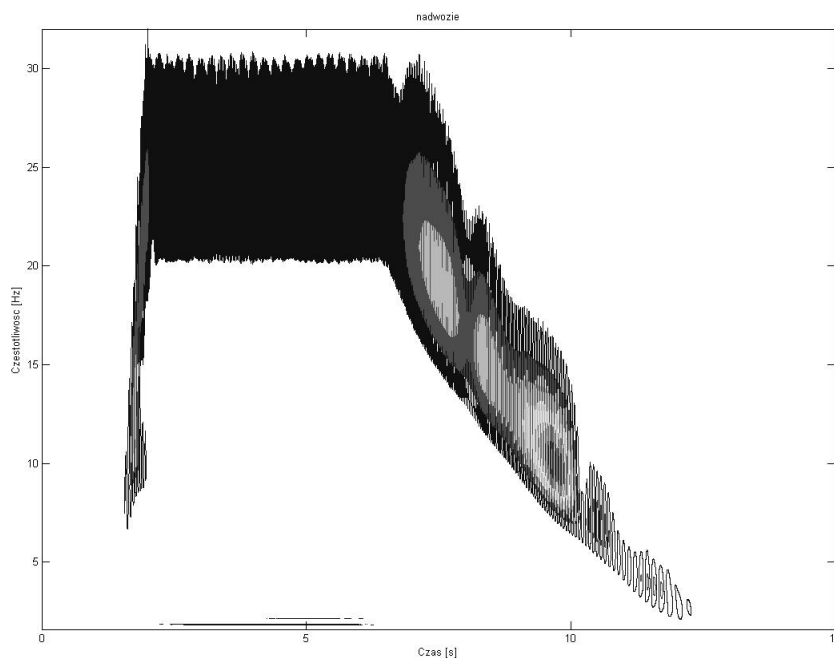
### **1. WSTĘP**

Powszechnie stosowane w procesie diagnozowania amortyzatorów wzbudniki drgań harmonicznymi działają w trzyetapowy sposób. W pierwszym okresie następuje rozpędzanie płyty wzbudnika, na której spoczywa badane koło z częścią zawieszenia, zawierającą diagnozowany amortyzator, pobudzany do drgań w zakresie zmian częstotliwości wzbudzenia od 0 do ok. 21-26 [Hz]. Czas rozpędzania wynosi kilka sekund. W etapie drugim płyta pobudza do drgań badaną część zawieszenia ze stałą ww. częstotliwością. Ostatni, trzeci etap jest etapem pomiarowym, w trakcie którego po wyłączeniu napędu wzbudnika następuje spadek częstotliwości wymuszeń do 0 [Hz] (zatrzymanie płyty). Na tym etapie drgająca, badana część zawieszenia przechodzi przez rezonans mas nieresorowanych i resorowanych. Mamy więc do czynienia z niestacjonarnym, stochastycznym procesem losowym, generowanym przez wymieniony, złożony układ mechaniczny. Do analizy takich sygnałów wibroakustycznych stosuje się metody analizy wielowymiarowej. Przyjęto, że do tego celu wykorzystana zostanie ciągła analiza falkowa przyśpieszeń drgań nadwozia analizowanego pojazdu.

### **2. OBIEKT BADAŃ**

Obiektem badań były amortyzatory o zidentyfikowanym stanie technicznym z zaprogramowanymi usterkami, które były zabudowane w samochodzie Fiat Seicento 900. Usterkami tymi były ubytki płynu amortyzatorowego, wynoszące 10%, 20%, 30%, i 40%.

Wzorcem były amortyzatory nowe, napełnione w 100%. Identyfikację charakterystyk tłumienia przeprowadzono na stanowisku indykatorowym, znajdującym się w Laboratorium PTP Wydziału Transportu. Następnie tak zidentyfikowane amortyzatory zabudowane zostały w zawieszeniu samochodu badawczego, który podawany był harmonicznym wymuszeniom kinematycznym. Parametrami mierzalnymi były przyspieszenia drgań mas nieresorowanych i resorowanych samochodu dla procesu wymuszenia. Badania samochodu z zaprogramowanymi usterkami amortyzatorów prowadzone były na stanowisku CARTEC w Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów w Mysłowicach. W pomiarach wykorzystano pojemnościowe przetworniki przyspieszeń drgań oraz kartę analogowo-cyfrową (niDAQ), rejestrującą przebiegi przyśpieszeń w postaci dyskretnej na komputerze klasy PC. Tak zarejestrowane sygnały poddane zostawały ciągłej analizie falkowej, przy wykorzystaniu środowiska MATLAB (rys.1).



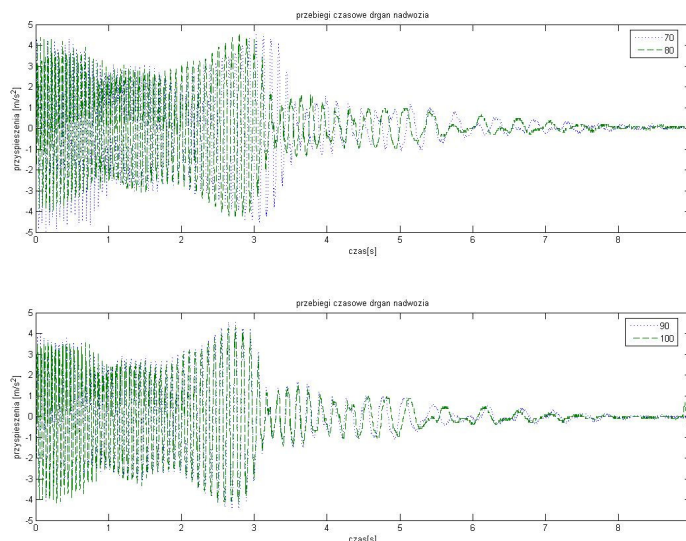
*Rys. 1. Przykładowe ciągłe przekształcenie falkowe przyspieszeń drgań nadwozia (zawieszenie przednie)*

*Fig.1. Continuous Wavelet Transformation of body accelerations (front suspension)*

Z otrzymanych, przestrzennych wykresów wycinano okna częstotliwościowo–czasowe zawierające częstotliwości rezonansowe mas nieresorowanych i resorowanych. Badania przeprowadzono na grupie amortyzatorów tego samego typu o identycznym stanie technicznym. Tak otrzymany materiał badawczy posłużył do analizy przydatności w diagnozowaniu niżej wymienionych estymat. Szerzej metoda badań opisana jest w wymienionych pozycjach literaturowych [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10].

### 3. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ

Wyniki wybranych estymatorów dla przyspieszeń mas resorowanych zawieszenia przedniego.

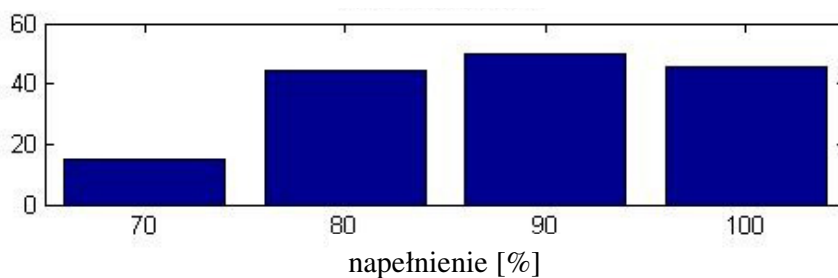


Rys. 2. Przebiegi czasowe drgań nadwozia (zawieszenie przednie) dla różnych wartości napełnienia amortyzatora (a- napełnienia 70% i 80%, b- napełnienia 90% i 100%)

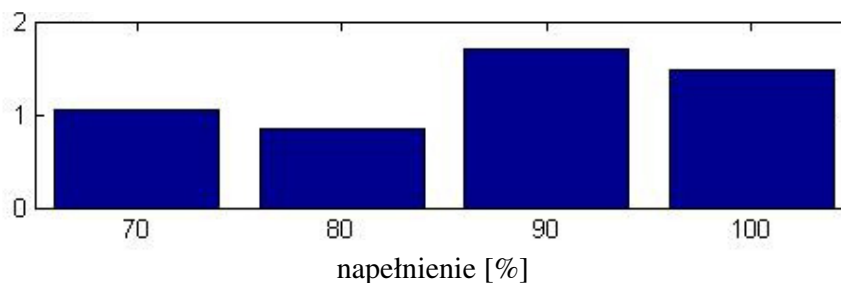
Fig.2. Time signal of body accelerations (front suspension) for different volume of oil (a- volume of 70% and 80%, b- volume of 90% and 100%)

Poniżej przedstawiono wartości wybranych estymatorów dla określonych przekrojów czasowych wyciętych z przekształcenia falkowego przyspieszeń drgań nadwozia przedniego:

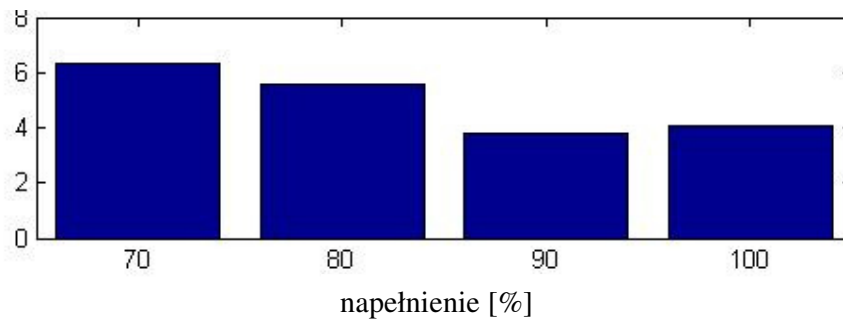
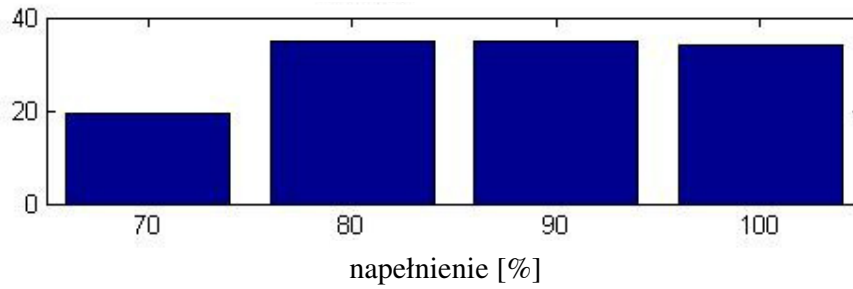
- wartość skuteczna,  $S_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}$



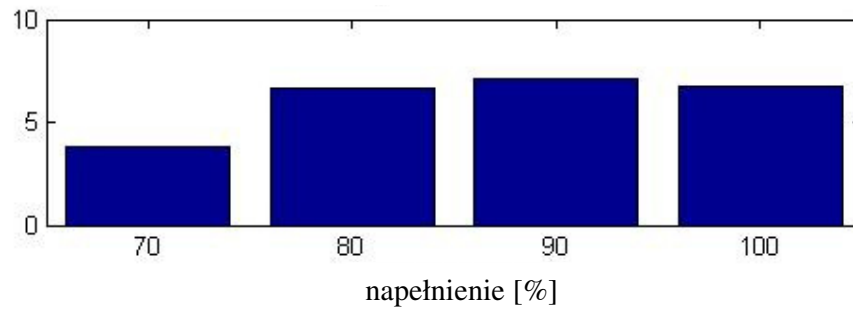
- wartość średnia  $\bar{s} = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$   
x 10<sup>-3</sup>



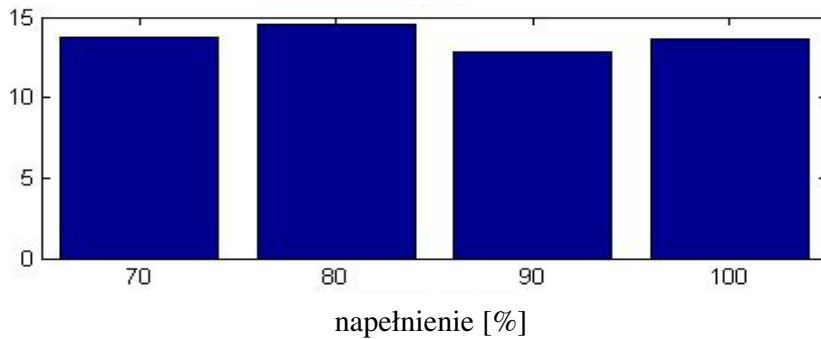
- wartość szczytowa  $S_{pp} = \max_{0 < t < T} |s(t)|$



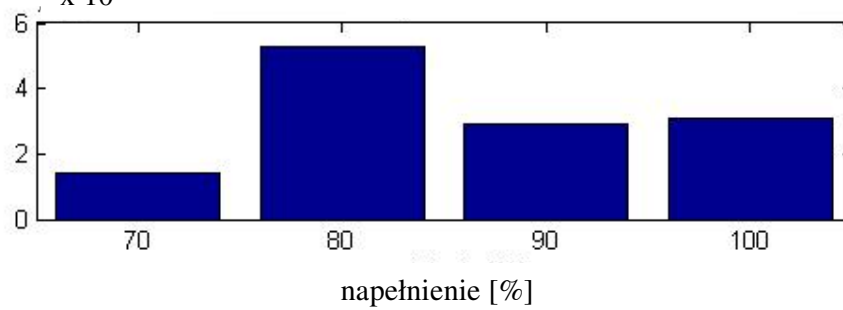
- odchylenie standardowe,  $\sigma_x = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [s(t) - \bar{s}]^2 dt}$



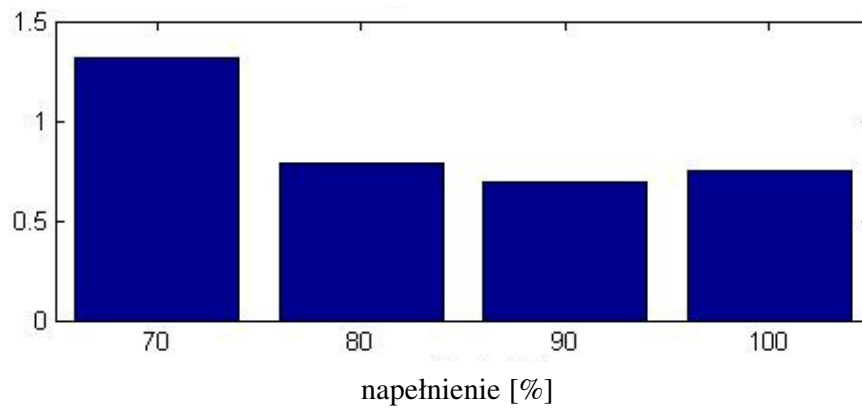
- Kurtosa (moment czwartego rzędu)  $Q = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^4}{S_{RMS}^4}$



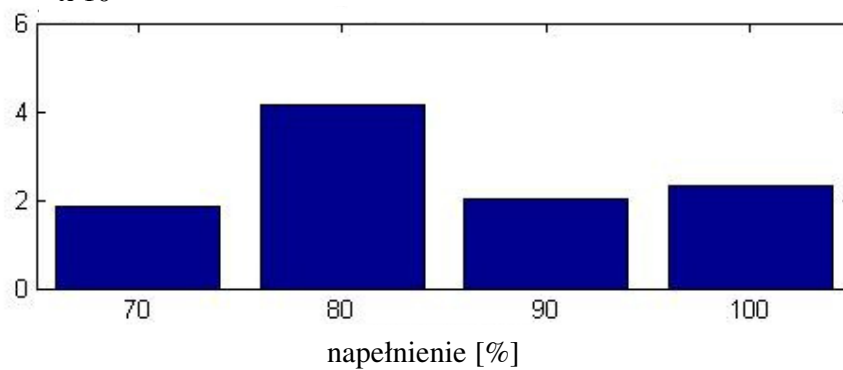
- Współczynnik kształtu  $K = \frac{S_{RMS}}{s}$   
 $\times 10^4$



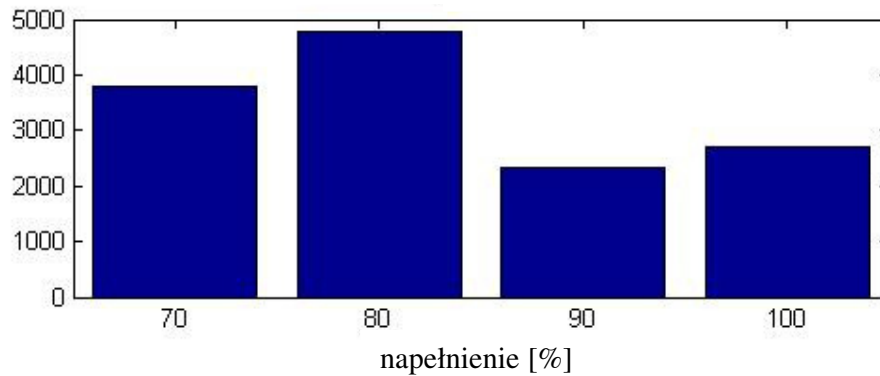
- Współczynnik szczytu  $C = \frac{S_{pp}}{S_{RMS}}$



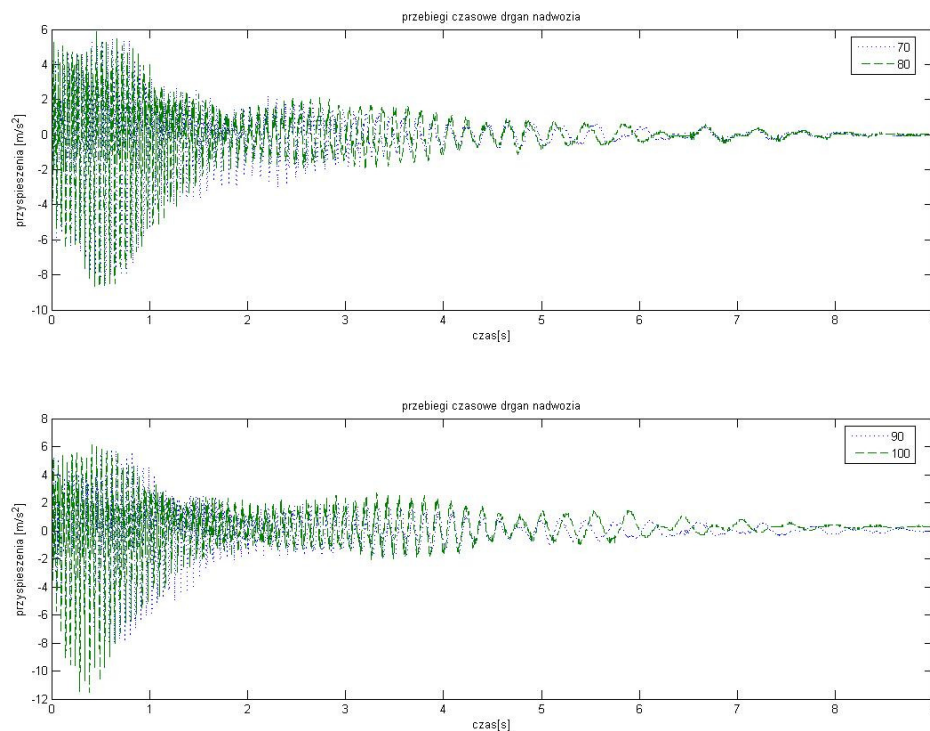
- Współczynnik impulsowości  $I = \frac{S_{pp}}{s}$   
 $\times 10^4$



$$- \text{ Współczynnik luzu } L = \frac{\bar{s}}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |s_i|^2\right)^2}$$



Wyniki wybranych estymatorów dla przyspieszeń mas resorowanych zawieszenia tylnego.

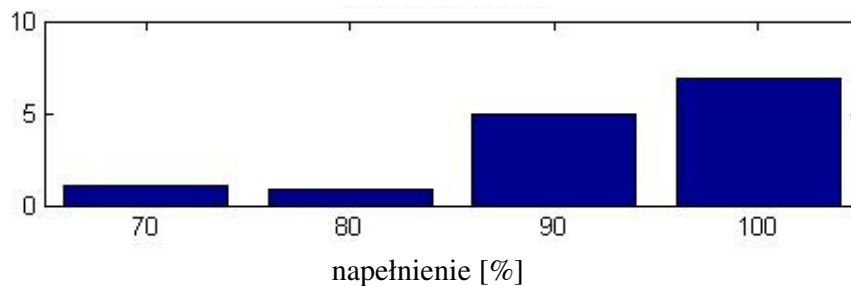


Rys. 3. Przebiegi czasowe drgań nadwozia(zawieszenie tylne) dla różnych wartości napętnienia amortyzatora (a- napętnienia 70% i 80%, b- napętnienia 90% i 100%)

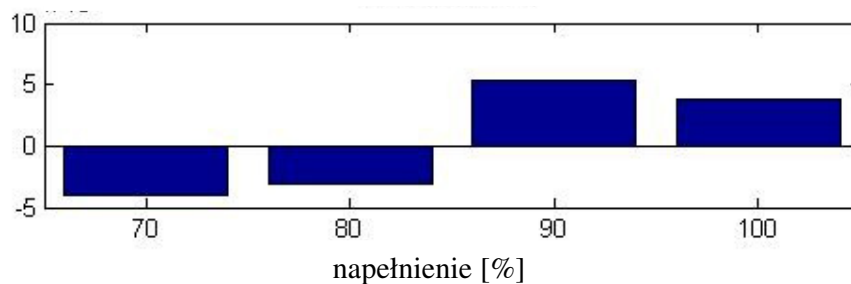
Fig.3. Time signal of body accelerations (rear suspension) for different volume of oil (a- volume of 70% and 80%, b- volume of 90% and 100%)

Poniżej przedstawiono wartości wybranych estymatorów dla określonych przekrojów czasowych wyciętych z przekształcenia falkowego przyspieszeń nadwozia tylnego:

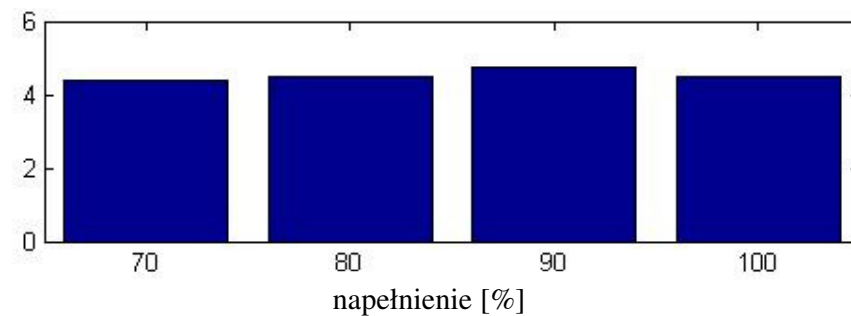
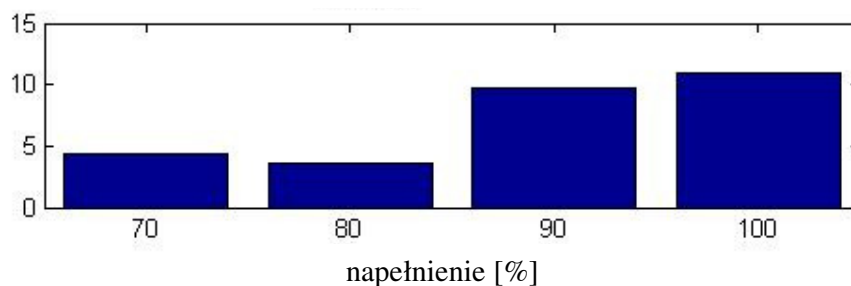
- wartość skuteczna,  $S_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}$



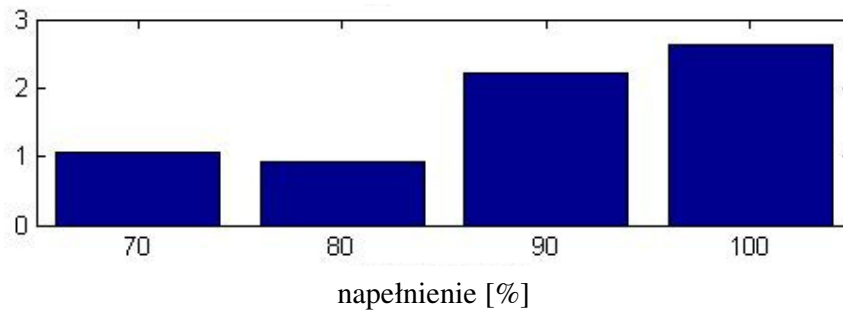
- wartość średnia  $\bar{s} = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$   
 $\times 10^{-4}$



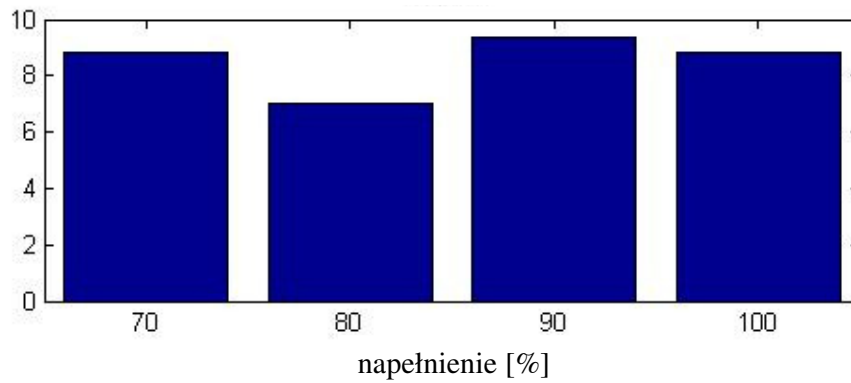
- wartość szczytowa  $S_{pp} = \max_{0 < t < T} |s(t)|$



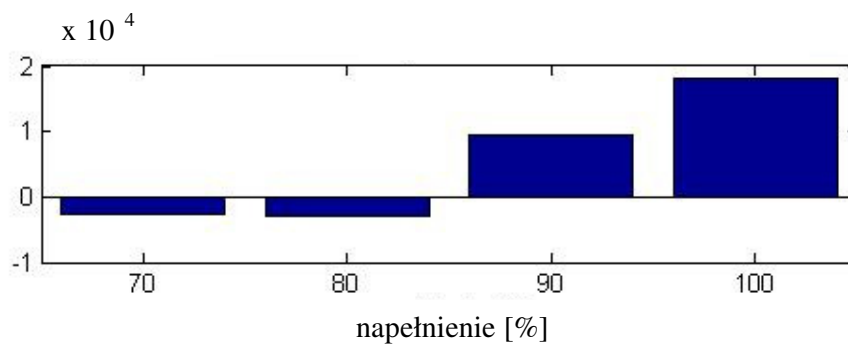
- odchylenie standardowe,  $\sigma_x = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [s(t) - \bar{s}]^2 dt}$



- Kurtosa (moment czwartego rzędu)  $Q = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^4}{S_{RMS}^4}$

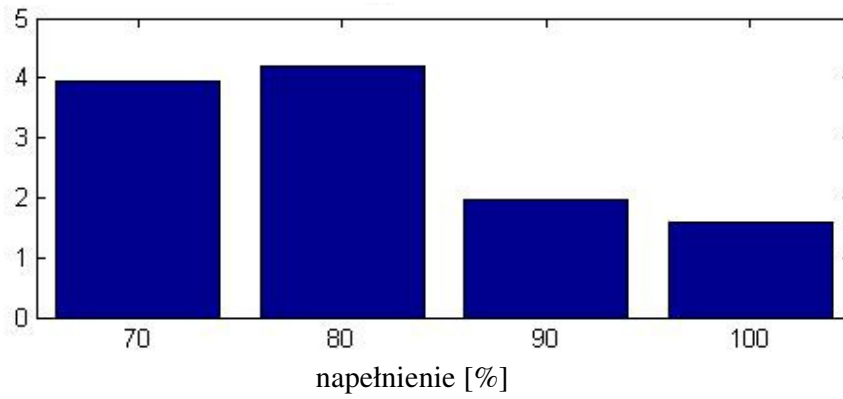


Współczynnik kształtu  $K = \frac{S_{RMS}}{s}$

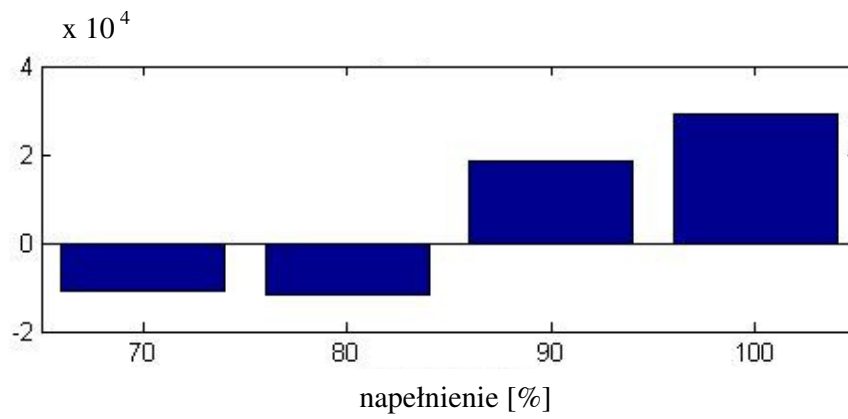




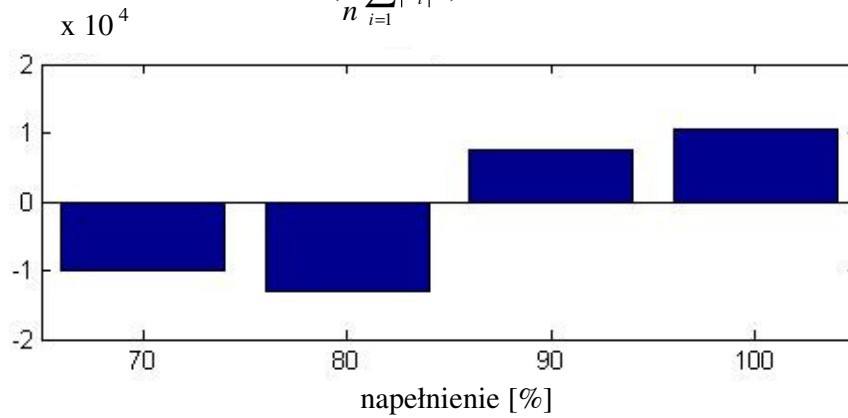
- Współczynnik szczytu  $C = \frac{S_{pp}}{S_{RMS}}$



- Współczynnik impulsowości  $I = \frac{S_{pp}}{s}$



- Współczynnik luzu  $L = \frac{\bar{s}}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |s_i|^2\right)^{\frac{1}{2}}}$



#### 4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych analiz z wykorzystaniem wymienionych miar sygnałów wibroakustycznych, wynikają następujące wnioski:

W zawieszeniu cechy identyfikacyjne zaprogramowanych uszkodzeń mają następujące estymaty: wartość skuteczna  $S_{RMS}$ , wartości szczytowe  $S_{pp}$ , współczynnik szczytu  $C$ . Wartość odchylenia standardowego  $\sigma_x$  dla zawieszenia przedniego w zakresie 80-100% napełnienia ma stałą wartość, natomiast w zawieszeniu tylnym jego wartości maleją wraz ze spadkiem napełnienia amortyzatora. Pozostałe miary nie wykazują cech identyfikacji diagnostycznej, która może zostać wykorzystywana w procesie diagnozowania hydraulicznych amortyzatorów teleskopowych, zabudowanych w samochodach osobowych. Wskazane jest dalsze poszukiwanie estymatorów diagnostycznych.

#### Bibliografia

1. Cempel C.: Diagnostyka wibroakustyczna maszyn. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1989.
2. Gardulski J.: Bezstanowiskowa metoda oceny stanu technicznego zawiesznień samochodów osobowych. Monografia, Radom 2003.
3. Gardulski J., Burdzik R., Konieczny Łukasz.: Neuronowy klasyfikator falkowy uszkodzeń amortyzatorów samochodowych. Przegląd Mechaniczny, nr3/2007.
4. Gardulski J.: Comparison of analyses methods - continuous wavelet transform and Wigner-Ville'a transform in vehicle shock absorber diagnostic. Kones, Powertrain Transp. Vol. 14, no. 4, 2007, s. 75-82
5. Gardulski J.: Evaluation of the usefulness of multidimensional methods of non-stationary signals' analysis in the diagnostics of shock absorbers encased in passenger vehicles. Diagnostyka, nr 2, 2007, s. 5-9.
6. Gardulski J.: Testing methods for vehicle shock absorbers. Kones, Powertrain Transp. Vol. 15, no. 2, 2008, s. 77-88.
7. Gardulski J.: Metody badań amortyzatorów samochodów osobowych. Diagnostyka, nr 51 2009, s. 93-100.
8. Gardulski J.: Measurement head for operational testing of car suspension system with vibroacoustic methods. Kones, Powertrain Transp. Vol. 16, no. 4, 2009, s. 135-140.
9. Reimpell J., Beltzler J.: Podwozia samochodów – podstawy konstrukcji. WKiŁ, Warszawa 2001.
10. Sikorski J.: Amortyzatory pojazdów samochodowych – budowa – badania – naprawa. WKiŁ, Warszawa 1984.

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

*Praca wykonana w ramach BK-293/RT2/2009*