

TARGOSZ Jan<sup>1</sup>  
ADAMCZYK Jan<sup>2</sup>

## BADANIA DOŚWIADCZALNE WIBROIZOLACYJNYCH ELEMENTÓW ELASTOMEROWYCH

*Zapobieganie procesowi rozprzestrzeniania się oddziaływań dynamicznych do środowiska lub drgań materiałowych polega głównie na zastosowaniu elementów elastycznych, (podkładek gumowych, elastomerowych, wibroizolatorów sprężynowych i gumowych), pomiędzy źródłem drgań a otoczeniem. Użycie tych środków zwykle przynosi pozytywne efekty w zakresie tłumienia i izolacji drgań oraz przepływu dźwięków materiałowych pod warunkiem ich prawidłowego doboru. W pracy przedstawiono wyniki badań fizyko-mechanicznych wybranych materiałów, które pojawiły się na rynku, pod kątem zastosowania jako materiały wibroizolacyjne.*

## EXPERIMENTAL STUDIES OF ELASTOMERIC VIBROISOLATIONAL MATERIALS

*Prevention of spreading process of the dynamic impacts to the environment or the material vibrations consists mainly of the use of flexible elements (rubber pads, elastomeric, rubber dampeners and springs), between the source of vibration and the environment. Using these measures usually brings positive effects in terms of vibration damping and also the flow of material sounds, provided their proper selection. The paper presents the results of physical and mechanical properties of selected materials which appeared on the market as vibroisolation materials.*

### 1. WSTĘP

W celu prawidłowego doboru parametrów wibro i dźwiękoizolacyjnych dróg kolejowo - samochodowych, przeprowadzono badania stopnia przydatności jako elementów wibroizolacyjnych, różnego typu materiałów elastomerowych stosowanych obecnie na rynku. Do oceny przyjęto zestaw elastomerów przedstawionych na rys.1.,

---

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków;  
Al. Mickiewicza 30.

Tel: + 48 12 634-35-05, Fax: + 48 12 634-35-05, E-mail:jantargosz@interia.pl

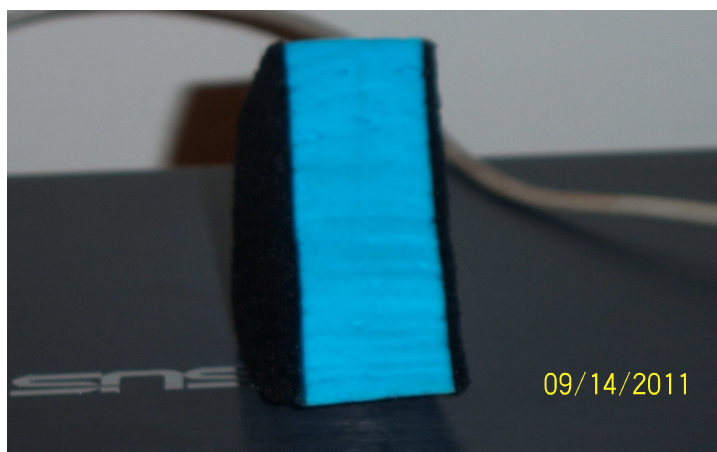
<sup>2</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków;  
Al. Mickiewicza 30.

Tel: + 48 12 617 30 55, Fax: + 48 12 634-35-05, E-mail:adamczyk@agh.edu.pl



*Rys.1. Zestaw elastomerów o różnej twardości*

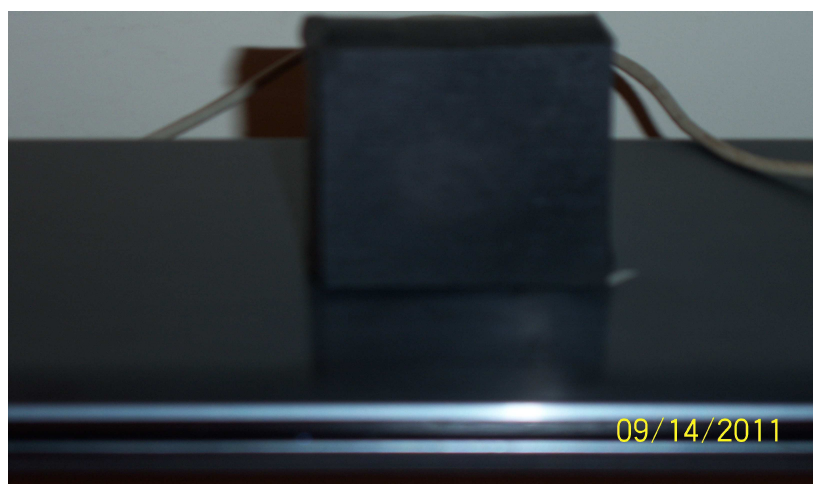
matę elastomerową pokrytą warstwą geowłókniny rys.2., element wibroizolacji podtorza kolejowego, który był w użyciu przez ponad 20 lat rys.3 i 4 oraz elastomer szary rys. 5.



*Rys.2. Elastomer pokryty włókniną*



*Rys.3. Element wibroizolacji podtorza kolejowego z przetłoczeniem*



*Rys.4. Element wibroizolacji podtorza kolejowego bez przetłoczenia*



Rys.5. Elastomer szary

Przeprowadzono badania, które miały na celu określenie własności fizyko – mechanicznych udostępnionych próbek i obejmowały one między innymi wyznaczenie sprężystości statycznych ( $E_{stat}$ ), dynamicznych ( $E_{dyn}$ ), twardości ( $Sh^0$ ), tłumienia.

## 2. BADANIA WŁASNOŚCI FIZYKO - MECHANICZNYCH PRÓBEK ELASTOMEROWYCH

Istnieje wiele materiałów gumowo - elastomerowych i tworzyw sztucznych, których własności wytrzymałościowe spełniają warunki zakładane w trakcie projektu i budowy konstrukcji mechanicznej. Stwierdzenie to jest bardzo istotne, ale niewystarczające do dokonania wyboru i zastosowania elementu gumowo - elastomerowego w celach wibroizolacji. Oprócz dostatecznej wytrzymałości element wibroizolujący musi spełniać wiele innych wymagań ogólnych oraz wymagań dodatkowych dotyczących tworzyw sztucznych stosowanych jako elementy wibroizolacyjne. Jednymi z nich są własności fizyko - mechaniczne elementów gumowo - elastomerowych..

W ramach badań wykonano dla każdej z badanych próbek następujące badania:

- pomiaru twardości Shore a,
- wyznaczenia gęstości,
- wyznaczenia statycznego modułu Younga,
- wyznaczenia dynamicznego modułu Younga,
- wyznaczenia współczynnika sztywności statycznej,
- wyznaczenia współczynnika sztywności dynamicznej,
- wyznaczenia współczynnika tłumienia.

Badania modułu sprężystości podłużnej  $E$ , sztywności oraz miar tłumienia próbek sylomerowych wykonano w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów w Krakowie posiadającym uprawnienia Urzędu Dozoru Technicznego oraz National Institute of Standards and Technology USA w zakresie wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych oraz wdrożony system jakości laboratorium badawczego. Maszyna posiada aktualne i ciągle aktualizowane świadectwo legalizacyjne.

Próbki zostały wycięte z dostarczonych mieszanek, za pomocą lasera wodnego zapewniającego powtarzalność wymiarów, i poddane badaniom wstępnym w temperaturze pokojowej 20°C

Badania wstępne obejmowały:

- pomiary geometryczne próbek,
- badanie gęstości  $\rho$  elastomeru,
- pomiary twardości Shore'a

Zasadnicze badania próbek sylomerowych wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej statyczno-dynamicznej Instron 1273 z napędem hydraulicznym i sterowaniem elektronicznym, rys.5 Maszyna umożliwia wykonywanie zarówno badań w warunkach quasi statycznych obciążeń przy skoku tłoka  $\pm 50$  mm i maksymalnej sile 100 kN, jak i szybkozmiennych obciążeń dynamicznych o częstotliwościach do 100 Hz.



Rys.5. Maszyna wytrzymałościowa statyczno-dynamiczna typu Instron 1273

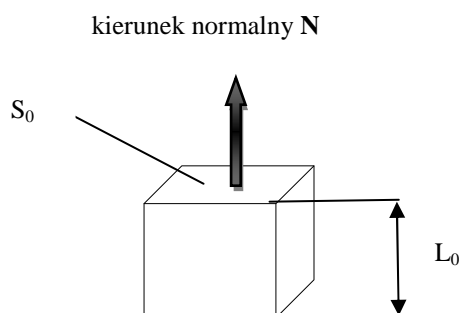
Badania próbek elementów elastomerowych wykonano w zakresie ściskania, w cyklach z obciążeniem i z odciążeniem z wykorzystaniem przegubu kulistego w celu wyeliminowania ewentualnych nierównoległości powierzchni próbek i uzyskania równomiernego pola naprężeń w badanych próbkach, stosując następujące parametry próby:

- zakres pomiarowy siłomierza  $F_{max}$ : 10,0 kN,
- powiększenie skali odkształceń:  $\alpha = 100$  razy,
- wielkość odkształcenia bezwzględnego próbek /=skok tłoka maszyny/: 7 mm,
- prędkość odkształcania próbek:
  - quasistatyczna: 0,1 mm/s;
  - dynamiczna: 1,0 mm/s.

W trakcie prób dokonywano rejestracji przebiegu ustabilizowanej pętli histerezy pracy mechanicznej, z której wyznaczono w sposób zgodny z normami wartości modułu E z fragmentu pętli histerezy odpowiadającego obciążeniu próbki siłą ściskającą oraz

tłumienności gum z obu fragmentów pętli: obciążenia i odciążenia. W niektórych przypadkach zachodziła konieczność graficznego uśrednienia przebiegu zbocza narastającego przy wyznaczaniu modułu  $E$  wobec wystąpienia niewielkich nieliniowości na obu końcach pętli histerezy.

Uzyskane wyniki badań własności mechanicznych elementów gumowych mogą stanowić podstawę do projektowania oraz technologii wytwarzania elementów wibro i dźwiękoizolujących. Do badań użyto próbek elastomerowych, których gabaryty i sposób obciążenia przedstawiono na rys.6.



Rys.6. Orientacja kierunku badań

## 2.1 Zestaw elastomerów

W pierwszej kolejności wyznaczono tzw. gęstość pozorną, dzieląc masę każdej z próbek przez jej objętość. Gęstości badanej próbki zmieniały się w zależności od typu elastomeru i mieściły się w zakresie przedstawionym  $415 - 865 \text{ kg/m}^3$ . Pozostałe wyniki badań własności fizyko – mechanicznych zestawiono w tab.1.

Tab.1. Własności fizyko – mechaniczne elastomerów

Próbka	$S_0$ [m <sup>2</sup> ]	$L_0$ [m]	$Sh_{stat}^0$	$Sh_{dyn}^0$	$E_{stat}$ [MPa]	$E_{dyn}$ [MPa]	$k_{stat}$ [kN/m]	$k_{dyn}$ [kN/m]
1	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	58,2	77	9,09	9,32	2666,36	2733,83
2	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	54,6	72	9,01	9,48	2642,90	2780,76
3	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	54,4	67,5	7,48	7,75	2194,10	2273,30
4	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	50,8	73,3	5,66	5,75	1660,24	1660,24
5	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	42,2	63,5	3,35	3,27	982,65	959,19
6	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	34,8	57,5	2,34	2,46	686,39	721,59
7	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	30,8	50,5	1,87	1,84	548,52	539,72
8	$1,76 \times 10^{-3}$	0,00592	23,2	50,2	1,29	1,26	378,39	369,59

Analizując wyniki pomiarów twardości należy stwierdzić, że twardość wszystkich próbek jest stabilna i mieści się w granicach błędu pomiaru  $\pm 5 \%$ .

Następnie wyznaczono zastępczy współczynnik tłumienia wiskotycznego, przyrównując pracę tłumienia elementu sprężystego (tj. pole pętli histerezy otrzymanej doświadczalnie), do pracy tłumienia teoretycznego liniowego układu mechanicznego. Zależność między pracą tłumienia  $L$  a siłą tłumienia można wyrazić :

$$dL = F_t dx \quad (1)$$

Podstawiając wartość siły tłumienia przy założeniu, że tłumienie ma charakter wiskotyczny otrzymujemy wyrażenie:

$$dL = cA \omega \cos \omega t dx \quad (2)$$

które po scałkowaniu za jeden okres przyjmuje postać:

$$L = cA^2 \omega \int_0^{2\pi} \cos^2 \omega t dt = c A^2 \omega \pi \quad (3)$$

Jeżeli za  $L$  podstawić pracę rzeczywistą tłumienia wyrażoną przez powierzchnię pola histerezy, wówczas wartość zastępczego współczynnika tłumienia wiskotycznego

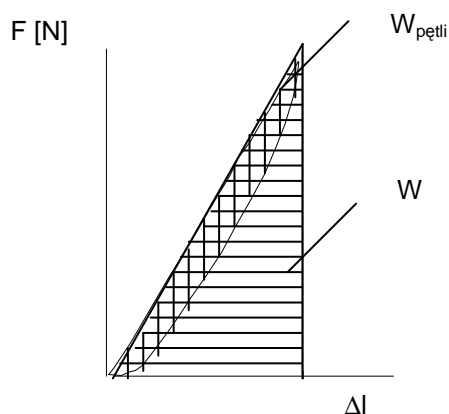
$$c_z = \frac{W_{\text{petli}}}{A^2 \omega \pi \alpha} \quad (4)$$

gdzie:  $A$  - amplituda drgań, [m]  
 $W_{\text{petli}}$  - powierzchnia pętli histerezy, [Nm]  
 $\omega$  - częstość drgań, [s<sup>-1</sup>]  
 $\alpha$  - powiększenie skali odkształceń

Jak widać, współczynnik zastępczy zależy od amplitudy drgań i częstości dla których jest obliczany. Wyznaczając pola powierzchni pętli histerezy określono współczynnik rozproszenia energii, wynikający bezpośrednio z badań doświadczalnych. Jest to iloraz energii rozproszonej podczas jednego okresu drgań  $W_{\text{petli}}$  do maksymalnej energii potencjalnej w tym okresie:

$$\psi = \frac{W_{\text{petli}}}{W} \quad (5)$$

Zależność między siłą a przemieszczeniem tworzy w przypadku ustalonych drgań okresowych pętla histerezy (rys.7.). Pole przedstawia energię rozproszoną  $W_{\text{petli}}$ ,



Rys.4. Pętla histerezy.

natomiast pole pod krzywą określającą odwracalny proces drgań układu (bez rozproszenia energii) przedstawia maksymalną potencjalną energię układu  $W$ . Wyniki obliczeń współczynnika rozproszenia energii przedstawiono w tab.2.

Tab.2. Współczynniki rozproszenia energii

Próbka	Współczynnik rozproszenia energii $\psi$
1	0,154
2	0,24
3	0,211
4	0,15
5	0,216
6	0,211
7	0,126
8	0,23

Postępując identycznie z materiałem elastomerowy pokrytym geowłókniną, o gęstości  $\rho = 174 \text{ kg/m}^3$ , rys.2., wyznaczono własności fizyko mechaniczne tego materiału, które zestawiono w tab.3.

Tab.3. Własności fizyko – mechaniczne elastomerów z geowłókniną

Próbka	$S_0$ [m <sup>2</sup> ]	$L_0$ [m]	$Sh_{\text{stat}}^0$	$Sh_{\text{dyn}}^0$	$E_{\text{stat}}$ [MPa]	$E_{\text{dyn}}$ [Pa]	$k_{\text{stat}}$ [kN/m]	$k_{\text{dyn}}$ [kN/m]	Wsp. rozpr. energii $\psi$
1	$3,34 \times 10^{-3}$	0,0286	-	-	-	$5,8 \cdot 10^4$	-	6,89	0,82



Wartości oznaczone w tab.3. nie udało się wyznaczyć.

Postępując analogicznie z badaniami własności fizyko- mechanicznych elementów wibroizolacji podtorza z przetłoczeniem i bez przetłoczenia uzyskano wyniki, które zamieszczono w tab.4 i 5. Gęstość badanej próbki nie zmieniała się w obu przypadkach i wynosiła  $1300 \text{ kg/m}^3$ .

*Tab.4. Własności fizyko – mechaniczne elementów elastomerowych z przetłoczeniem*

Próbka	$S_0$ [m <sup>2</sup> ]	$L_0$ [m]	$Sh_{stat}^0$	$Sh_{dyn}^0$	$E_{stat}$ [MPa]	$E_{dyn}$ [MPa]	$k_{stat}$ [kN/m]	$k_{dyn}$ [kN/m]	Wsp. rozpr. energii $\psi$
1	$4,167 \cdot 10^{-3}$	0,0412	50,2	73,5	3,41	3,46	410,11	452,20	0,27

*Tab.5. Własności fizyko – mechaniczne elementów elastomerowych bez przetłoczenia*

Próbka	$S_0$ [m <sup>2</sup> ]	$L_0$ [m]	$Sh_{stat}^0$	$Sh_{dyn}^0$	$E_{stat}$ [MPa]	$E_{dyn}$ [MPa]	$k_{stat}$ [kN/m]	$k_{dyn}$ [kN/m]	Wsp. rozpr. energii $\psi$
1	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,0243	50,2	73,5	0,103	0,106	685,01	769,68	0,33

Również dla elastomeru szarego o gęstości  $\rho = 190,4 \text{ kg/m}^3$ , przedstawionego na rys.5, postępując identycznie uzyskano w wyniku badań jego własności fizyko mechaniczne, które zestawiono w tab.6.

*Tab.6. Własności fizyko – mechaniczne szarego*

Próbka	$S_0$ [m <sup>2</sup> ]	$L_0$ [m]	$Sh_{stat}^0$	$Sh_{dyn}^0$	$E_{stat}$ [MPa]	$E_{dyn}$ [MPa]	$k_{stat}$ [kN/m]	$k_{dyn}$ [kN/m]	Wsp. rozpr. energii $\psi$
1	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,0243	50,2	73,5	0,103	0,106	46,83	48,20	0,5026

Materiały, których własności fizyko-mechaniczne przedstawiono w tab. 3 i 6 są szalenie higroskopijne, potrafią wchłonąć nawet do 60% wody. Co na pewno nie wpływa korzystnie na ich własności wibro i dźwiękoizolacyjne.

### 3. WNIOSKI

Zapobieganie procesowi rozprzestrzeniania się oddziaływań dynamicznych do środowiska lub drgań materiałowych polega głównie na zastosowaniu elementów elastycznych, (podkładek gumowych, elastomerowych, wibroizolatorów sprężynowych i gumowych), pomiędzy źródłem drgań a otoczeniem. Użycie tych środków zwykle przynosi pozytywne efekty w zakresie tłumienia i izolacji drgań oraz przepływu dźwięków materiałowych pod warunkiem ich prawidłowego doboru.

Na podstawie przeprowadzonych badań nie wszystkie materiały nadają się na elementy układów wibroizolacji maszyn i dróg transportowych. Bezskrytyczny ich dobór jako elementów wibroizolacyjnych może doprowadzić do wręcz odwrotnego skutku, tzn. wibroizolacja zamiast ograniczyć drgania przenoszone do środowiska – wzmocni je.

**4. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Osiński Z.: Damping of vibration, A.A. Balkema, Rotterdam –Brookfield 1998.
- [2] Adamczyk J., Stanek W., Targosz J.: Badania własności mechanicznych materiału wibroizolacyjnego, Z.N.AGH – Mechanika z.3-4, Kraków 1988.
- [3] Targosz J. Układy wibroizolacji w transporcie szynowym i samochodowym, UWN-D, Kraków, 2007