

Лисиця М.І.<sup>1</sup>, Агальцов Г.М.<sup>2</sup>, Новікова А.В.<sup>3</sup>, Лисиця Н.М.<sup>4</sup>, Калганков Є.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Зав. відділом, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна, [vita.igtm@gmail.com](mailto:vita.igtm@gmail.com)

<sup>2</sup> Молодший науковий співробітник, інженер, відділ механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна, [ag.gena@gmail.com](mailto:ag.gena@gmail.com)

<sup>3</sup> Молодший науковий співробітник, магістр, відділ механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), м. Дніпро, Україна, [alina.goncharenko@gmail.com](mailto:alina.goncharenko@gmail.com)

<sup>4</sup> Асистент, інженер, кафедра комп'ютерних технологій, факультет прикладної математики, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, м. Дніпро, Україна, [lisitsa\\_natalya1971@ukr.net](mailto:lisitsa_natalya1971@ukr.net)

<sup>5</sup> Старший викладач, магістр, кафедра «Надійність та ремонт машин», Дніпровський державний аграрно-економічний університет (ДДАЕУ), м. Дніпро, Україна, [kalhankov.ye.v@dsau.dp.ua](mailto:kalhankov.ye.v@dsau.dp.ua)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОШАРОВИХ СЕЙСМОЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Анотація.** Наведені результати експериментальних досліджень по визначенню жорсткісних характеристик багатошарових гумометалевих сейсμοзахисних елементів в залежності від товщини гумового шару. Випробуванням піддавалися циліндричні гумометалеві елементи діаметром 200 мм та товщиною гумового шару 5 мм, 10 мм та 20 мм. Визначено, що залежність сила-осідання для всіх типів віброізоляторів носить явно нелінійний характер.

**Ключові слова:** гумометалевий елемент, багатошаровий елемент, жорсткість на стиск.

**Вступ.** Системи віброейсмозахисту призначені для зниження реакції будівельних об'єктів їх захисту від землетрусів, динамічних впливів підземного, автомобільного,



залізничного транспорту та ударних хвиль від вибухів. На теперішній час у світі широко використовуються захисні елементи на основі гумових і гумометалевих конструкцій [1]. Розрахунки жорсткісних параметрів таких конструкцій виконуються з урахуванням зміни об'єму гумового шару [2, 3]. Отримані залежності потребують експериментальної перевірки.

Мета роботи – експериментальне визначення жорсткісних характеристик гумометалевих віброізоляторів в залежності від співвідношення діаметра до товщини гумового шару.

Випробуванням піддавалися циліндричні гумометалеві віброізолятори, у яких гумовий масив є циліндром діаметром  $D$  та висотою  $h_p$ , до торців якого по всій поверхні привулканізовані металеві циліндричні пластини. Усього було випробувано три типорозміри віброізоляторів (рис. 1). Усі віброізолятори мали діаметр  $D = 200$  мм і відрізнялися лише товщиною гумового шару  $h_p = 5$  мм, 10 мм, 20 мм. Перед випробуваннями віброізолятори збиралися в стопки. Кількість віброізоляторів при  $h_p = 5$  мм складала 10 шт.; при  $h_p = 10$  мм – 10 шт.; при  $h_p = 20$  мм – 5 шт.



Рисунок 1 – Віброізолятори, що піддавалися лабораторним випробуванням

Всі гумометалеві елементи виготовлялися із середньонаповненої гуми типу 2959. Дослідження проводилися на механічному пресі та гідравлічному типу ПР-250. Перед випробуваннями всі стопки піддавалися тренуванню – триразовому деформуванню з подальшим розвантаженням. Витримка перед зняттям показань сили та осідання була 5 хв на механічному пресі та 3 хв на гідравлічному. Величина навантаження визначалась за допомогою зразкового динамометру, осідання (переміщення) – індикатором годинникового типу. Результати випробувань та розрахунки жорсткісних параметрів зведені у табл. 1, де  $C_c$  – жорсткість на стиск стопки елементів,  $C_1$  – жорсткість одного елемента.

Таблиця 1 – Результати випробувань віброізоляторів

		Товщиною гуми $H_g = 20$ мм, $n = 5$ шт., повна висота шару гуми $H = 100$ мм									
$P$ , кН		0,0	14,0	29,9	57,2	110,0	165,0				
$\Delta$ , мм		0,00	1,23	2,75	4,94	9,30	12,30				
$C_c$ , МН/м			11,382	10,873	11,579	11,828	13,415				
$C_1$ , МН/м			56,91	54,365	57,895	59,14	67,075				
		Товщина гуми $H_g = 10$ мм, $n = 10$ шт., повна висота шару гуми $H = 100$ мм									
$P$ , кН	0,0	32,0	59,6	110,0	174,0	225,0	280,0	417,0	564,0	701,5	
$\Delta$ , мм	0,00	0,63	1,26	2,70	3,87	5,13	6,12	8,10	9,63	10,80	
$C_c$ , МН/м		50,794	47,302	40,741	44,961	43,860	45,752	51,481	58,567	64,954	
$C_1$ , МН/м		507,937	473,016	407,407	449,612	438,596	457,516	514,815	585,670	649,537	
		Товщина гуми $H_g = 5$ мм, $n = 10$ шт., повна висота шару гуми $H = 50$ мм									
$P$ , кН	0,0	42,5	111,0	250,0	398,0	536,0	675,0	805,0	925,0	1082,0	1387,5
$\Delta$ , мм	0,00	0,27	0,47	0,76	1,04	1,40	1,67	1,84	2,12	2,30	2,50
$C_c$ , МН/м		157,4	236,2	328,9	382,7	382,9	404,2	437,5	436,3	470,4	555,0
$C_1$ , МН/м		1574,1	2361,7	3289,5	3826,9	3828,6	4041,9	4375,0	4363,2	4704,3	5550,0

На рис. 2 наведено отримані залежності «сила стиску – осідання», а на рис. 3 залежність жорсткості віброізоляторів від співвідношення радіусу до товщини гумового шару для всіх типів віброізоляторів.

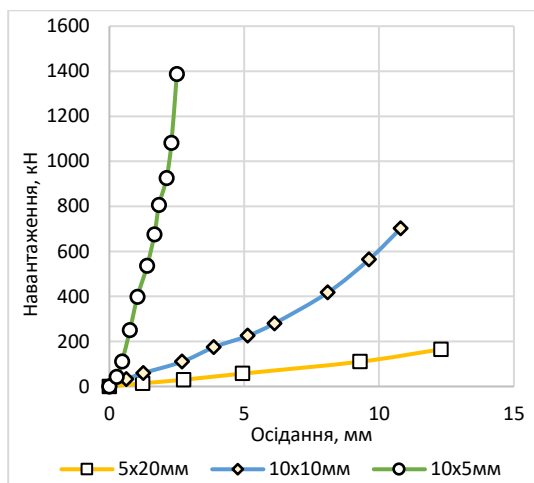


Рисунок 2 – Експериментальні залежності «сила стиску – осідання»

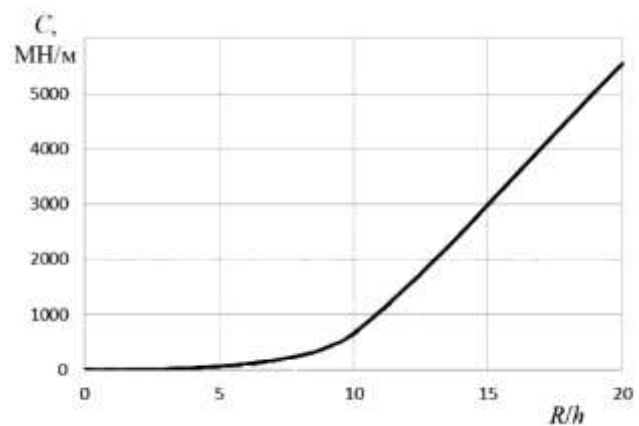


Рисунок 3 – Залежності вертикальної жорсткості від співвідношення розмірів гумового шару віброізолятора

**Висновки.** Визначено, що залежність «сила-осідання» для всіх типів віброізоляторів носить явно нелінійний характер та ступінь нелінійності збільшується із зменшенням товщини гумового шару. Жорсткість на стиск суттєво залежить від співвідношення розмірів гумового шару віброізолятора і при співвідношенні  $R/h > 10$  різко збільшується.



Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні систем вібросейсмозахисту будівель та споруд.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Erikawa, T. (2018). Design procedure and examples of seismic isolation buildings in Japan. In “*International Seminar on Technologies of Earthquake-Resistant Construction*”, Almaty, Kazakhstan, September 17-19, 2018. P. 56-61.
2. Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Lysytsya, M.I. and Grebenyuk S.M. (2018). Numerical simulation of the stress-strain state of thin-layer rubber-metal vibration absorber elements under nonlinear deformation, *Strength of Materials*, 50 (3), pp 387-395. <https://doi.org/10.1007/s11223-018-9982-9>
3. Bulat, A.F., Kobets, A.S., Dyrda, V.I., Lapin, V.A., Grebenyuk, S.M., Lysytsia, M.I., Marienkov, M.H., Ahaltsov, H.M., Kalhankov, Ye.V. (2021) Vibroseismic protection of buildings and structures against natural and technogeneous dynamic impacts. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. Vol. 1, no. 445, 58-65. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.9>

