

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет  
**«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ**  
**ім. М.С. Полякова НАН УКРАЇНИ**



## **Т Е З И**

### **XXII**

**Міжнародної науково-технічної конференції  
«ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

**Конференція присвячена**

**103-й РІЧНИЦІ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ  
АКАДЕМІКА НАН УКРАЇНИ В.М. ПОТУРАЄВА**

**ПАМ'ЯТІ ЙОГО УЧНІВ  
ПРОФЕСОРА ФРАНЧУКА ВСЕВОЛОДА ПЕТРОВИЧА  
ДОЦЕНТА ПЛОХОТНЮКА ЄВГЕНА ІВАНОВИЧА**

**14 лютого  
Дніпро 2025**

УДК 622.232  
ББК 34.42  
П64

*Електронний збірник містить тези доповідей, поданих на XXII щорічну науково-технічну конференцію «ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ». Основна частина матеріалів відображує наукові напрями досліджень викладачів, аспірантів і студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка», а також співробітників Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.*

*До тез увійшла робота школяра Іваненко І.В. (ліцей № 26, м. Нікополь) і ряд робіт студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, що виконані за матеріалами їх кваліфікаційних робіт.*

*Технічна обробка і комп'ютерний набір О.В. Анциферова*

© Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка», 2025

## ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛАСТОМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ЗМІНОЮ ЖОРСТКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ

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

<sup>1</sup>ІГТМ НАН України, <sup>2</sup>ДНУ ім. О. Гончара

Ускладнення машин і посилення вимог до них призвели до необхідності підвищення вимог до їх надійності та довговічності. В даний час в гірничих машинах, що працюють при тривалих циклічних навантаженнях (вібраційні машини – грохоти, живильники, млини; змішувачі, вентилятори, окомкувачі, дробарки та інші) однією з основних ланок, що визначають їх режим роботи, довговічність і надійність, є гумові та гумометалеві деталі [1].

Відповідно до сформульованих у [2-4] критеріїв відмов в якості основного параметра, відповідального за працездатність гумових деталей, може бути використаний коефіцієнт їх жорсткості. Спостережені зміни в часі жорсткісних параметрів гумових деталей, що складають для середньо- і сильнонаповнених гум до 50-60%, вимагають своєчасного прогнозування механічних властивостей елементів, особливо при їх використанні в резонансних машинах.

Критерієм відмови при цьому вважається вихід жорсткісних параметрів за межі допустимих – для заданих умов експлуатації

$$C(t) \leq C_{\max},$$

де  $C(t)$  – значення жорсткості у момент часу  $t$ ;  $C_{\max}$  – критичне значення жорсткості.

На основі аналізу експериментальних даних про зміну жорсткості в часі приймаємо її часову залежність у вигляді

$$C(t) = m + ht, \quad (1)$$

де  $m$  – початковий інтервал значень жорсткості, випадкова величина з нормальним законом розподілу;  $h$  – швидкість зміни жорсткості, випадкова величина з нормальним розподілом.

Показники надійності елементів у випадку (1) визначають наступним чином:

ймовірність безвідмовної роботи на задане напрацювання [2]

$$\begin{aligned} P(t=T) &= P(C \leq C_{\max}) = \frac{1}{\sigma_c \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{C_{\max}} \exp \left[ -\frac{(C - C_{\max})^2}{2\sigma_c^2} \right] dc = \\ &= 0,5 + \Phi \left[ \frac{C_{\max} - \bar{m} - \bar{h}T}{\sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_h^2 \cdot T^2}} \right]; \end{aligned} \quad (2)$$

гамма-відсотковий ресурс [2]

$$t_\gamma = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 + BC_0}}{B}, \quad (3)$$

де  $\bar{m}$ ,  $\sigma_m$ ,  $\bar{h}$ ,  $\sigma_h$  – середні та середньоквадратичні значення випадкових величин  $m$  та  $h$  відповідно;  $\Phi$  – табульована функція інтеграла ймовірності;

$$A = \frac{C_{\max} - \bar{m}}{\bar{h}}; \quad B = \frac{\chi_{\gamma}^2 \sigma_h^2}{\bar{h}^2} - 1; \quad C_0 = \chi_{\gamma} \sigma_m^2 - A^2,$$

$\chi_{\gamma}$  – квантили нормального розподілу, що відповідають ймовірності  $\gamma$ , при  $\gamma = 90\%$   $\chi_{\gamma} = 1,645$ .

Прогнозування показників надійності еластомерних деталей за зміною їх жорсткості розглянемо на прикладі зміни жорсткості елементів типу БГМ102 з гуми 51-1562, встановлених у різних вузлах віброконвеєра КВ2Т. У табл. 1 наведені значення жорсткостей  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  відповідно трьом елементам.

Таблиця 1 – Зміна жорсткості елементів

| $t \cdot 10^{-3}$ , год. | $C_1$ , кН/м | $C_2$ , кН/м | $C_3$ , кН/м |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,0                      | 197          | 250          | 249          |
| 1,5                      | 221          | 277          | 256          |
| 3,0                      | 235          | 286          | 270          |
| 4,5                      | 238          | 297          | 273          |
| 6,0                      | 239          | 300          | 274          |
| 9,0                      | 239          | 300          | 275          |
| 12,0                     | 239          | 300          | 275          |
| 15,0                     | 239          | 300          | 275          |
| 18,0                     | 239          | 300          | 275          |
| 21,0                     | 239          | 300          | 275          |
| 24,0                     | 239          | 300          | 275          |

Граничним значенням жорсткості у відповідності з критерієм руйнування взяте її збільшення на 20-25%:  $C_{\max} = 312,5$  кН/м. Для числових даних табл. 1 отримуємо наступні значення параметрів:  $m = 254,98$ ;  $\sigma_m = 13,44$ ;  $h = 0,00096$  і  $\sigma_h = 0,212 \cdot 10^{-3}$ .

Показники надійності визначаємо за формулами (2), (3), і в цьому випадку вони мають наступні значення: гамма-відсотковий ресурс  $t_{\gamma=90\%} = 43023$  год.; імовірність безвідмовної роботи на напрацювання  $T = 20000$  год. –  $P(t = 20000) = 0,996$ .

Отримані результати по оцінці надійності БГМ свідчать про високий рівень ресурсу, під час якого з великим ступенем імовірності зберігається їх працездатність.

#### Література

1. Еластомери у гірничій справі / А.Ф. Булат, В.І. Дирда, Є.Л. Звягільський [та ін.]. – К.: Наук. думка, 2016. – 384 с.
2. Дирда, В.І. Міцність та руйнування еластомерних конструкцій в екстремальних умовах / В.І. Дирда. – К.: Наук. думка, 1988. – 232 с.
3. Прикладна механіка пружно-спадкових середовищ: у 3-х томах / А.Ф. Булат, В.І. Дирда, Є.Л. Звягільський, А.С. Кобець. – Т. 1. Механіка деформування та руйнування еластомерів. – К.: Наук. думка, 2011. – 463 с.
4. Дирда, В.І. Механіка деформування та руйнування пружно-спадкових середовищ / В.І. Дирда, А.С. Кобець, А.А. Демидов. – Дніпропетровськ, 2009. – 587 с.