

УДК 622.26

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОЛЬЦЕВЫХ КАНАТНЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Мулов Д.В., ассистент,  
Донбасский государственный технический университет

*Проведены статические испытания кольцевых канатных виброизоляторов используемых в конструкциях виброзащитных систем ручных машин ударного действия. Исследовано влияние геометрических параметров виброизоляторов на их упруго-демпфирующие свойства.*

*The article describes the static tests of circular rope vibroinsulators applied in vibroprotecting hand impactor systems. The influence of geometrical parameters of vibroinsulators on their resilient-antivibration properties is investigated.*

### ***Проблема и её связь с научными и практическими задачами.***

Высокий уровень вибрации и шума, сопровождающий эксплуатацию ручного ударного инструмента во всех сферах производства, приводит к снижению производительности труда, ухудшению качества выпускаемой продукции и самочувствия работающих. Особую опасность представляет локальная вибрация, которая действует на руки работающего и оказывает весьма серьезное влияние на здоровье человека.

Исследованиями, проведенными с персоналом, работающим с виброинструментом, установлено, что уже в течение 90 мин при работе с таким инструментом наблюдается выраженное нарушение вибрационной чувствительности, мышечной выносливости, повышается артериальное давление. Поэтому необходимо своевременно принимать меры по снижению вибрации, не допуская появления признаков профессионального заболевания. Установлено, что величина локальной вибрации значительно превышает санитарные нормы практически на всех частотах (кроме 1000 Гц) в 2,7 – 7,5 раз [1].

Вследствие широкого распространения в народном хозяйстве Украины ручных машин ударного действия и невозможности их полной замены в настоящее время более современным инструментом (с более низким уровнем и вибрации) проблема совершенствования средств виброзащиты остается актуальной и на сегодняшний день.

**Анализ исследований и публикаций.**

Методы подавления вибровозбуждения ручных машин продолжают совершенствоваться и находят реализацию в конструкциях создаваемых машин. Однако без применения средств виброизоляции и демпфирования до конца решить проблему виброзащиты пока не удается.

В качестве упругих элементов в виброзащитных системах наиболее широко используются пружины, резина, каучук, виброизоляторы на основе материала МР, а также многослойных элементов с регулярной структурой (пакеты стержней, колец, лент) [2].

Перспективным, с точки зрения высоких упруго-демпфирующих свойств, прочности, малой стоимости и простоты изготовления, являются виброизоляторы, выполненные из металлического каната (троса).

**Постановка задачи.**

В работе [3] были предложены виброзащитные системы ручных ударных машин на основе кольцевых канатных виброизоляторов, благодаря которым достигается снижение уровня вибрации, воспринимаемой руками оператора от действия колеблющегося корпуса, а также увеличивается степень прижатия инструмента к обрабатываемой среде.

Для формирования упруго-демпфирующих элементов используется стандартный многожильный канат, винтовая прядь которого сворачивается в кольцо, с некоторым средним диаметром образуя при этом замкнутое тросовое кольцо, рис. 1, а.

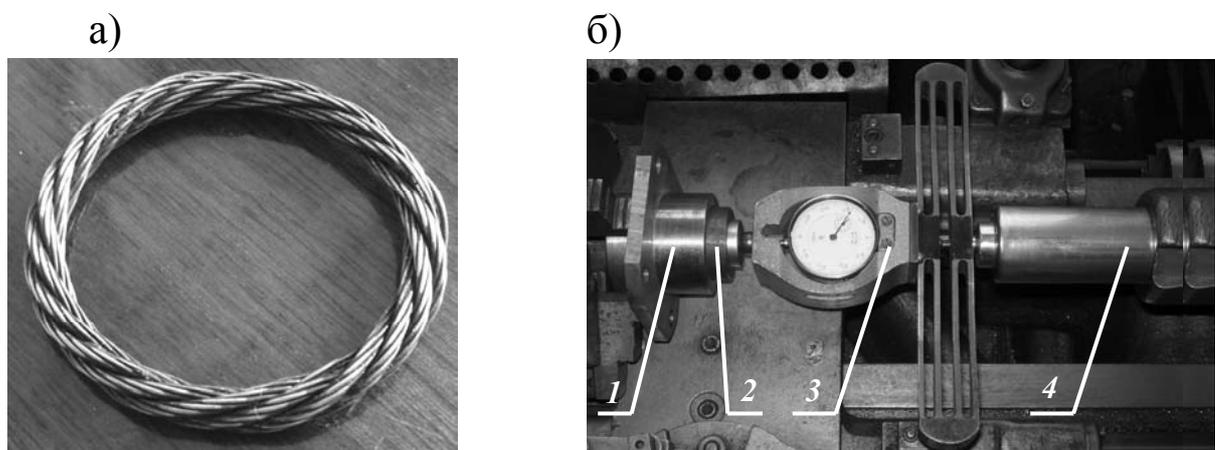


Рисунок 1 – Внешний вид кольцевого канатного виброизолятора (а), установка для проведения статических испытаний (б)

Однако для более широкого анализа защитных свойств и моделирования систем виброзащиты необходимо получить зависимости упруго-демпфирующих свойств кольцевых канатных виброизоляторов от действия продольных нагрузок, а также провести исследования влияния геометрических параметров виброизоляторов на эффективность применения виброзащитной системы.

***Изложение материала и результаты.***

Исследование упруго-демпфирующих свойств кольцевых канатных виброизоляторов проводилось путем снятия статической характеристики  $F = f(x)$  (где  $F, H$  – усилие нагружения,  $x, мм$  – амплитуда деформации виброизолятора) на установке статических испытаний представленной на рис. 1, б. Образец виброизолятора располагался между двух втулок установленных во фланце 1. Одна из втулок 2 связана через динамометр 3 типа ДОСМ 3-02 с винтовой стойкой 4, которая при вращении ходового винта (на рисунке не показан) деформировала испытываемый образец в диапазоне амплитуд  $x = \pm 3 мм$  со снятием соответствующей характеристики усилия  $F = f(x)$  и построением соответствующих полей петель гистерезиса в указанном диапазоне амплитуды с шагом 0,5 мм. Одна из таких диаграмм для виброизолятора с диаметром кольца  $D = 46 мм$  и диаметром каната  $d = 3,5 мм$  представлена на рис. 2. Также были исследованы виброизоляторы со следующими геометрическими параметрами:  $D = 46 мм, d = 5 мм; D = 41 мм, d = 3,5 мм$ .

По полученным гистерезисным диаграммам были определены коэффициенты жесткости виброизоляторов в зависимости от их деформации как:

$$c = \frac{\Delta F}{\Delta x}.$$

Для определения коэффициента поглощения воспользуемся формулой [4]:

$$\psi = \frac{4 \cdot S_n}{S}$$

где  $S_n$  – площадь петли гистерезиса, выражающая необратимо поглощенную энергию за цикл колебаний;

$S$  – полная работа за цикл деформации, равная треугольнику  $ABC$ , рис.2.

Площадь петли гистерезиса вычислим с помощью определенного интеграла:

$$S_n = \int_{x_1}^{x_2} f_1(x) dx - \int_{x_1}^{x_2} f_2(x) dx = \int_{x_1}^{x_2} [f_1(x) - f_2(x)] dx.$$

Для описания верхней и нижней кривых, ограничивающих экспериментально полученные петли гистерезиса, наиболее точной будет аппроксимация многочленом второй степени:

$$f(x) = ax^2 + bx + c.$$

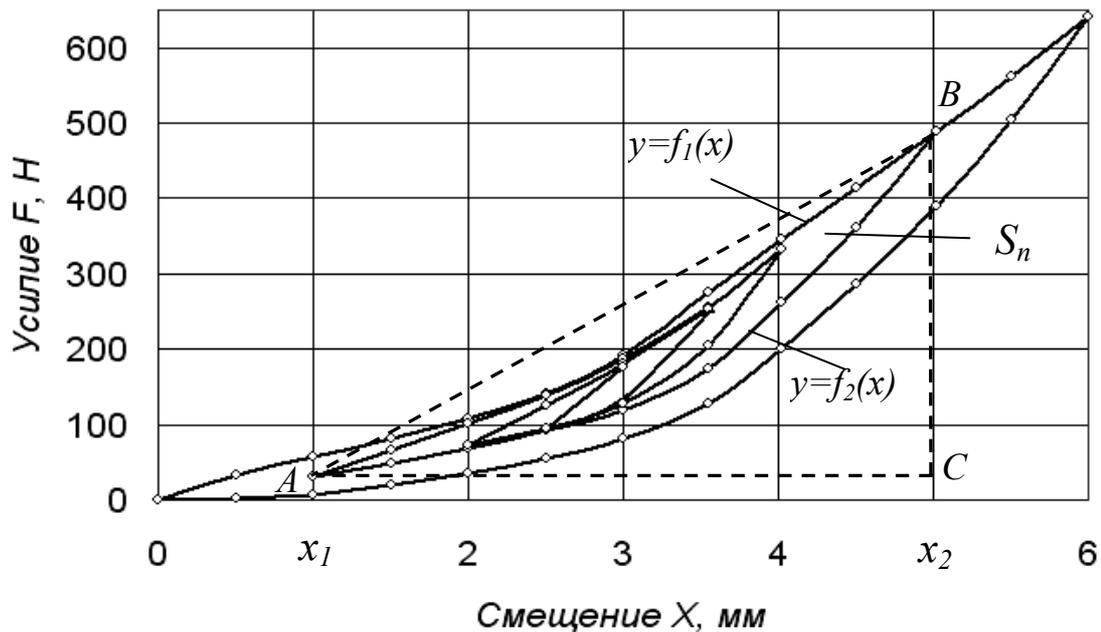


Рисунок 2 – Гистерезисная диаграмма одного из испытываемых образцов ( $D = 46$  мм,  $d = 3,5$  мм)

Подставляя в формулу определения  $S_n$  получим:

$$S_n = \int_{x_1}^{x_2} [a_1x^2 + b_1x + c_1 - a_2x^2 - b_2x - c_2] dx = \frac{1}{3}(a_1 - a_2) \cdot (x_2^3 - x_1^3) + \frac{1}{2}(b_1 - b_2) \cdot (x_2^2 - x_1^2) + (c_1 - c_2) \cdot (x_2 - x_1).$$

Полная работа за цикл деформации:

$$S = \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cdot [y(x_2) - y(x_1)] = \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cdot [a_1(x_2^2 - x_1^2) + b_1(x_2 - x_1)].$$

Учитывая полученные выражения для  $S_n$  и  $S$  коэффициент поглощения определим из формулы:

$$\psi = \frac{4 \cdot \left[ \frac{2}{3} (a_1 - a_2) \cdot (x_2^3 - x_1^3) + (b_1 - b_2) \cdot (x_2^2 - x_1^2) + \right.}{(x_2 - x_1) \cdot \left[ a_1 (x_2^2 - x_1^2) + \right.} \rightarrow$$

$$\left. \left. \rightarrow \frac{+2(c_1 - c_2) \cdot (x_2 - x_1)}{+b_1 (x_2 - x_1)} \right] \right]}{+b_1 (x_2 - x_1)}.$$

Значения коэффициентов  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  и пределов  $x_1$  и  $x_2$  определялись для каждой экспериментальной петли.

В результате были получены зависимости коэффициента жесткости исследуемых образцов виброизоляторов от амплитуды деформации, которые представлены на рис. 3, а также зависимости коэффициента поглощения от амплитуды деформации виброизоляторов, рис. 4.

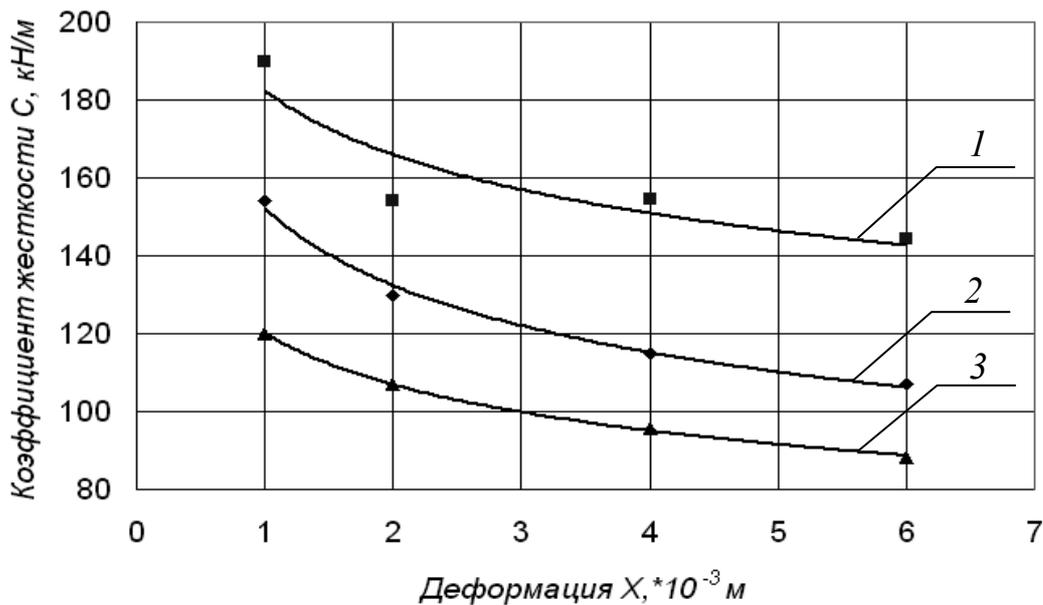


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента жесткости от амплитуды деформации виброизолятора: 1 – для образца с параметрами  $D = 41$  мм,  $d = 3,5$  мм; 2 –  $D = 46$  мм,  $d = 3,5$  мм; 3 –  $D = 46$  мм,  $d = 5$  мм

Как видно из приведенных графиков, коэффициент жесткости снижается с увеличением амплитуды деформации от максимального значения  $c = 190$  кН/м, а также с уменьшением диаметра каната и диаметра кольца виброизолятора. Наименьшего значения  $c = 88$  кН/м коэффициент жесткости достигает при деформации  $x = 6$  мм.

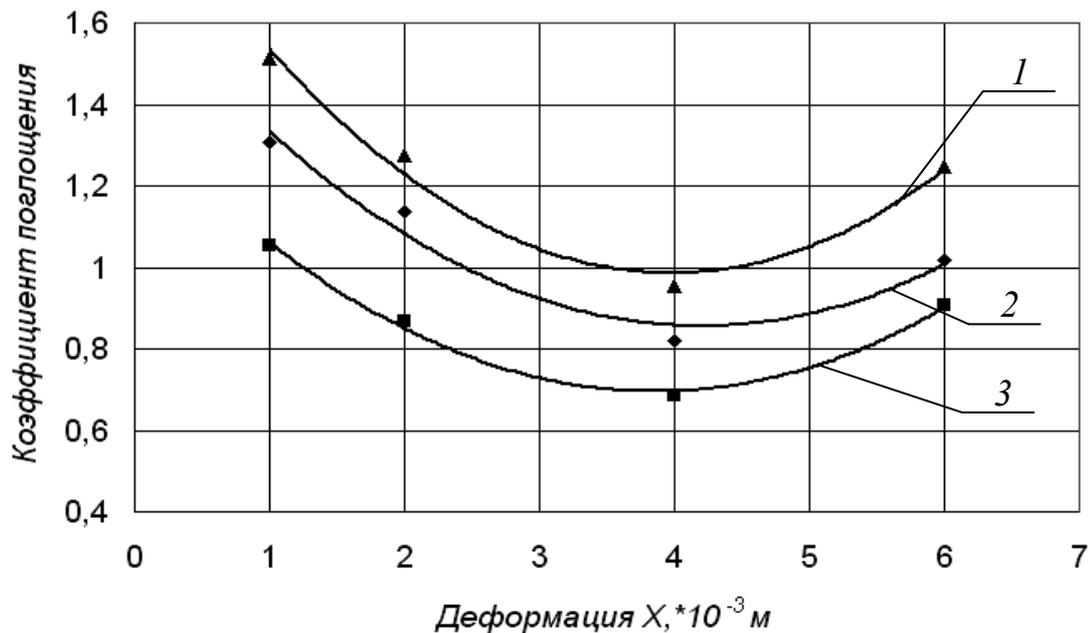


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта поглинання від амплітуди деформації віброізолятора: 1 – для зразка з параметрами  $D = 41$  мм,  $d = 3,5$  мм; 2 –  $D = 46$  мм,  $d = 3,5$  мм; 3 –  $D = 46$  мм,  $d = 5$  мм

Найбільшим коефіцієнтом поглинання ( $\psi = 1,56$ ) володає віброізолятор з параметрами  $D = 41$  мм,  $d = 3,5$  мм, з збільшенням діаметра кільця і діаметра каната в кільці коефіцієнт поглинання знижується до мінімального значення  $\psi = 0,69$

#### **Висновки і напрямки подальших досліджень.**

Таким чином, на основі отриманих результатів, можна зробити висновок, що регулювати еластично-демпфуючі властивості кільцевих канатних віброізоляторів можна змінюючи геометричні параметри віброізолятора.

Залежності, отримані при проведенні статических випробувань, будуть використовуватися для моделювання систем віброзахисту ручних ударних машин, основним елементом яких є кільцевий канатний віброізолятор.

Список джерел.

1. Тимофеева И.Г.. Безопасность труда на виброопасных технологических процессах – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2003. – 95с.
2. Чегодаев Д.Е., Пономарев Ю.К. Демпфирование. Самара: Изд-во СГАУ, 1997. - 334 с.
3. Использование кольцевых канатных виброизоляторов в системах виброзащиты ручных машин ударного действия / О.Ю. Рутковский, Д.В. Мулов // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2008». – Дніпропетровськ, 2008. – С. 212-217.
4. Ильинский В.С. Защита аппаратов от динамических воздействий. М.: Энергия, 1970.- 320 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 28.10.08