

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ НА ИЗНОС РЕЗИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОПОР ВИБРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Изложены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния амплитуды колебаний на износ резиновых элементов предложенных гидравлических опор. Показано, что увеличение амплитуды колебаний приводит к увеличению интенсивности износа и разрушению поверхностей резиновых элементов, зависимость носит нелинейный характер.*

*Ключевые слова: износ, амплитуда колебаний, частота колебаний, СКН 26, СКН 40.*

V.V.STRELBITSKIY

Odessa national polytechnic university, Odessa

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF INFLUENCE OF AMPLITUDE OF VIBRATIONS ON WEAR OF RUBBER ELEMENTS OF HYDRAULIC SUPPORTS OF OSCILLATION EQUIPMENT

*The results of experimental researches are expounded on the study of influence of amplitude of vibrations on the wear of rubber elements of the offered hydraulic supports. It is shown that over the increase of amplitude of vibrations brings to the increase of intensity of wear and destruction of surfaces of rubber elements, dependence carries nonlinear character.*

*Keywords: wear, amplitude of vibrations, frequency of vibrations, SKN 26, SKN 40.*

#### Постановка проблемы в общем виде.

В современном машиностроении на этапах финишной обработки различных деталей судов, самолетов и вертолетов, автомобилей все чаще используют вибрационно-упрочняющую обработку с параметрами (частота, амплитуда колебаний) зависящими от механических свойств обрабатываемых материалов, формы и размеров [1-3].

Одним из способов установления заданных значений параметров колебаний является использование гидравлических опор [4]. Однако в процессе натуральных испытаний наблюдалась их осадка, которая увеличивалась со временем работы, указывающая на износ резиновых элементов, а также выход из строя опор вследствие увеличения амплитуды колебаний. Поэтому возникла необходимость в более детальном исследовании опор, с целью установления влияния амплитуды колебаний на работоспособность виброопор машины.

#### Анализ последних публикаций.

Выбор резиновых элементов предлагаемой поры должен базироваться, очевидно, на анализе их триботехнических характеристик отвечающих условиям работы. В тоже время в справочной литературе [5,6] этот вопрос практически не рассмотрен.

#### Основная часть.

Задачей исследования является установление влияния амплитуды колебаний на износ резиновых элементов опор машины.

Испытания проводились на установке ХТИ-7, общая схема которой представленной на рис.1. Исследуемые поры 1 [4] были закреплены на опорной раме 3. Поскольку рабочими параметрами вибрационных установок являются частота 24 Гц и амплитуда 2,3, 4 и 5 мм, то масса дебалансов, установленных на плите 2, и частота вращения двигателя подбирались исходя из указанных параметров (рис. 1). Для контроля амплитуды колебаний плиты на опорной раме был закреплен измерительный клин.

В качестве образцов были выбраны опоры с резиновыми элементами типа 1 (рис.2).

Поддерживая постоянную частоту 24 Гц и амплитуду 2 мм колебаний плиты, после 50, 100, 150, 200, 250, 300 и 400 часов работы опоры разбирали и измеряли износ опорных поверхностей, с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. Испытания проводили при комнатной температуре.

Далее, резиновые элементы опор заменяли и повторяли испытания при ранее указанной частоте колебаний и амплитуде 3, 4 и 5 мм.

Результаты испытаний представлены в таблице 1 и 2.

Сравнение экспериментально полученных результатов износа резиновых элементов показывает, что при одинаковом уровне действующих на опору вынуждающих сил:

- 1) увеличение амплитуды приводит к увеличению износа опорных поверхностей;
- 2) зависимость износа от времени носит нелинейный характер;
- 3) интенсивность износа резиновых элементов СКН 40 на 35-45% меньше, по сравнению с элементами СКН26;

4) после 250 часов работы при амплитуде 4 и 5 мм у образцов из СКН 26 и СКН 40 наблюдалось интенсивное разрушение краев внутреннего отверстия в виде отрыва элементов (рис. 3).

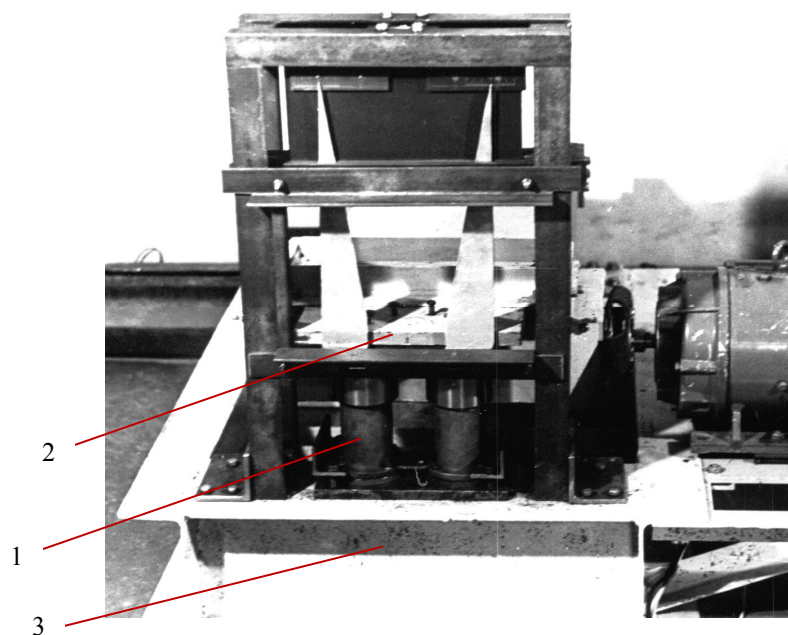


Рис.1. Общая схема экспериментальной установка ХТИ-7  
1 - гидравлическая опора; 2 - плита; 3 – опорная рама

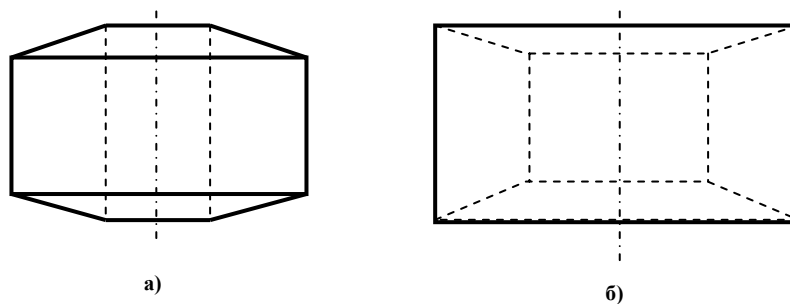


Рис. 2. Резиновые элементы опоры: а- тип 1; б- тип 2.



Рис. 3. Виды разрушений краев внутреннего отверстия резиновых элементов

Таблица 1

**Износ  $h$  опорных поверхностей резинового элемента СКН 26**

№ п/п	Время работы $t$ , ч	Износ $h$ , мм, в зависимости от амплитуды колебаний			
		2 мм	3 мм	4 мм	5 мм
1	50	0,14	0,15	0,17	0,2
2	100	0,21	0,3	0,4	0,5
3	150	0,35	0,42	0,55	0,62
4	200	0,44	0,56	0,68	0,86
5	250	0,56	0,71	0,88	1
6	300	0,7	0,84	0,99	1,2
7	400	0,85	1,00	1,3	1,47

Износ  $h$  опорных поверхностей резинового элемента СКН 40

№ п/п	Время работы $t$ , ч	Износ $h$ , мм, в зависимости от амплитуды колебаний			
		2 мм	3 мм	4 мм	5 мм
1	50	0,12	0,13	0,14	0,16
2	100	0,20	0,22	0,24	0,40
3	150	0,30	0,33	0,35	0,49
4	200	0,41	0,43	0,47	0,6
5	250	0,50	0,6	0,63	0,71
6	300	0,61	0,72	0,80	0,86
7	400	0,74	0,9	1	1,1

Поскольку информация об износах была выявлена путем замеров подконтрольных образцов через определенные промежутки времени, то предпочтение следует отдать корреляционному анализу зависимости между износом и временем в логарифмических координатах [7]. Поэтому, полученную зависимость ищем в виде

$$h = Ct^m, \quad (1)$$

где  $h$  – износ резиновых элементов, мм;  
 $t$  – время работы, ч;  
 $C$  – постоянная для материала резины СКН 26 и СКН 40;  
 $m$  – показатель степени.

Постоянные  $C$  и  $m$  определяем методом наименьших квадратов [7]. Для этого возьмем логарифмы чисел  $h_i$  и  $t_i$  и, таким образом, получим ряд парных значений:

$$\left. \begin{aligned} Y_i &= \lg h_1, \lg h_2, \lg h_3, \dots, \lg h_n \\ X_i &= \lg t_1, \lg t_2, \lg t_3, \dots, \lg t_n \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

После чего, определим средние значения  $X_{cp}$  и  $Y_{cp}$

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (3)$$

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество исследований.  
 вспомогательные величины

$$S_x = \sum_{i=1}^n X_i^2 - nX_{cp}^2, \quad (5)$$

$$S_y = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - nY_{cp}^2, \quad (6)$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n X_i Y_i - nX_{cp} Y_{cp}. \quad (7)$$

Тогда, постоянные  $C$  и  $m$ ,

$$B = \frac{S_{xy}}{S_x r_{xy}}, \quad (8)$$

$$A = Y_{cp} - BX_{cp}, \quad (9)$$

$$C = 10^A, \quad (10)$$

$$m = B^{-1}. \quad (11)$$

По формулам (2)-(11) определяем параметры степенной функции (1) для резин СКН 26 и СКН 40, результаты заносим в табл. 3 и 4.

Результаты расчета  $C, m$  резиновых элементов СКН 26

Показатели расчета	Амплитуда колебаний			
	2 мм	3 мм	4 мм	5 мм
Постоянная $C$	0,0035	0,00402	0,0044	0,0055
Постоянная $m$	1,092	1,074	1,044	1,057

Таблиця 4

Результаты расчета  $C, m$  резиновых элементов СКН 40

Показатели расчета	Амплитуда колебаний			
	2 мм	3 мм	4 мм	5 мм
Постоянная $C$	0,0033	0,0027	0,0028	0,0035
Постоянная $m$	1,099	1,034	1,022	1,125

**Выводы:**

На основании результатов экспериментальных исследований износостойкости гидравлических опор виброоборудования установлено, что при одинаковом уровне действующих вынуждающих сил:

1) элементы изготовленные из резина СКН 40 обладают, на 35-45 %, большей износостойкостью, по сравнению с СКН 26;

2) увеличение амплитуды колебаний приводит к увеличению износа и разрушению краев внутреннего отверстия в виде отрыва резиновых элементов, а также утечки масла через зазор между металлическими и резиновыми элементами;

3) зависимость износа от амплитуды колебаний резиновых элементов носит нелинейный характер.

Полученные аналитические зависимости могут быть использованы при прогнозировании работоспособности гидравлических опор содержащих резиновые элементы.

В дальнейшем необходимо исследовать совместное влияние амплитуды и частоты колебаний, а также марки масла на износ элементов опоры.

**Литература**

1. Стрельбицкий В.В. Исследование влияния геометрических параметров среды на шероховатость поверхности при виброобработке // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: матеріали XV міжнародної науково-технічної конференції, Одеса (Затока), 10-14 вересня 2015 р. – Одеса, 2015. - С. 35.

2. Стрельбицкий В.В. Экспериментальное исследование износа резиновых элементов гидравлических опор вибрационного оборудования / Стрельбицкий В.В., Бабак О.П. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. - №4. – С. 50-53.

3. Стрельбицкий В. В. Влияние частоты колебаний вибрационного оборудования на износ резиновых элементов гидравлических опор / Стрельбицкий В.В.// Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2011. - № 2. – С. 45-48.

4. Патент України № 60534 МКІ F16F19/08. Гідравлічний пружний елемент / Стрельбицкий В.В., Кіницький Я.Т., Нестер А.А. Заявл. 21.11.2002. Опублік. 15.10.2003. Бюл. №10.

5. Истирание резин. [Бродский Г.И., Евстратов В.Ф., Сахновский Н.Л., Слюдиков Л.Д.]. – М.: Химия, 1975. – 240 с.

6. Крыжановский В.К. Технические свойства полимеров / Крыжановский В.К., Буров В.В., Панаматченко А.Д. – СПб.: Профессия, 2005. – 248 с.

7. Ефремов Л.В. Практик инженерного анализа надежности судовой техники / Ефремов Л.В. – Л.: Судостроение, 1980. – 176 с.

**References**

1. Strel'bickij V.V. Issledovanie vlijaniya geometricheskikh parametrov sredy na sherohovatost' poverhnosti pri vibroobrabotke // Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah: materialy XV mizhnarodnoji naukovo-tehnicnoji konferenciji, Odesa (Zatoka), 10-14 veresnja 2015 r. – Odesa, 2015. - S. 35.

2. Strel'bickij V.V. Jeksperimental'noe issledovanie iznosa rezinovyh jelementov gidravlicheskih opor vibracionnogo oborudovanija / Strel'bickij V.V., Babak O.P. // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. Tehnicni nauki. – 2010. - №4. – S. 50-53.

3. Strel'bickij V. V. Vlijanie chastoty kolebanij vibracionnogo oborudovanija na iznos rezinovyh jelementov gidravlicheskih opor / Strel'bickij V.V.// Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. Tehnicni nauki. - 2011. - № 2. – S. 45-48.

4. Patent Ukraїni № 60534 MKI F16F19/08. Gidravlichnij pruzhnij element / Strel'bic'kij V.V., Kinic'kij Ja.T., Nester A.A. Zjavl. 21.11.2002. Opublik. 15.10.2003. Bjul. №10.

5. Istiranje rezin. [Brodskij G.I., Evstratov V.F., Sahnovskij N.L., Sljudikov L.D.]. – M.: Himija, 1975. – 240 s.

6. Kryzhanovskij V.K. Tehnicheskie svojstva polimerov / Kryzhanovskij V.K., Burov V.V., Panimatczenko A.D. – SPb.: Professija, 2005. – 248 s.

7. Efrefov L.V. Praktik inzhenernogo analiza nadezhnosti sudovoj tehniki / Efrefov L.V. – L.: Sudostroenie, 1980. – 176 s.