

УДК 620.318.6

*В. Н. Бузицкий, Г. В. Лазуткин,
А. Г. Пригулия, Е. И. Саланов*

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ АМОРТИЗАТОРОВ
ИЗ МАТЕРИАЛА МР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Упругие и гистерезисные характеристики амортизаторов, изготовленных из материала МР, достаточно точно описываются полиномиальной математической моделью третьего порядка [1]:

$$P = \sum_{\lambda_1, \lambda_2=0}^3 \sum_{\lambda_3=0}^3 \sum_{\lambda_4=0}^1 P_{\lambda_1 \dots \lambda_4} x^{\lambda_1} \sqrt{(A^2 - x^2)^{\lambda_2}} (A - 2,6)^{\lambda_3} q^{\lambda_4}. \quad (1)$$

где P — сила, вызывающая деформацию x , кг;

A — амплитуда циклической деформации, мм;

q — предварительное поджатие амортизатора, мм, вызванное постоянной силой G , кг,

$$P_{\lambda_1 \dots \lambda_4} = \frac{P_{\lambda_1 \dots \lambda_4}}{A^{\lambda_1 + \lambda_2}}.$$

Такого вида модель может быть использована для исследования приближенными аналитическими методами синусо-подобных вынужденных установившихся колебаний амортизированных систем (АС) [2].

Однако прямое использование амплитудо-зависимых моделей для исследования законов деформирования амортизаторов при свободных колебаниях АС приводит к разрывам первого рода функций типа (1) в точках с абсциссами x_1

($l = 0, 1, \dots, m$), для которых $x = 0$, чего не наблюдается в реальных системах [3]. Объясняется это тем, что при решении не производится сшивка функций, описывающих процессы деформирования, по переменной A . Следовательно, в нашем (более общем) случае требуется производить сшивку функций как по переменной A , так и по q .

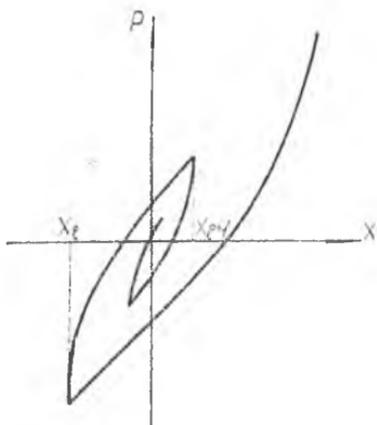


Рис. 1. Характер деформирования амортизатора

С учетом реализуемой схемы деформирования амортизатора (рис. 1) при свободных колебаниях ($|x_l| > |x_{l+2}|$) необходимо вычислять переменные A и q . Вычисления производятся, как в работе [2]:

$$A = \left| \frac{x_l - x_{l+1}}{2} \right|;$$

$$q = \frac{x_l + x_{l+1}}{2}.$$

Далее, воспользовавшись принципом Мазинга [4], с помощью модели (1) можно описать любой процесс деформирования амортизатора.

В качестве примера рассмотрим закон деформирования амортизаторов типов ДК-48-5/15 и ДКУ-48-5/15 при свободных колебаниях АС.

Дифференциальное уравнение движения АС имеет вид

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + P = 0, \quad (2)$$

где $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=0} = 0$; $(x)_{t=0} = A_j$; $q = q_k$;

M — масса АС ($M = 5$ кг).

Коэффициенты полиномиальной модели деформирования (1) $\bar{P}_{\lambda_1, \dots, \lambda_n} \left[\frac{\kappa \Gamma}{M M^{\lambda_n + \lambda_1}} \right]$ приведены в табл. 1 (для ДК-48-5/15) и в табл. 2 (для ДКУ-48-5/15). Решения уравнения (2) получены численным методом и представлены на рис. 2, 3.

Проводились также исследования зависимостей периодов свободных колебаний T и демфирующих способностей амортизаторов δ при различных амплитудах A_j и предварительных поджатиях q_k . Полученные зависимости представлены

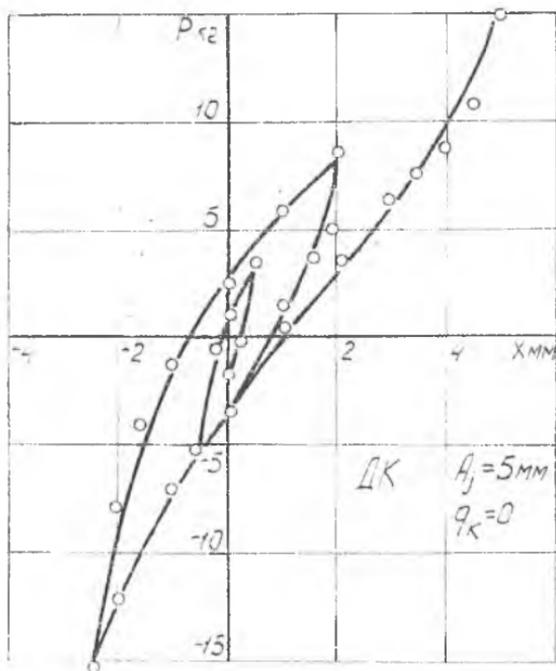


Рис. 2. Схема деформирования амортизатора типа ДК при свободных колебаниях

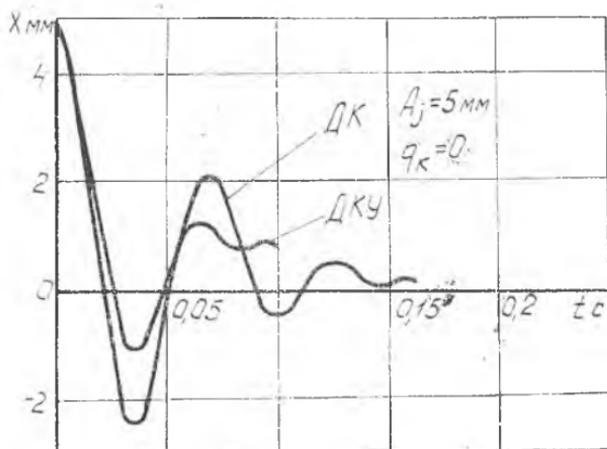


Рис. 3. Законы движения амортизируемой массы при свободном колебании

на рис. 4, где $\delta = \ln \frac{x_l}{x_{l+1}}$, а x_l — наибольшая скорость l -го размаха колебаний.

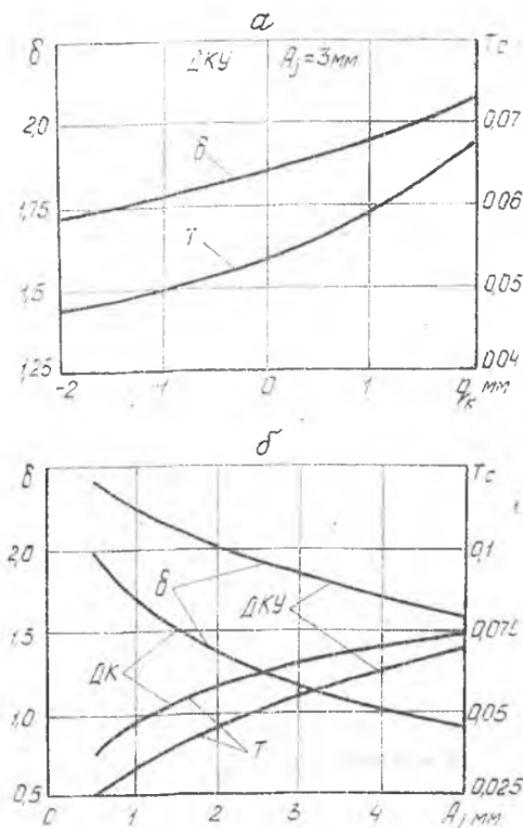


Рис. 4. Зависимость демпфирующей способности амортизатора и периода колебаний от начальной амплитуды (а) и предварительного натяга (б)

Анализ полученных зависимостей показывает, что с уменьшением амплитуды A_j период свободных колебаний падает, а демпфирующая способность амортизаторов увеличивается. При действии постоянно приложенной сжимающей силы S период свободных колебаний и демпфирующая способность увеличиваются, а при действии растягивающей силы уменьшаются. Амортизаторы типа ДКУ имеют большую демпфирующую способность, чем ДК.

Таблиця 1

$\lambda_1 \lambda_4$	$\lambda_1 \lambda_2$							
	P_{00}	P_{10}	P_{20}	P_{30}	P_{01}	P_{11}	P_{21}	P_{03}
00	0,009	9,969	-2,686	3,183	7,103	-0,241	-3,159	-3,685
01	0,034	-1,722	0,530	0,002	-0,352	0,089	0,175	0,177
10	0,087	3,109	-1,792	0,950	0,633	-0,187	-0,100	-0,390
11	-0,008	-0,531	0,353	-0,126	-0,048	0,046	0,004	0,033
20	0,025	-0,057	-0,284	0,110	-0,214	-0,017	0,145	0,094
21	-0,012	0,044	0,053	-0,042	0,003	0,009	-0,006	-0,000
30	-0,004	0,019	0,004	0,037	0,096	0,003	-0,045	-0,049
31	-0,001	-0,001	-0,002	0,008	-0,011	0,003	0,007	0,005

Таблиця 2

$\lambda_1 \lambda_4$	$\lambda_1 \lambda_2$							
	P_{00}	P_{10}	P_{20}	P_{30}	P_{01}	P_{11}	P_{21}	P_{03}
00	0,011	8,754	-2,851	5,068	11,352	-0,568	-4,643	-6,049
01	0,019	-1,380	0,865	-0,760	-1,013	0,251	0,326	0,552
10	0,066	2,461	-1,865	1,188	0,939	-0,379	-0,022	-0,597
11	0,003	-0,444	0,453	-0,336	-0,137	0,130	-0,028	0,113
20	0,036	-0,067	-0,366	0,173	-0,289	-0,051	0,171	0,146
21	-0,005	-0,002	0,058	-0,041	0,012	0,011	-0,020	-0,001
30	-0,005	0,004	-0,032	0,085	0,140	-0,004	-0,061	-0,077
31	-0,004	0,003	0,010	-0,003	-0,010	0,001	0,001	0,004

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузицкий В. Н. и др. Математическая модель циклического деформирования амортизаторов из материала МР. В сб.: «Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов», вып. 4. КуАИ, 1977.
2. Бузицкий В. Н., Лазуткин Г. В. Исследование характеристик амортизаторов из материала МР. В сб.: «Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов», вып. 3. КуАИ, 1976.
3. Бусаров Ю. П. Об одном из способов аналитического описания механического гистерезиса. «Проблемы прочности», 1975, № 11.
4. Masing G. Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens — Konzern, III Band, Erstes Heft, 1923.

УДК 620.178.311

Л. Г. Шайморданов

РАСЧЕТ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК МР ПРИ ОДНООСНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Характеристики МР являются суммарным проявлением характеристик составляющих его элементов (витков спиралей). Поэтому в расчетной модели МР должны быть отражены как свойства самих элементов, так и условия их взаимодействия, а именно:

распределение витков спиралей в объеме материала, схема нагружения витков;

угловая ориентация витков относительно направления действующей силы.

При нахождении распределения витков в МР условно принимается, что в заготовке витки равномерно расположены по всему объему.

Объем, занимаемый каждым витком, имеет форму куба и численно равен частному от деления объема заготовки на количество витков n в ней. При этом заготовка представляется состоящей из $n_{\text{вз}}$ последовательно соединенных слоев, нормальных к направлению y приложения внешних сил. Каждый слой включает в себя число витков $n_{\text{вз}}$, которое находится путем деления площади основания заготовки на площадь грани куба, представляющего объем витка.