

Если любому значению $\xi_m \leq \xi_c \leq \xi_{m+z}$ уравнения $f_1(Y_k^{(q)} - \frac{Y_k^{(q)}}{\xi_c}) = 0$

или $\eta_m \leq \eta_c \leq \eta_{m+z}$ уравнения $f_2(P_k^{(q)} - \frac{P_k^{(q)}}{\eta_c}) = 0$, соответствует

единственный, не равный нулю, корень, то величины $\xi_c = \frac{Y_c}{a_{oc}}$, $\eta_c = \frac{P_c}{t_{oc}}$ однозначно определяют координаты вершины петель, а

по найденному корню находятся коэффициенты преобразования.

В ряде случаев при решении конкретных задач не требуется нахождения обобщенного поля петель, а лишь отдельных его параметров. При этом задача значительно упрощается, а подобие этих характеристик рассматривается как необходимое условие для подобия всего поля петель гистерезиса.

А. А. Тройников

К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА МР ПРИ СЖАТИИ

Разрушение материала МР при сжатии сопровождается выпучиванием отдельных элементов или групп, появлением бочкообразности, приводящей иногда к потере устойчивости испытуемого образца.

Такой вид разрушения характерен для пластичных материалов, поэтому выбор условий для нахождения критической силы нагружения представляет определенные трудности. Одним из возможных вариантов нахождения этой силы могут служить условия, при которых наблюдается наибольшая упругая деформация при нагружении испытуемого образца. Такой подход удобен в тех случаях, когда материал МР применяется в качестве упруго-демпфирующих элементов для амортизаторов и демпферов.

Выбрав параметры, определяющие прочностные свойства материала, можно записать уравнение для критической силы нагружения

$$P_{кр.} = \varphi_1(\rho_c, \rho_3, d, t, \delta, E_{II}, \sigma_{TH}, S), \quad (1)$$

где ρ_c — плотность материала (0,7 ÷ 2,8) г/см³,

ρ_3 — плотность заготовки (0,3 ÷ 0,8) г/см³,

d — внешний диаметр спирали (58 ÷ 158),

δ — диаметр проволоки (0,09 ÷ 0,5) мм,

t — шаг вытяжки спирали (0,75d ÷ 1,25d),

E_{II} — модуль упругости проволоки (1,5 ÷ 1,8) · 10⁵ кг/м сек²,

σ_{TH} — предел текучести проволоки (500 ÷ 1500) кг/м сек²,

S — площадь поперечного сечения образца (2 ÷ 80) см².

Уравнение (1) содержит девять переменных, оно однородно относительно размерностей, поэтому, применив первую часть π -теоремы, его можно выразить через безразмерные комплексы входящих в него величин. Если выбрать за основные единицы массу, время и длину, то на основании второй части π -теоремы получается шесть безразмерных соотношений. Выразим начальную плотность витка ρ_b через параметры δ , t , d_{cp} .

$$\rho_b = \frac{4\pi\rho_u}{\frac{t}{d_{cp}} \left[4 - \left(\frac{t}{d_{cp}} \right)^2 \right]} \left(\frac{\delta}{d_{cp}} \right)^2,$$

где ρ_u — плотность материала проволоки,

d_{cp} — средний диаметр спирали.

Тогда уравнение (1) примет вид

$$P_{кр.} = \varphi_2(\rho_c, \rho_3, \rho_b, E_{II}, \sigma_{тн}, S).$$

В результате такой замены число безразмерных комплексов сокращается до четырех. Их можно представить в виде степенных функций, применив метод Релся для решения размерных систем

$$\frac{P_{кр.}}{SE_{II}} = \varphi_3 \left[\left(\frac{\rho_c}{\rho_3} \right)^a, \left(\frac{\rho_b}{\rho_3} \right)^b, \left(\frac{\sigma_{тн}}{E_{II}} \right)^c \right].$$

Комплекс $\Pi = \frac{P_{кр.}}{SE_{II}}$ представляет собой аналог предела прочности, отнесенный к модулю упругости материала проволоки, комплекс $\Pi_1 = \frac{\rho_c}{\rho_3}$ характеризует уплотнение материала во время пресования (осевое уплотнение), комплекс $\Pi_2 = \frac{\rho_b}{\rho_3}$ — уплотнение витка при формировании заготовки (радиальное уплотнение), комплекс $\Pi_3 = \frac{\sigma_{тн}}{E_{II}}$ — упругие свойства исходного материала проволоки.

Величину, характеризующую прочность материала, будем искать в виде произведения безразмерных комплексов на согласующие постоянные

$$\Pi_1 = \kappa_1 \cdot f_1(\Pi_1) \cdot \kappa_2 \cdot f_2(\Pi_2) \cdot \kappa_3 \cdot f_3(\Pi_3), \quad (2)$$

где $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ — согласующие постоянные.

Для нахождения зависимостей $f_i(\Pi_i)$ ($i=1, 2, 3$) испытывались образцы в виде куба, цилиндра, втулки. Значение критической силы замерялось в тот момент нагружения, когда упругая составляющая полной деформации образца достигала своего наибольшего значения. По экспериментальным зависимостям

$$\left. \begin{aligned} f_1(\Pi_1) &= 1,13 \cdot 10^{-2} \Pi_1 \\ f_2(\Pi_2) &= 4,45 \cdot 10^{-6} \Pi_2^2 \\ f_3(\Pi_3) &= 6,25 \cdot 10^{-7} (11,3 - \Pi_3)^2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

находится общая согласующая постоянная

$$K = \frac{\Pi}{f_1(\Pi_1) \cdot f_2(\Pi_2) \cdot f_3(\Pi_3)}, \quad (4)$$

где $K = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3$.

В рассматриваемом случае в качестве фиксированных значений комплексов принимались $\Pi_1 = 0,0063$; $\Pi_2 = 4,0$, $\Pi_3 = 0,654$. Тогда численное значение согласующей постоянной составит $K = 2 \cdot 10^8$. Подставляя выражения (3), (4) в (2), запишем окончательный результат:

$$\sigma_b = 0,65 \cdot 10^{-5} \sigma_{\text{тн}} \left(\frac{\rho_c}{\rho_3} \right)^2 \left(11,2 - \frac{\rho_b}{\rho_3} \right)^2.$$

Прочность материала МР зависит от предела текучести материала проволоки, а также от величины осевого и радиального уплотнения. Погрешность окончательного результата определяется только точностью экспериментальных данных. В рассматриваемом случае разброс не превышает 10%.

Э. Н. Кузьмин, Г. Я. Егоров

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТУЛОЧНЫХ АМОРТИЗАТОРОВ ИЗ МАТЕРИАЛА МР

Отличие статических и динамических характеристик жесткости и демпфирования проявляется у всех амортизаторов (А) на основе упруго-демпфирующих материалов (резины, поролон, проволоки и др.). Имеющиеся теории этого отличия не объясняют, поэтому динамические характеристики А обычно определяют экспериментально. В частности, в работе [1] приведены экспериментальные данные по динамическим характеристикам жесткости нескольких типов резино-металлических А. В работе [2] исследованы динамические характеристики резиновых и войлочных прокладок, а также нескольких типов зарубежных А «Вибранок» с упругим элементом из тканого волоочного материала, близкого по структуре и характеристикам к материалу МР.

Основная цель настоящей работы — получение достаточно простых эмпирических формул, отражающих связь между динамическими и статическими характеристиками втулочных А* из материала МР, что дало бы возможность использовать зависимости, определяющие статические характеристики [4], для расчета основных динамических параметров А — резонансной частоты f_p и максимального коэффициента передачи η_p . Для

* Под втулочным А понимается образованный из втулочных элементов (ВЭ) двусторонний упруго-гистерезисный упор (см. [3]).