

Объектом проведенного исследования являются упруго – демпфирующие опоры круглого сечения из материала МР. Созданы несколько образцов из этого материала, размеры которых укладываются в соответствующие габариты нормализованных опор. Толщины образцов взяты в пределах от 1 до 10 мм. Все образцы подвергаются одностороннему пульсирующему (многократному) сжатию на экспериментальной установке, с целью выявления петель гистерезиса, содержащих наиболее полную информацию об упругих и диссипативных свойствах материала МР.

На основе полученных экспериментальных данных получены зависимости, позволяющие качественно и количественно описать специфические механические свойства

МР, выражающиеся в обобщенных параметрах.

Эти зависимости позволяют произвести динамический анализ трубопровода с опорами из МР (трубопроводной системы) в пакете ANSYS. Предварительно проведены модальный анализ и гармонический анализ исследуемого трубопровода.

Результаты такого расчета необходимо сравнить с результатами испытаний реальной трубопроводной конструкции с УДО из МР. Испытания планируется провести на вибростенде, оснащенный специальной измерительной аппаратурой. Проведенная работа позволит создать методику рационального выбора месторасположения и характеристик опор трубопроводов.

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАССЕЙВАНИЯ ЭНЕРГИИ ТОНКИХ ПЛАСТИН ИЗ МАТЕРИАЛА МР

Уланов А.М., Швецов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

RESEARCH ON STIFFNESS AND DAMPING COEFFICIENT OF THIN PLATES MADE OF MR MATERIAL.

Ulanov A.M., Shvetsov A.V. Thin plates made of wire damping material MR are used widely for pipeline vibration protection. Dependencies of stiffness and damping coefficient of these plates on deformation amplitude, preliminary static deformation, density, wire diameter, plate thickness are obtained

Для защиты трубопроводов от колебаний широко используются упругодемпфирующие опоры из материала МР (рис. 1). Материал МР изготавливается при помощи холодного прессования хаотически уложенной проволочной спирали из нержавеющей стали, и применяется в опорах трубопроводов в виде тонких пластин и втулок.

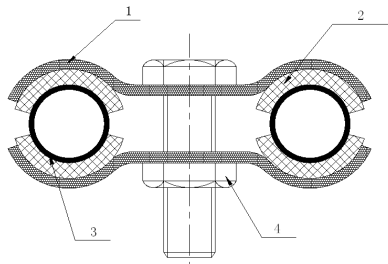


Рис. 1. Опора трубопровода из материала МР
1 – поддерживающий элемент; 2 – пластина из МР;
3 – трубопровод; 4 – болт крепления

Материал МР обладает большим рассеиванием энергии, стойкостью к воздействию высоких температур, топлива, масла. Характеристиками материала (жесткостью C и коэффициентом рассеивания энергии ψ) можно управлять в широких пределах, изменяя относительную плотность материала $\bar{\rho}$ ($\bar{\rho} = \rho_{MR} / \rho_S$, где ρ_{MR} – плотность проволочного материала, ρ_S – плотность стали), диаметр проволоки d_w , предварительную статическую деформацию Q .

Для расчета колебаний трубопроводов любой формы методом конечных элементов можно рассматривать материал МР как нелинейную квазисплошную среду, характе-

ристики которой зависят от амплитуды деформации A . Применимость такого подхода к расчету материала МР показана в [1, 2], однако данные этих работ охватывают диапазон $H/d_w > 100$ (где H – толщина изделия из МР). Для опор трубопроводов характерно применение пластин с $H/d_w \in [10; 40]$. В этом диапазоне следует ожидать зависимости характеристик материала МР также и от H .

Для определения этих зависимостей был проведен эксперимент с образцами из материала МР в виде круглых пластин с радиусом $r_0 = 20,5$ мм. Чтобы исключить влияние геометрических размеров образца, применялись безразмерные параметры: относительная амплитуда деформации

$$\varepsilon_A = A/H,$$

относительная предварительная статическая деформация

$$\varepsilon_Q = Q/H,$$

относительная жесткость

$$\bar{C} = CH/(\pi r_0^2).$$

На установке фирмы «Galdabini» определялись петли гистерезиса пластин, по которым далее рассчитывались C и ψ по методике [3]. Диапазоны значений параметров охватывали применяемые в опорах трубопроводов и составляли

$$\begin{aligned} \varepsilon_A &\in [0,043; 0,183]; \varepsilon_Q \in [0,087; 0,262]; \\ \bar{r} &\in [0,143; 0,26]; H \in [1,15 \text{ мм}; 4,35 \text{ мм}]; \\ d_w &\in [0,09 \text{ мм}; 0,12 \text{ мм}]. \end{aligned}$$

Перед экспериментом пластины выпрямлялись небольшой (10...15 Н) силой так, чтобы расстояние между опорными поверхностями установки равнялось толщине пластины в свободном состоянии.

Зависимость \bar{C} от ε_A имеет вид

$$\bar{C} = 1,28(1 + 942\varepsilon_A^4) \text{ (МПа)},$$

зависимость ψ от ε_A несколько различна при различной толщине пластины и имеет вид

$$\psi = 1,38(1,38 - 7,9\varepsilon_A)(1 - 0,347H^{0,13})$$

(здесь и далее H и d_w измеряются в миллиметрах). Поправочные коэффициенты (множители), описывающие влияние других параметров (соответственно, ε_Q , d_w , H и \bar{r}), имеют вид:

$$\text{- для } \bar{C}: 98,5\varepsilon_Q^{1,95}; 18d_w^{1,2};$$

$$0,61H^{0,66}(\varepsilon_Q/0,262)^{0,063H}; (\bar{r}/0,2)^{1,1+0,01H/d_w};$$

$$\text{- для } \psi: (1 - 0,1(10,5\varepsilon_Q - 1)^{3,4}); 1,39d_w^{0,138};$$

$$0,89H^{0,15}(0,095/\varepsilon_Q)^{0,057H}; (0,2/\bar{r})^{0,37+0,015H/d_w}.$$

Полученные зависимости в исследованном диапазоне имеют точность в пределах 10%, что можно считать достаточным, так как отличие характеристик изделий из материала МР достигает 10% по технологическим причинам.

Библиографический список

1. Уланов, А.М. Учет демпфирования при расчете упругогистерезисных систем методом конечных элементов / А.М. Уланов, Ю.К. Пономарев // Изв. вузов: Авиационная техника, №3. - Казань, 2009. - С. 5-8.
2. Уланов, А.М. Основы проектирования систем виброзащиты с упругими элементами из материала МР / А.М. Уланов, Ю.К. Пономарев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2008. Том 10, № 3 (25). - С. 853-857.
3. Чегодаев, Д.Е. Демпфирование / Д.Е. Чегодаев, Ю.К. Пономарев // Самара: СГАУ, 1997. – 334 с.