

4 Халимжанов, Т. С. Некоторые физико-химические и прочностные свойства эпоксидных композиций модифицированных ультразвуком / Т. С. Халимжанов, Т. А. Алматаев, Н. С. Негматов // Узб. хим. журнал. – Ташкент, 2000. – № 6. – С. 78–81.

T. A. ALMATAEV, T. S. KHALIMDJANOV

STRENGTH PROPERTIES ANALYSIS OF THE SONICATED POLYMERIC COMPOSITES

The experimental results of the epoxy based polymer composites mechanical properties dependence on the ultrasonic processing regimes are presented in this paper. The optimum regimes of ultrasonic processing are established.

Получено 21.01.2014

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 8. Гомель, 2014**

УДК 621.7.014.2:62–567.1:539.383

P. N. АСКАРБЕКОВ

*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Бишкек*

ДЕФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ПРИ СЖАТИИ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований деформирования цилиндрической резинометаллической опоры под действием сжимающих нагрузок. Определены параметры, характеризующие нелинейную зависимость сжимающих сил и напряжений от деформаций резины.

Особенности механического поведения резины как конструкционного материала во многом определяют работоспособность резинометаллических деталей при различных видах нагружения. Сжатие является основным видом деформации, при которой работает большинство резинометаллических деталей. В таком случае под нагрузкой резина сдавливается и выпучивается по краям (рисунок 1). Металлическая пластина равномерно распространяет приложенную нагрузку и практически не деформируется по сравнению с резиной.

Установим связь между приложенной силой и величиной деформации цилиндрической резинометаллической опоры. Решение рассматриваемой осесимметричной нелинейной задачи с использованием цилиндрической системы координат r, φ, z ($0 \leq r \leq a, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, -h \leq z \leq h$) приведено в [1, 2]. В расчетах принималась гипотеза о плоских сечениях для полей перемещений u^0 и ω^0 соответственно в направлениях r и z :

$$u^0 = r(-1 + \frac{1}{\sqrt{f'}}); \omega^0 = -z + f(z); f' = \frac{\partial f}{\partial z}. \quad (1)$$



Рисунок 1 – Образец до испытания. Сжатие резинометаллического образца.

Функция $f(z)$, удовлетворяющая граничным условиям и условиям симметрии

$$f(0) = 0; \quad f(\pm h) = \pm \lambda h; \quad \lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}; \quad f'(\pm h) = 1, \quad (2)$$

определена в виде

$$f(z) = \frac{h}{\beta} \cos^2 \beta \operatorname{tg} y; \quad y = \beta \frac{z}{h}. \quad (3)$$

В указанном решении скалярной функции давления $p^0(r, z)$ соответствует выражение

$$p^0 = A - \frac{f'^2}{2} + \frac{r^2 \beta^2}{h^2} \frac{1}{f'^2}, \quad (4)$$

$$\text{где } A = \frac{3}{16} \cos^4 \beta - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \ln^{-1} \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \left(2 - \frac{1}{4} \cos^2 \beta - \frac{3}{8} \cos^4 \beta \right) + \beta^2 \frac{a^2}{h^2}, \quad (5)$$

а параметр β связан с осадкой опоры Δ через степень сжатия $\lambda = 1 - \Delta / 2h$ зависимостью

$$2\lambda\beta = \sin 2\beta. \quad (6)$$

Поскольку в (4) постоянная A определялась из смягченного статического краевого условия $\int_{-a}^a t_{rr} r|_{r=a} dz = 0$, то решение в форме (1)–(6) носит при-

ближенный характер. Из условия равенства сжимающей силы P_z и напряжений на торцах $z = \pm h$ резинового элемента

$${}^{(1)}P_z = -2\pi \int_0^a t_{zz}|_{z=\pm h} r dr = -2\pi \int_0^a G \left(f' + \frac{p^0}{f'} \right) \Big|_{z=\pm h} r dr$$

находим зависимость для расчета нелинейной диаграммы сжатия нового элемента цилиндрической резинометаллической опоры

$$P_z = FG \left[\frac{\operatorname{tg} \beta}{\beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \left(2 - \frac{1}{4} \cos^2 \beta - \frac{3}{8} \cos^4 \beta \right) - \frac{1}{2} - \frac{3}{16} \cos^4 \beta + \beta^2 \frac{a^2}{h^2} \left(\frac{\operatorname{tg} \beta}{\beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} - \frac{1}{4} \right) \right], \quad (7)$$

где F – площадь поперечного сечения.

С учетом (6) линейная зависимость, вытекающая из (7) при $\beta = 0$, приобретает вид

$$P_z^{\text{л}} = \lim^{(1)} P_z = FG \frac{\Delta}{2h} \left(3 + \frac{3a^2}{8h^2} \right) = 3FG \frac{\Delta}{H} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \right); H = 2h. \quad (8)$$

На основе линейной зависимости (8) представляется возможным получить по модели дельта-метода соответствующую линеаризованную и далее – нелинейную зависимости для оценки жесткости при сжатии резинового элемента без подробных вычислений. Заменив H на $H\lambda$ и $\frac{\Delta}{H}$ на $\left(-\frac{d\Delta}{H} \right)$ в (8), получим линеаризованную зависимость

$$d^{(3)} P_z = -3FG \left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \frac{1}{\lambda^3} \right) d\lambda,$$

интегрированием которой по параметру нагружения и определяем зависимость для расчетов нелинейной диаграммы сжатия резинового элемента цилиндрической опоры

$${}^{(3)} P_z = -3FG \int_1^{\lambda} \left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \frac{1}{\lambda^3} \right) d\lambda = 3FG \left[-\ln \lambda + \frac{1}{4} \frac{a^2}{H^2} (\lambda^{-2} - 1) \right]. \quad (9)$$

Зависимость (9) соответствует расчетным, и особенно эмпирическим, зависимостям из других работ [3, 4, 5, 6], более хорошо, чем аналогичное выражение (7) для неогукковского материала.



Рисунок 2 – Испытательная машина УМ-100

В лаборатории кафедры «Механика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова проведено испытание на сжатие резинометаллической опоры высотой – 0,1 м и диаметром – 0,105 м (рисунок 2).

В резиновом цехе ОсОО «БАРЗ» в специально изготовленной металлической пресс-

форме под нагрузкой сварены слой резины и две металлические пластины толщиной 0,004 м. Для конструкции использованы резина марки СНК МБС – 3826 и пластины из стали 45.

Многочисленные опыты показали, что механические свойства деталей могут существенно отличаться от механических свойств резины, из которой они изготовлены. Причиной подобных различий является так называемый фактор формы. Особенно сильно его влияние при деформации сжатия.

Для цилиндрической детали фактор формы равен:

$$\Phi = \frac{\pi D^2}{4\pi Dh} = \frac{D}{4h},$$

где D – диаметр цилиндрической детали; h – ее высота.

Влияние фактора формы проявляется также при сдвиговых деформациях. Условный модуль сдвига G_y в этом случае может быть найден по формуле:

$$G = G_y / \left(1 + \frac{1}{36\Phi^2} \right),$$

где G – модуль сдвига материала резины; Φ – фактор формы.

Коэффициент жесткости образца находится из закона Гука:

$$C = \frac{GF}{h},$$

где G – модуль сдвига; F – площадь поперечного сечения по плоскости сдвига; h – высота резинового элемента.

Модуль упругости и сдвига резинометаллической опоры определяется по формуле

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}; \quad E = 3G.$$

На рисунках 3 и 4 приведены графики зависимостей приложенной силы P и напряжений в материале от деформаций опоры.

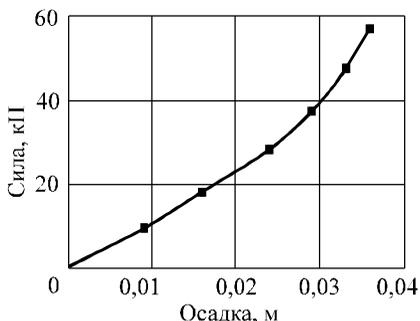


Рисунок 3 – Зависимость приложенной силы P от осадки опоры

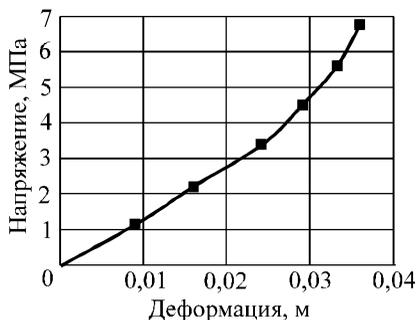


Рисунок 4 – График напряжений и деформаций, полученный при эксперименте

При проведенном испытании для данного вида РМО по приведенным формулам найдены следующие физико-механические параметры, характеризующие свойства опоры,

$$E = 4380 \text{ кН/м}^2; \Phi = 0,2625; C = 63,3 \text{ кН/м}; G = 730 \text{ кН/м}^2.$$

Полученные при проведенном эксперименте данные показывают, что диаграмма напряжение-деформация резинометаллической опоры существенно отличается от таких же диаграмм для стали и резины. Коэффициент жесткости резинометаллической опоры при малых деформациях определяется жесткостью резины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бидерман, В. Л.** Расчет цилиндрических и прямоугольных длинных резиновых амортизаторов сжатия / В. Л. Бидерман, Н. А. Сухова // Расчеты на прочность. – 1978. – Вып. 13. – С. 55–72.

2 **Бидерман, В. Л.** Определение сдвиговой жесткости сжатых резиновых амортизаторов / В. Л. Бидерман, Н. А. Сухова // Известия вузов. Машиностроение. – 1966. – № 4. – С. 52–58.

3 **Дымников, С. И.** Влияние сжатия на сдвиговую жесткость резиновых амортизаторов / С. И. Дымников // Вопросы динамики и прочности. – 1976. – Вып. 32. – С. 88–95.

4 **Лукомская, А. И.** Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин / А. И. Лукомская, В. Ф. Евстратов. – М.: Химия, 1975. – 360 с.

5 **Прикладные методы расчета изделий из высокоэластичных материалов** / С. И. Дымников [и др.]. – Рига: Зинатне, 1980. – 238 с.

6 **Payne, A. R.** Shape factors and functions in rubber engineering / A. R. Payne // Engineering. – 1959. – Vol. 207. – № 5379. – P. 51–59.

R. N. ASKARBEKOV

DEFORMATION OF THE RUBBER-METAL SUPPORT AT ITS COMPRESSION

There are presented the results of theoretical and experimental investigations for the cylindrical rubber-metal support deformation under compressive loads. The parameters characterizing the nonlinear dependence of compressive forces and stresses on the deformation of rubber are obtained.

Получено 17.04.2014