

**ДЕФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА
ПРИ СЖАТИИ
DEFORMATION OF THE RUBBER METAL SHOCK-ABSORBER
AT COMPRESSION**

АСКАРБЕКОВ Р.Н., РАБИДИНОВА Ж.Д.

КГТУ им. И.Раззакова,

ingener87@mail.ru

Для определения физико-механических показателей резинометаллического амортизатора (РМА) проведено испытание на сжатие. Учитывая особенности резины как конструкционного материала, требуется четкое представление о механическом поведении, о влиянии параметров резинометаллических деталей на работоспособность, поведение РМА при различных видах нагружения.

For definition of physics and mechanical indicators the rubber metal shock-absorber test for compression is conducted. Considering features of rubber as constructional material, accurate representation about mechanical behavior, about influence of parameters rubber metal details on working capacity, behavior of the rubber metal the shock-absorber is required at various kinds stressing.

Сжатие является основным видом деформации, большинства резинометаллических деталей. При нагружении резина сдавливается и выпучивается по краям (рис.1). Металлическая пластина распространяет равномерно всю нагрузку и практически не испытывает сжатия.

Решение этой 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 :

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

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

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

определена в виде

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

(3)

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

$$p^0 = B - \frac{f'^2}{2} + \frac{r^2}{h^2} \frac{\beta^2}{2} \frac{1}{f'^2},$$

(4)

где

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

(5)

а параметр β связан с осадкой амортизатора Δ через степень сжатия $\lambda = 1 - \frac{\Delta}{2h}$

зависимостью $\lambda = \frac{\sin 2\beta}{2\beta}$. (6)



Рис. 1. Образец до испытания. Сжатие резинометаллического образца



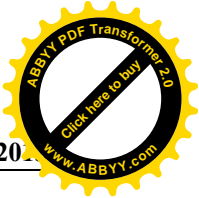
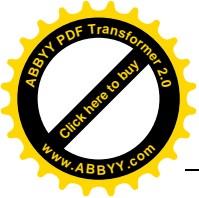
Рис. 2. РМА – вид сверху. Испытательная машина УМ-100

Поскольку в (4) постоянная B , указанная в (5), определялась из смягченного статического краевого условия $\int_{-a}^a t_{rr} r \Big|_{r=a} dz = 0$, решение в форме (1) — (6) носит приближенный характер. Из условия равновесия сжимающей силы P_z и напряжений на торцах $z = \pm h$ резинового элемента

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

находим зависимость для расчета нелинейной диаграммы сжатия нового элемента цилиндрического амортизатора:

$$^{(1)} P_z = FG \left[\frac{\operatorname{tg} \beta}{\beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} \left(2 - \frac{\cos^2 \beta}{4} - \frac{3}{8} \cos^4 \beta \right) - \right.$$



$$-\frac{1}{2} - \frac{3}{16} \cos^4 \beta + \beta^2 \frac{a^2}{h^2} \left(\frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \ln \frac{1 + \sin \beta}{1 - \sin \beta} - \frac{1}{4} \right) \Bigg].$$

(7)

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

$$P_z^{(1)} = \lim_{\beta \rightarrow 0} P_z = FG \frac{\Delta}{2h} \left(3 + \frac{3a^2}{8h^2} \right) =$$

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

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. Заменяв 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 цилиндрического амортизатора

$$^{(3)} P_z = -3FG \int_1^\lambda \left(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2} \frac{a^2}{H^2} \frac{1}{\lambda^3} \right) d\lambda =$$

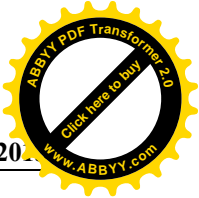
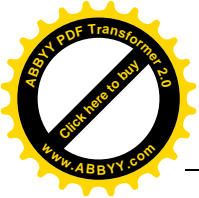
$$= 3FG \left[-\ln \lambda + \frac{1}{4} \frac{a^2}{H^2} (\lambda^{-2} - 1) \right]. \tag{9}$$

Зависимость (9) соответствует расчетным и особенно эмпирическим, зависимостям других работ [3, 4, 5, 6].

В лаборатории кафедры «Механика» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова проведено испытание на сжатие резинометаллического образца (РМО). Он изготовлен из резины марки СНК МБС – 3826 и стальных пластин марки 45, (В резиновом цехе ОсОО «БАРЗ») высотой 0,1м и диаметром 0,105м (рис.2).

В специально изготовленной металлической пресс-форме под нагрузкой сварены слой резины и 2 металлические пластины толщиной 0,004 м.

Многочисленные опыты показали, что механические свойства деталей могут существенно отличаться от механических свойств резины, из которой они изготовлены. Причина подобного различия является так называемый фактор формы. Особенно сильно это влияние при деформации сжатия.



Влияние соотношения размеров на модуль упругости детали E_y оценивается фактором

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

формы. Для цилиндрической детали фактор формы равен:

$$(10)$$

D – Диаметр цилиндрической детали; h – высота детали

Влияние фактора формы проявляется так же при сдвиговых деформациях. Условный

$$G_y = G \left(1 + \frac{1}{36\hat{O}^2} \right) \quad (11)$$

модуль сдвига G_y в этом случае может быть найден по формуле:

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

Жесткость образца определяется из закона Гука:

$$\tilde{N} = \frac{GF}{h}, \quad (12)$$

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

Модуль упругости и сдвига РМА определяется по формуле:

$$E = \sigma / \varepsilon, \quad E = 6G \quad (13)$$

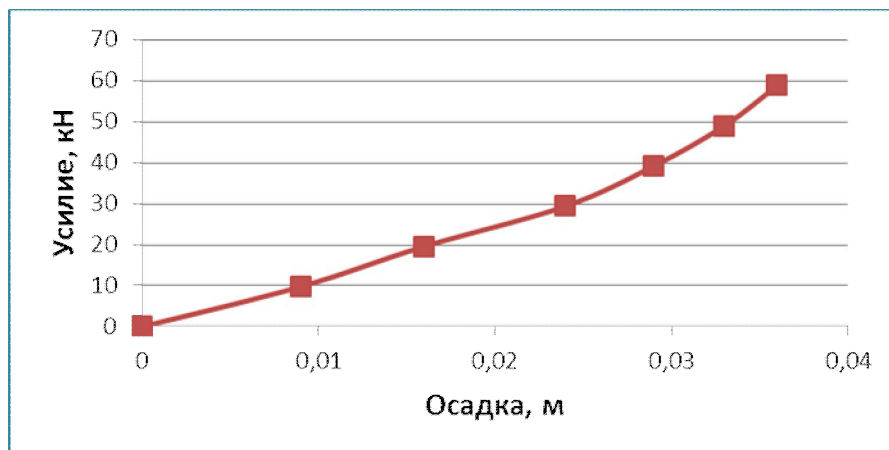


Рис. 3. Показания приборов в лаборатории кафедры «Механика».

При проведенном испытании для данного вида РМА по приведенным формулам определены следующие важные физико-механические параметры:

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

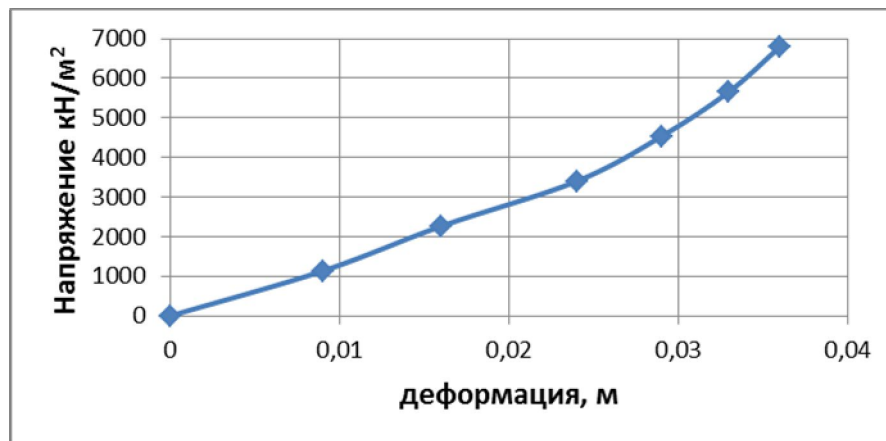


Рис. 4. График нагрузжений и деформаций РМА в ходе эксперимента

Вывод. Полученные данные от проведенного эксперимента показывают, что диаграмма напряжение-деформация резинометаллического амортизатора существенно отличается от таких же диаграмм для стали и резины. Модуль упругости РМА при малых деформациях такой же, как у резины, так как в процессе деформирования РМА деформируется только резиновый слой.

Литература

1. Дымников С.И. Влияние сжатия на сдвиговую жесткость резиновых амортизаторов // Вопр. динамики и прочности. - 1976. -Вып. 32. - С. 88 - 95.
 2. Прикладные методы расчета изделий из высокоэластичных материалов // С. И. Дымников, Э.Э. Лавендел. А.Л. Павловские. М. И. Сниегс. — Рига: Зинатне, 1980. — 238 с.
 3. Бидерман В.Л., Сухова Н.А. Расчет цилиндрических и прямоугольных длинных резиновых амортизаторов сжатия // Расчеты на прочность. 1978 — Вып. 13. — С. 55 — 72.
 4. Бидерман В.Л., Сухова Н.А. Определение сдвиговой жесткости сжатых резиновых амортизаторов // Изв. вузов. Машиностроение. - 1966. - № 4 - С. 52 - 58.
 5. Лукомская А.И., Евстратов В.Ф. Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин. — М.: Химия. 1975. — 360 с.
- Payne A. R. Shape factors and functions in rubber engineering // Engineering. — 1959. — Vol. 207, N 5379. — P. 51—59.