

В.В. Киричевский, В.А. Толок,
Н.Н. Лисица, С.Н. Гребенюк

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ РЕЗИНОВОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

Приведені чисельні дослідження процесу деформування гумових віброізоляторів підвищеної стійкості в різних умовах навантаження. Установлено, що розрахунок деформацій віброізолятора в пружній постановці задачі дає занижений, а у в'язкопружній – завищений результат порівнюючи з експериментальними даними.

В ИГТМ НАН Украины разработаны резиновые виброизоляторы повышенной устойчивости, представляющие собой по форме полуу усеченную полусферу [1]. При осевом сжатии деформируется средняя верхняя выпуклая часть виброизолятора, за счет чего уменьшается вертикальная жесткость по сравнению с виброизоляторами в виде полых цилиндров со сложной формой свободной поверхности. При деформациях сдвига в работу включаются боковые стенки виброизолятора, что приводит к увеличению жесткости в горизонтальном направлении. При эксплуатации нагрузка на виброизолятор может передаваться различными способами (рисунок 1). При нагружении виброизолятора по схеме 1 сила прикладывается лишь в центре верхней части полусферы, а при нагружении виброизолятора по схеме 2 нагрузка прикладывается к выступающей поверхности верхней части амортизатора.

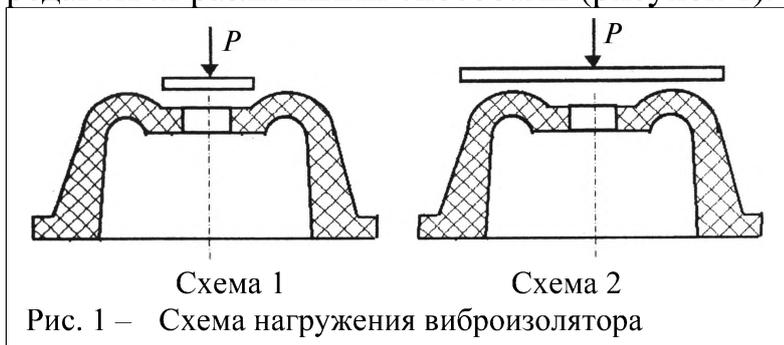


Рис. 1 – Схема нагружения виброизолятора

Размеры виброизолятора ВН-101: высота – 46 мм, наибольший диаметр – 145 мм, толщина стенки – 10 мм.

Марка резины – 2959. Модуль сдвига – $G = 1,76$ МПа, коэффициент Пуассона – $\nu = 0,499$.

Основной закон наследственной вязкоупругости представим на основе обобщенного закона Гука с использованием принципа Больцмана-Вольтерра:

$$\tilde{\sigma}^{ij} = \tilde{C}^{ijkl} \varepsilon_{kl}, \quad (1)$$

где \tilde{C}^{ijkl} – компоненты тензора упругих постоянных, представляемые в виде интегрального оператора, содержащего ядро релаксации:

$$\tilde{C}^{ijkl} \varphi = C^{ijkl} \left[\varphi(t) - \int_0^t R(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \right]. \quad (2)$$

Компоненты тензора упругих постоянных изотропного тела выражаются через компоненты метрического тензора и параметры Ляме:

$$C^{ijkl} = \mu(g^{ik}g^{jl} + g^{il}g^{jk}) + \lambda g^{ij}g^{kl}. \quad (3)$$

При численном решении задачи используем криволинейный конечный элемент в виде шестигранника. При реализации решения на РС IBM представим интегральный оператор (2) в конечно-разностной форме:

$$\tilde{C}^{ijkl} \varphi = C^{ijkl} \left[\varphi(t_n) - \sum_{m=0}^{n-1} \int_{t_m}^{t_{m+1}} R(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \right]. \quad (4)$$

Полагая, что перемещения $u(t)$ и компоненты деформаций $\varepsilon_{kl}(t)$ изменяются линейно внутри каждого интервала времени, выражение для компонент тензора напряжений представим в виде:

$$\sigma^{ij} = C^{ijkl} \left[\varepsilon_{kl}(t_n) - \sum_{m=0}^{n-1} \varepsilon_{kl}(t_m) \int_{t_m}^{t_{m+1}} R(t-\tau) d\tau \right]. \quad (5)$$

Для разделения сдвиговой и объемной составляющей преобразуем (1) к виду:

$$\sigma^{ij} = 2\mu g^{ki}g^{lj} \varepsilon_{kl} + \lambda \theta g^{ij}. \quad (6)$$

Введем в рассмотрение модуль объемного сжатия B :

$$B = \lambda + \frac{2}{3} \mu, \quad (7)$$

где λ и μ – параметры Ляме, определяемые соотношениями

$$\mu = G = \frac{E}{2(1+\nu)}; \quad \lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad (8)$$

E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона.

Тогда обобщенный закон Гука для вязкоупругого материала с учетом (7) примет вид [2]:

$$\tilde{\sigma}^{ij}(t) = 2\tilde{\mu}(g^{ki}g^{lj} \varepsilon_{kl}(t) - \frac{1}{3} \theta g^{ij}) + \tilde{B} \theta g^{ij}, \quad (9)$$

где t – время; $\tilde{\mu}$ и \tilde{B} – интегральные операторы, вычисляемые по формулам

$$\tilde{\mu} \varphi = \mu \left[\varphi(t) - \int_0^t R_\mu(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \right]; \quad (10)$$

$$\tilde{B} \psi = B \left[\psi(t) - \int_0^t R_B(t-\tau) \psi(\tau) d\tau \right]. \quad (11)$$

В последних выражениях величины R_μ и R_B представляют собой ядра сдвиговой и объемной релаксации. Интегральные операторы сдвиговой и объ-

емной релаксации представим по аналогии с (5) в конечно-разностной форме:

$$\tilde{\mu}\varphi = \mu \left[\varphi(t_n) - \sum_{m=0}^{n-1} \int_{t_m}^{t_{m+1}} R(t-\tau)\varphi(\tau)d\tau \right]; \quad (12)$$

$$\tilde{B}\psi = B \left[\psi(t_n) - \sum_{m=0}^{n-1} \int_{t_m}^{t_{m+1}} R(t-\tau)\psi(\tau)d\tau \right]. \quad (13)$$

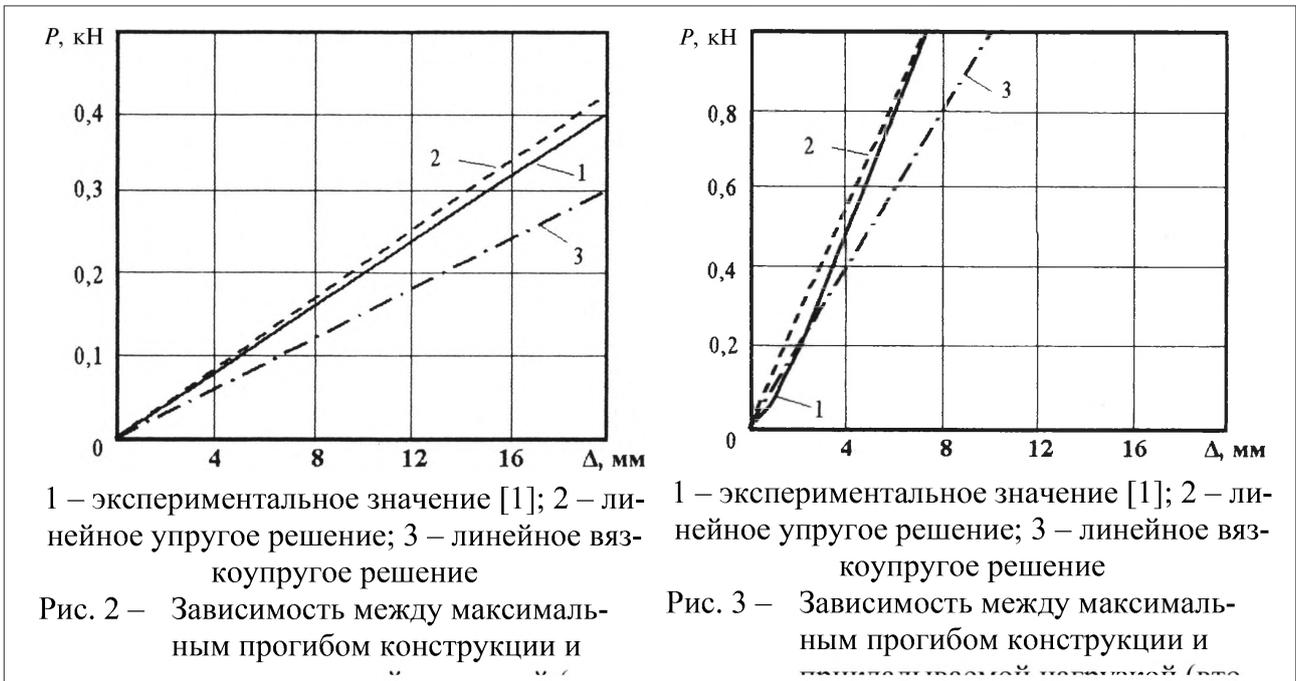
В качестве ядра релаксации воспользуемся разностным ядром Ю.Н. Работнова:

$$R(t-\tau) = \chi(t-\tau)^\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\beta)^n (t-\tau)^{n(1+\alpha)}}{\Gamma[(n+1)(\alpha+1)]}, \quad (14)$$

где χ – параметр релаксации, α, β – реологические параметры ядра, Γ – гамма-функция.

Реологические параметры ядра релаксации для данной марки резины равны $\alpha = -0,6; \beta = 1,06; \chi = 0,58$ [1].

Данная методика учета вязкоупругих свойств положена в основу расчета напряженно-деформированного состояния виброизолятора с помощью вычислительного комплекса «МИРЕЛА» [3]. При расчете использовалась моментная схема конечных элементов для слабосжимаемых материалов [2]. Результаты расчета представлены на рис. 2 и рис. 3



При нагружении по схеме 1 значительные деформации испытывает лишь верхняя часть виброизолятора, а остальной массив деформируется незначительно. При нагружении по схеме 2 деформируется как верхняя, так и нижняя часть виброизолятора. В первом случае осевая жесткость значительно меньше, чем во втором. Это связано с тем, что во втором случае значительную часть действующей нагрузки воспринимают боковые стенки виброизолятора.

По результатам расчета видно, что расчет задачи в упругой постановке дает заниженный, а в вязкоупругой – завышенный результат по сравнению с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Лисица Н.Н. Разработка и экспериментальные исследования резиновых виброизоляторов повышенной устойчивости // Геотехническая механика. –Днепропетровск: Полиграфист, 1999. -Вып. № 11. -С. 390-396.
2. Киричевский В.В., Сахаров А.С. Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров. -Киев: Будівельник, 1992. - 216с.
3. Система «МРЕЛА» для исследования прочности, долговечности и разрушения конструкций из эластомерных и композитных материалов в условиях нелинейного деформирования на основе метода конечных элементов / Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Козуб Ю.Г., Киричевский Р.В., Карпушин А.Д., Гребенюк С.Н. // Труды Международной конференции «Прогрессивная техника и технология машиностроения и сварочного производства. -Киев: Изд-во КПИ, 1998. -Т 3. -С. 136-139.

УДК 622.232.72.063.43-118 (04)

С.С. Гребёнкин А.И. Ильин,
В.В. Стеблин

АДАПТАЦИЯ ОЧИСТНОГО УЗКОЗАХВАТНОГО КОМБАЙНА ТЯЖЕЛОГО ТИПА («ПОИСК-3») К УСЛОВИЯМ НАКЛОННЫХ И КРУТОНАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ

Розглянуті можливості збільшення тягових зусиль винесеної системи подачі, запропоноване нове технічне рішення по використанню лебідок, що серійно випускаються і дозволяють збільшити тягове зусилля в два рази. Виконані експериментальні роботи в шахтних умовах, розроблені рекомендації по підвищенню тягових зусиль винесеної системи подачі.

Известно, что очистные комбайны для выемки крутых пластов, как правило, создаются с вынесенной системой подачи, в качестве которой применяется серийно выпускаемая отечественными заводами угольного машиностроения двухбарабанная лебедка 1ЛГКНМ2.

Для расширения области применения комбайновой выемки на угольных пластах наклонного и крутонаклонного падения ДонНИИ совместно с техническими службами ГХК «Первомайскуголь» выполнен цикл экспериментально – технических работ, результаты которых в обобщенном виде изложены в настоящей статье.

Опытно-промышленная эксплуатация очистных комбайнов типа «Поиск-3» в условиях шахт «Родина» и «Золотое» ГХК «Первомайскуголь» показала, что при массе комбайна около 8000 кг, изменяющихся гипсометрии пласта, угла его падения, значительного количества включений (в виде колчедана, породных прослоев), повышенной сопротивляемости пласта резанию (более 300 кН/м) – система вынесенной подачи лебедкой 1ЛГКНМ2 не всегда обеспе-