

УДК 629.11.012.8

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА С РЕЗИНО-КОРДНОЙ ОБОЛОЧКОЙ ТОРОИДНОГО ТИПА В СИСТЕМАХ ВТОРИЧНОГО ПОДРЕССОРИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Черненко А.Б., Нефедов В.В., Скринников Е.В., Азаренков А.А.

*ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: nvvnpi@gmail.com*

Кабины автомобильного транспорта компоновочно связаны со многими агрегатами и системами машины, поэтому при разработке конструкции систем вторичного поддрессирования необходимо стремиться к уменьшению её перемещений относительно рамы, двигателя, а также перевозимых грузов и других агрегатов, чтобы создать минимально необходимые зазоры в местах возможных контактов. На формирование упруго-диссипативных свойств пневматических упругих элементов с резино-кордной оболочкой (РКО) тороидного типа существенное влияние оказывает целый ряд конструктивных параметров, к которым относятся параметры, задающиеся при проектировании систем виброзащиты. Описанные закономерности изменения основных конструктивных параметров пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа представляют собой математические модели, позволяющие определять его осевые нагрузочные характеристики при различных соотношениях его геометрических параметров, которые определяют габариты и конфигурацию направляющих поверхностей металлоарматуры.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, оптимальная виброзащита, система вторичного поддрессирования, резино-кордные оболочки тороидного типа, нагрузочные характеристики, геометрические параметры

ANALYSIS OF PATTERNS OF CHANGE IN THE BASIC DESIGN PARAMETERS OF THE AIR SPRING WITH RUBBER-CORD SHELL TOROIDAL TYPE IN THE SECONDARY SUSPENSION SYSTEMS OF VEHICLES

Chernenko A.B., Nefedov V.V., Skrinnikov E.V., Azarenkov A.A.

Platov South-Russian State Technical University (NPI), Novocherkassk, e-mail: nvvnpi@gmail.com

Cabs of road transport layout associated with a number of units and systems of the machine, so the development of the construction of the secondary suspension systems necessary to seek to reduce its movement relative to the frame, the engine, as well as of freight and other units to create the minimum necessary clearances in places of possible contacts. The formation of elastic and dissipative properties of air springs with rubber-coated cord (RCC) toroidal type significantly affected by a number of design parameters, which include the parameters set in the design of vibration protection systems. The described patterns of change in the basic design parameters of the air spring with RKO toroidal type are mathematical models to determine its axial load characteristics at different ratios of its geometrical parameters, which determine the size and configuration guides metal fittings surfaces.

Keywords: road transport, the optimal vibration protection, the system of the secondary suspension, rubber-cord shell toroidal type, load characteristics, geometrical parameters

Создание систем вторичного поддрессирования автомобильного транспорта с заданными виброзащитными свойствами определяет необходимость разработки таких виброизоляторов, которые смогут обеспечить оптимальную виброзащиту в конкретных динамических системах. Выбор оптимальных конструктивных параметров пневматического упругого элемента с резино-кордными оболочками (РКО) тороидного типа зависит от требований, предъявляемых, прежде всего, к эффективности функционирования пневмоэлемента в системе подвешивания объекта виброзащиты. Эти требования обычно сводят к некоторому вектору качества системы и условиям работоспособности, определяемым в техническом задании на проектирование.

Задачи виброзащиты требуют создания систем с наперед заданной силовой характеристикой, которая обеспечивает требуемое снижение уровня вибрации. При использовании резино-кордных оболочек тороидного типа возможно получение желаемых законов изменения рабочих характеристик оболочки, а следовательно, и желаемой характеристики упругого элемента [6].

Одной из главных динамических характеристик, определяющих упруго-диссипативные свойства любой виброзащитной опоры, является зависимость силовой функции от его прогиба – нагрузочная характеристика. На формирование упруго-диссипативных свойств пневматических упругих элементов с РКО тороидного типа существенное влияние оказывает целый ряд

конструктивных параметров, к которым относятся параметры, задающиеся при проектировании упругого элемента с РКО [7]. Огромное количество этих факторов не позволяет произвести полный анализ физического процесса при работе пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа, поэтому возникает необходимость ограничиться наиболее существенными из них [3].

Задачей проектирования оптимальных систем вторичного поддрессирования является обеспечение реализации требуемых низких собственных частот колебаний объекта виброзащиты при минимальных перемещениях его относительно основания и других, сопряженных с объектом, узлов и агрегатов, что особенно важно для кабин транспортно-технологических комплексов, для которых проблема уменьшения допустимых перемещений по всем направлениям колебаний стоит особенно остро.

В процессе эксплуатации поддрессированная кабина транспортно-технологического комплекса совершает сложные пространственные движения. Пневматические упругие элементы с РКО тороидного типа в системе вторичного поддрессирования испытывают как осевые, так и продольные и поперечные внешние воздействия. Наряду с этим кабина транспортного средства компоновочно связана со многими агрегатами и системами машины, поэтому при разработке конструкции системы вторичного поддрессирования необходимо стремиться к уменьшению её перемещений относительно рамы, двигателя, а также перевозимых грузов и других агрегатов, чтобы создать минимально необходимые зазоры в местах возможных контактов [8, 9].

Разработанный метод расчёта геометрии направляющих поверхностей металлоарматуры упругих элементов с РКО был положен в основу при разработке конструкции пневматического виброизолятора с РКО тороидного типа для систем вторичного поддрессирования [5, 1].

Текущее значение усилия $Q(x)$ на пневматический упругий элемент с РКО тороидного типа определяется по уравнениям

$$Q(x) = p_u(x)(S_{31}(x) - S_{32}(x)); \quad (1)$$

$$p_u(x) = (p_0 - p_a) \left[\frac{v_0}{v(x)} \right]^n - p_a, \quad (2)$$

где $p_u(x)$ – текущее значение давления в РКО; $S_{31}(x)$, $S_{32}(x)$ – текущее значение эффективных площадей верхнего и нижнего гофров РКО тороидного типа; p_0 – начальное (статическое) значение давления в РКО; p_a – атмосферное давление; V_0 – начальный

объем внутренней полости РКО; $V(x)$ – текущее значение объема внутренней полости РКО; n – показатель политропы, зависящий от условий теплообмена между рабочим газом и окружающей средой [2].

Значение текущего объема определяется после разбиения суммарного объема на элементарные составляющие, объем которых вычисляется по теореме Гюльдена:

$$V(x) = 2\pi S_{п.с}(x)r_{ц.т}(x), \quad (3)$$

где $S_{п.с}(x)$ – площадь поперечного сечения фигуры вращения; $r_{ц.т}(x)$ – координаты центра тяжести фигуры вращения.

Дифференцируя по x уравнение (1), получим формулу для определения осевой жесткости C_x пневмоамортизатора:

$$C(x) = \frac{dQ(x)}{dx} = \frac{(p_u(x) + p_a)(S_{31}(x) - S_{32}(x))^2}{V(x)} + p_u(x) \frac{d(S_{31}(x) - S_{32}(x))}{dx}.$$

Эта формула показывает, что осевая жесткость пневмоамортизатора определяется суммой двух слагаемых, из которых первое зависит от размеров пневматического упругого элемента (т.е. от величин $S_{31}(x)$ и $S_{32}(x)$ и от показателя политропы воздуха, а второе зависит еще и от скорости изменения эффективного радиуса, то есть от формы направляющих поверхностей металлоарматуры [6, 7].

Геометрические параметры пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа, влияющие на его характеристики, полностью определяются эффективными площадями $S_{31}(x)$, $S_{32}(x)$ и внутренним объемом резино-кордной оболочки V .

Эффективные площади для верхнего и нижнего гофров пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа определяются из соотношений

$$S_{31}(x) = \pi r_{31}^2(x);$$

$$S_{32}(x) = \pi r_{32}^2(x),$$

откуда

$$\frac{dS_{31}(x)}{dx} = 2\pi r_{31,2}(x) - \frac{dr_{31,2}(x)}{dx},$$

где $r_{31,2}(x)$ – эффективные радиусы верхнего и нижнего гофров пневмоэлемента с РКО тороидного типа.

Уравнения (1)–(6) позволяют выполнить расчет осевых нагрузочных характеристик пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа для различных начальных

значений избыточного давления и объема полости рабочего газа в РКО, если известны функции $r_{\alpha 1}(x)$, $r_{\alpha 2}(x)$.

В работе [5] исследовано влияние различных факторов: геометрии кордного каркаса, геометрических размеров и формы гофра оболочки на величину и характер изменения эффективного радиуса. При этом установлено, что в основном величина $\frac{dr_{\alpha 1,2}(x)}{dx}$ зависит от углов наклона $\alpha(x)$ и $\beta(x)$

нормалей, проведённых в точках сопряжения гофров оболочки с направляющими поверхностями ограничивающей металлоарматуры упругого элемента, которые определяются её конфигурацией и характеризуют степень её нелинейности.

Поэтому одной из основных задач выбора конструктивных параметров пневматических упругих элементов с РКО тороидного типа является расчет зависимости эффективных радиусов от осевого рабочего хода. Пневматические упругие элементы с РКО тороидного типа могут иметь различную конфигурацию направляющей арматуры, выбор которой определяется требованиями, предъявляемыми к пневмоэлементу, и в конечном счёте заданными нагрузочными характеристиками.

На рис. 1–3 представлены расчётные схемы для определения законов изменения эффективных радиусов пневматических упругих элементов с РКО тороидного типа для трёх различных форм линейных и сферических профилей направляющих поверхностей металлоарматуры.

В общем случае, определение законов изменения эффективных радиусов $r_{\alpha 1,2}(x)$ пневматических упругих элементов с РКО тороидного типа для различных конфигураций направляющих поверхностей металлоарматуры сводится к решению системы геометрических соотношений, характеризующих произвольное положение упругого элемента, с учётом совместной работы верхнего и нижнего гофров:

$$\sum_{\text{пр}} X = F_1(x); \quad \sum_{\text{пр}} X = F_2(x); \quad l_0 = \text{const},$$

где l_0 – длина профиля тороидной оболочки; τ – вектор, характеризующий геометрические параметры упругого элемента.

Для подавляющего большинства резино-кордных упругих элементов, в практике расчетов нагрузочных характеристик широко используется предположение о круговой форме гофра оболочки, кроме того, в последующих расчетах можно принять предположение о постоянстве длины профиля оболочки при перекачивании. Наряду с этим будем полагать резино-кордную стенку обо-

лочку гибкой и тонкой, чтобы можно было пренебречь изгибающими моментами и поперечными силами в ней [8, 9, 11].

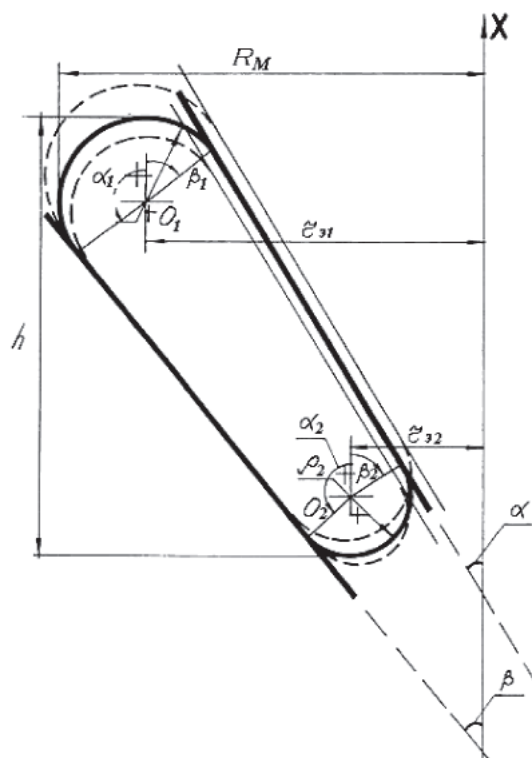


Рис. 1. Расчётная схема осевой нагрузочной характеристики пневмоэлемента с РКО тороидного типа

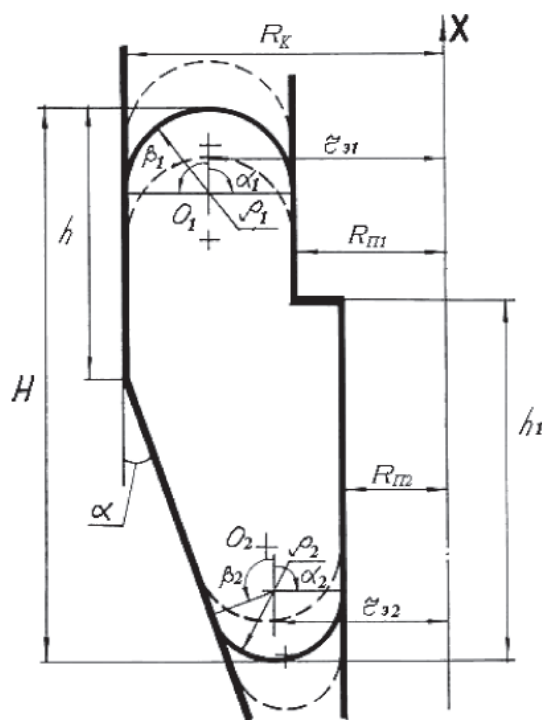


Рис. 2. Расчётная схема осевой нагрузочной характеристики пневмоэлемента с РКО тороидного типа

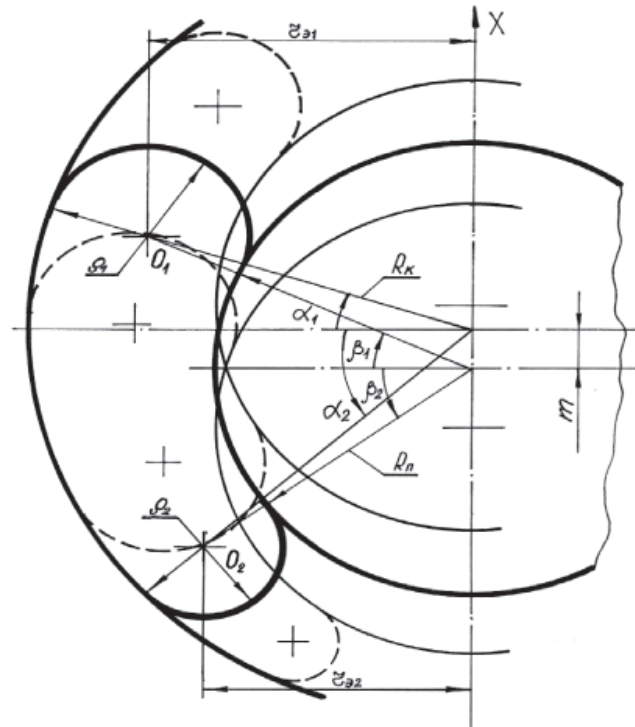


Рис. 3. Расчётная схема осевой нагрузочной характеристики пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа

Принятые допущения значительно облегчают выбор геометрических параметров пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа и позволяют оценить их влияние на характеристики пневмоэлемента.

Рассмотрим схемы пневматических упругих элементов с РКО тороидного типа, нагруженных осевой силой (нагрузкой) Q и внутренним (избыточным) давлением рабочего газа (рис. 1–3). Для определения геометрических параметров резино-кордной оболочки пневматического упругого элемента (эффективная площадь S_3 и внутренний

объем V) необходимо рассмотреть осевую перекачку поршня относительно корпуса на величину хода X упругого элемента. Ход упругого элемента X определяется перемещением опорного элемента (поршня) относительно корпуса упругого элемента.

Для определения положения гофров РКО тороидного типа, при осевой деформации пневматического упругого элемента, имеющего конические поверхности направляющей арматуры (поршня и корпуса), была получена система уравнений следующего вида (рис. 1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_1 = R_{\max} - r_{s1}; \\ \rho_1 \left[\pi + (\beta - \alpha) \right] + 2(r_{s1} - r_{s2}) \sin \frac{\beta + \alpha}{2} \times \\ \times \cos \frac{\beta - \alpha}{2} + \rho_2 \left[\pi - (\beta - \alpha) \right] = l_0; \\ \rho_1 + \rho_2 + (r_{s1} - r_{s2}) \operatorname{ctg} \frac{\beta + \alpha}{2} = \rho (1 - \sin \alpha) + \\ + (r_{s1} - r_{s2}) \sin \frac{\beta + \alpha}{2} \cos \frac{\beta - \alpha}{2} + \rho_2 (1 + \sin \alpha); \\ \rho_1 = \rho_{10} \pm \frac{x + \sin \alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}; \\ \rho_2 = \rho_{20} \pm \frac{x + \sin \alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}, \end{array} \right.$$

где ρ_1, ρ_2 – радиусы гофров РКО; α_1 – угол наклона конической поверхности поршня упругого элемента; β_1 – угол наклона поверхности корпуса упругого элемента; $R_{\max}$ – максимальный радиус упругого элемента; l_0 – длина профиля РКО.

Текущий объём РКО, в случае исполнения направляющих арматур в виде конических поверхностей (рис. 1), определяется с учётом (1) по следующим зависимостям:

$$V_1 = \frac{1}{2} \rho_1^2 (\pi + \beta - \alpha) \left(r_{32} + \frac{2}{3} \rho_1 \frac{\sin(\beta + \alpha)}{\pi + \beta - \alpha} \right) 2\pi;$$

$$V_2 = \frac{1}{2} \rho_2^2 (\pi - \beta + \alpha) \left(r_{32} - \frac{2}{3} \rho_2 \frac{\sin(\beta + \alpha)}{\pi - \beta + \alpha} \right) 2\pi;$$

$$V_3 = \frac{(\rho_1 + \rho_2) h_1}{2} 2\pi \left[r_{32} + \rho_2 + y_1 \cos \beta - \left(\frac{y}{\operatorname{tg} \gamma} - \rho_1 \right) \cos \beta \right];$$

$$V_4 = \frac{(\rho_1 + \rho_1) h_1}{2} 2\pi \left[r_{32} - \rho_2 + y_1 \cos \alpha - \left(\frac{y}{\operatorname{tg} \gamma} - \rho_1 \right) \cos \alpha \right];$$

$$h_1 = (r_{31} - r_{32}) \sin \frac{\beta + \alpha}{2} \cos \frac{\beta - \alpha}{2}; \quad y_1 = \frac{h_1}{3} \frac{2\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{h}.$$

Система уравнений, описывающих профиль тороидной оболочки при осевой деформации пневматического упругого элемента, имеющего направляющие арматуры в виде конических и цилиндрических поверхностей (рис. 2), имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \pi \rho_1 + (h - \rho_1) + \frac{Hh - \rho_2}{\cos \alpha} + \rho_2 \operatorname{tg} \alpha + (\pi - \alpha) \rho_2 + \\ + (h_1 - \rho_2) + (R_{n1} - R_{n2}) + (H - h_1 - \rho_1) = l_0 = \text{const}; \\ R_{kn} - R_2 = (H - h) \sin \alpha + \rho_2 [\sin \alpha (\operatorname{tg} \alpha - 1) + 1 + \cos \alpha]; \\ R_k = r_{32} + \frac{\rho_2}{\cos \alpha} + (H - h - \rho_2) \operatorname{tg} \alpha; \\ r_{31} = R_{n1} + \rho_1; \quad r_{32} = R_{n2} + \rho_2; \\ \rho_2 = \rho_{20} \pm \frac{x + \sin \alpha}{2}; \quad p_{\text{ст}} = p_{\text{н.ст}} (r_{31}^2 - r_{32}^2), \end{cases}$$

где R_{n1} и R_{n2} – радиусы поршня пневмоэлемента; α – угол наклона конической части корпуса упругого элемента; H – высота упругого элемента; $R_{\text{н}}$ – радиус корпуса упругого элемента; ρ_1 и ρ_2 – радиусы гофров РКО; ρ_{10} и ρ_{20} – радиусы гофров РКО в положении статического равновесия.

Уравнения для определения текущего значения объёма РКО пневмоэлементов, имеющих поверхности направляющих арматур с такой конфигурацией (рис. 2), с учётом (3) имеют вид,

$$V_1 = \pi^2 \rho_1^2 r_{31};$$

$$V_2 = \pi (R_k^2 - R_{n1}^2) (H - h_1 - \rho_1);$$

$$V_3 = \pi (R_k^2 - R_{n2}^2) [h_1 - (H - h)];$$

$$V_4 = \left\{ R_k^2 + [R_k - (H - h - \rho_2) \operatorname{tg} \alpha]^2 + R_k [R_k - (H - h - \rho_2) \operatorname{tg} \alpha] \right\} \times \\ \times \frac{\pi \cdot (H - h - \rho_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{3} - \pi \cdot R_{n2}^2 (H - h - \rho_2) \operatorname{tg} \alpha;$$

$$V_5 = \frac{\pi \rho_2^2}{2} \cdot 2\pi \left(r_{32} - \frac{1}{3} \rho_2 \cos \frac{\pi - \alpha}{2} \right).$$

Расчетная схема для определения нагрузочной характеристики пневматического упругого элемента с РКО торoidalного типа, у которого направляющая арматура (поршень и корпус) выполнены в виде двух сферических поверхностей, представлена на рис. 3.

Система геометрических соотношений, характеризующих произвольное положение РКО упругого элемента при его осевой деформации, определится из решения треугольников O_1O_2K , O_1O_2M , O_1KM , O_2KM и уравнения постоянства длины профиля оболочки:

$$\begin{cases} (R_k - \rho_1)^2 + (R_k - \rho_2)^2 - 2(R_k - \rho_1)(R_k - \rho_2)\cos(\alpha_1 + \alpha_2) = \\ = (R_n + \rho_1)^2 + (R_n + \rho_2)^2 - 2(R_n + \rho_1)(R_n + \rho_2)\cos(\beta_1 + \beta_2); \\ \frac{R_k - \rho_{1,2}}{\cos\beta_{1,2}} = \frac{m \pm x}{\sin(\beta_{1,2} - \alpha_{1,2})}; \\ \frac{R_n + \rho_{1,2}}{\cos\alpha_{1,2}} = \frac{m \pm x}{\sin(\beta_{1,2} - \alpha_{1,2})}; \\ \rho_1(\pi + (\beta_1 - \alpha_1)) + R_n(\beta_1 + \beta_2) + \rho_2(\pi + (\beta_2 - \alpha_2)) + \\ + R_k(\alpha_1 + \alpha_2) = l_0, \end{cases}$$

где l_0 – длина профиля резино-кордной оболочки; ρ_1 и ρ_2 – радиусы гофров РКО; $\alpha_{1,2}$ и $\beta_{1,2}$ – углы наклона нормалей, проведенных в точках сопряжения гофра оболочки с направляющими поверхностями ограничивающей арматуры (корпуса и поршня).

После решения приближенными методами системы из шести нелинейных трансцендентных уравнений (2) можно получить текущие значения переменных β_1 , β_2 , α_1 , α_2 , ρ_1 , ρ_2 в зависимости от величины хода x упругого элемента. Эффективные радиусы пневматического упругого элемента $r_{\beta 1}(x)$ и $r_{\beta 2}(x)$ определяются из соотношений

$$r_{\beta 1}(x) = (R_k - \rho_1)\cos\alpha_1 = (R_n + \rho_1)\cos\beta_1; \quad r_{\beta 2}(x) = (R_k - \rho_2)\cos\alpha_2 = (R_n + \rho_2)\cos\beta_2.$$

Значения текущего объема, с учетом (1) определяются из соотношений

$$V_1 = \left[\frac{R^2}{3} \sqrt{2(1 - \cos(\alpha_1 + \alpha_2))} \cos\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) - \frac{1}{3}(R - \rho_1)^2(R - \rho_2)\sin(\alpha_1 + \alpha_2)\cos(\pi - \gamma_1 - \alpha_1)\sin\gamma_1 \right] 2\pi;$$

$$\sin\gamma_1 = \frac{(R - \rho_2)\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sqrt{(R - \rho_1)^2 + (R - \rho_2)^2 - 2(R - \rho_1)(R - \rho_2)\cos(\alpha_1 + \alpha_2)}};$$

$$V_2 = \left[\frac{1}{3}(r_n + \rho_2)^2(r_n + \rho_1)\sin(\beta_1 + \beta_2)\cos(\pi - \gamma_2 - \beta_1)\sin\gamma_2 - \frac{r_n^3}{3}\cos\left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2}\right)\sqrt{2(1 - \cos(\beta_1 + \beta_2))} \right] 2\pi;$$

$$\sin\gamma_2 = \frac{(r_n + \rho_2)\sin(\beta_1 + \beta_2)}{\sqrt{(R - \rho_1)^2 + (R - \rho_2)^2 - 2(R - \rho_1)(R - \rho_2)\cos(\alpha_1 + \alpha_2)}};$$

$$V_3 = \left[\frac{1}{2}\rho_1 l_1 (R - \rho_2)\cos\beta_1 - \frac{2}{3}\frac{\rho_1^2}{l_1} \sqrt{2\left(1 - \cos\left(\frac{\pi - \beta_1 - \alpha_1}{2}\right)\right)} \right] 2\pi; \quad l_1 = \frac{\rho_1 \pi (\pi + \beta_1 - \alpha_1)}{\pi};$$

$$V_3 = \frac{1}{2}\rho_2 l_2 \left[(R - \rho_2)\cos\beta_2 - \frac{2}{3}\frac{\rho_2^2}{l_2} \sqrt{2\left(1 - \cos(\pi + \beta_2 - \alpha_2)\cos\left(\frac{\pi - \beta_2 - \alpha_2}{2}\right)\right)} \right] 2\pi;$$

$$l_2 = \frac{\rho_2 \pi (\pi + \beta_2 + \alpha_2)}{\pi}.$$

Таким образом, описанные закономерности изменения основных конструктивных параметров пневматического упругого элемента с РКО тороидного типа представляют собой математическую модель, позволяющую определять его осевые нагрузочные характеристики при различных соотношениях его геометрических параметров, которые определяют габариты и конфигурацию направляющих поверхностей металлоарматуры.

Список литературы

1. Бидерман В.Л., Бухин Б.Л. Расчёт резино-кордных пневматических амортизаторов // Расчёты на прочность. – М., 1960. – Вып. 5.
2. Галашин В.А., Бородин В.П., Черненко А.Б. Снижение вибронегативности кабин многоосных автомобилей // Материалы научно-технической и научно-методической конференции, посвящённой 50-летию Московского автомеханического института: тез. докл. / МАМИ. – М.Ж. МАМИ, 1989. – С. 44.
3. Галашин В.А., Черненко А.Б., Соколов А.В., Жилейкин М.М. и др. Пневматическая виброизолирующая опора. А.С. 1677405 СССР. – МПК F 16 F 9/07. – № 4615930; Заявл. 05.12.1988, опубл. 15.09.1991.
4. Горелик А.М., Костылев В.В. Расчёт характеристик пневматических упругих элементов // Тр. Науч. авто-моторн. ин-та. – 1968. – Вып. 98. – С. 3–26.
5. Кузнецов Ю.И. Синтез резино-кордных упругих элементов пневматических подвесок колёсных машин: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1976.
6. Черненко А.Б., Ефимов А.Д., Азаренков А.А. Анализ влияния геометрических параметров пневматического упругого элемента с резино-кордной оболочкой тороидного типа подвески АТС на его рабочие характеристики // Изв. ВУЗов, Сев.Кав. рег. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 96–101.
7. Черненко А.Б. Создание и исследование пневматической системы поддресоривания кабины многоосных автомобилей: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1991. – 265 с.
8. Черненко А.Б., Гасанов Б.Г. Пневматические системы вторичного поддресоривания кабин многоосных авто-

мобилей / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2012. – 156 с.

9. Черненко А.Б. Экспериментальные амплитудно-частотные характеристики систем поддресоривания кабин многоосных автомобилей // Известия Вузов. Машиностроение. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990. – № 8. – С. 77–80.

References

1. Biderman V.L., Buhin B.L. Raschyot rezino-kordnykh pnevmaticheskikh amortizatorov // Raschyoty na prochnost. M., 1960. vyp. 5.
2. Galashin V.A., Borodin V.P., Chernenko A.B. Snizhenie vibronagruzhennosti kabin mnogoosnykh avtomobilej. Materialy nauchno-tekhnicheskoy i nauchno-metodicheskoy konferencii, posvyashch. 50-letiyu Moskovskogo avtomekhanicheskogo instituta: tez. dokl. / MAMI. M.ZH. MAMI, 1989. – pp. 44.
3. Galashin V.A., Chernenko A.B., Sokolov A.V., Zhilejkin M.M. i dr. Pnevmaticheskaya vibroizoliruyushchaya opora. A.S. 1677405 SSSR. MPK F 16 F 9/07. no. 4615930; Zayavl. 05.12.1988, opubl. 15.09.1991.
4. Gorelik A.M., Kostylev V.V. Raschet harakteristik pnevmaticheskikh uprugih ehlementov // Tr. Nauch. avto-motorn. inta. 1968. Vyp. 98. pp. 3–26.
5. Kuznecov U.I. Sintez rezino-kordnykh uprugih ehlementov pnevmaticheskikh podvesok kolyosnykh mashin: Diss. ... kand. tekhn. nauk. M., 1976.
6. Chernenko A.B., Efimov A.D., Azarenkov A.A. Analiz vliyaniya geometricheskikh parametrov pnevmaticheskogo uprugogo ehlementa s rezino-kordnoj obolochkoj toroidnogo tipa podveski ATS na ego rabochie harakteristiki. Izv. VUZov, Sev. Kav. reg. Tekhnicheskie nauki. 2015. no. 1, pp. 96–101.
7. Chernenko A.B. Sozdanie i issledovanie pnevmaticheskoy sistemy podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobilej. Diss. kand. tekhn. nauk, MVTU im. N.EH. Bauman, 1991 g. 265 p.
8. Chernenko A.B., Gasanov B.G. Pnevmaticheskie sistemy vtorichnogo podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobilej / Yuzh.-Ros. gos. tekhn. un-t (NPI).-Novocherkassk: URG TU, 2012. 156 p.
9. Chernenko A.B. Eksperimentalnye amplitudno-chastotnye harakteristiki sistem podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobilej // Izvestiya Vuzov. Mashinostroenie, izd-vo MGTU im. N.E. Bauman. 1990. no. 8, pp. 77–80.