

Б. Д. Кукаленко,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет»;

С. Г. Чулкин,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО ЗАЗОРА В ШИННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ МУФТЕ

GRAPH-ANALYTICAL METHOD OF AS MUCH AS POSSIBLE ADMISSIBLE CLEARANCE IN BUS PNEUMATIC MUFF

Проведенное исследование и предложенный графоаналитический метод определения максимально допустимого зазора между барабаном трения и фрикционными колодками баллона позволит конструировать шинно-пневматические муфты, обеспечивающие надежную передачу момента вращения без уменьшения площади контакта в течение гарантированного срока службы баллона. Расчет каркаса резинокордного баллона целесообразно вести с учетом выбранного радиального зазора и при полном износе фрикционного слоя колодок.

This study and the proposed the graph-analytical method of as much as possible admissible clearance in between the drum friction and friction pads cylinder design allows airclutch, which providing reliable torque transmission without reducing the contact area for the guaranteed life of the cylinder. Calculation of carcass rubber balloon is appropriate to maintain the cord based on the selected radial clearance and complete wear of the friction layer pads.

*Ключевые слова: шинно-пневматическая муфта, зазор, износ фрикционных колодок.
Key words: bus pneumatic muff, clearance, friction wear of the pads.*

ОДНИМ из главных параметров, характеризующих работоспособность шинно-пневматических муфт (ШПМ), предназначенных для соединения и разобщения, а также торможения вращающихся деталей, то есть вала отбора мощности, передающих момент вращения в приводах машин и оборудования различного назначения, является величина радиального зазора между фрикционными колодками их основного элемента — резинокордного баллона (РКБ) и барабаном трения муфты. Величина максимально допустимого зазора рассчитывается исходя из необходимости обеспечения контакта между внутренним протектором баллона и фрикционными колодками по всей ширине поверхности трения. Расчет учитывает переменность угла между нитями корда по высоте профиля баллона, изменение угла между нитями по боковинам и внутреннему протектору при включении муфты. Ранее полученные формулы для определения радиального зазора довольно громоздки и сложны для использования [1, с. 63–75]. Поэтому для их совершенствования предлагается более наглядный и простой графоаналитический метод определения максимально допустимого зазора ШПМ.

В основе расчета могут быть приняты следующие допущения:

- боковина каркаса РКБ в равновесном состоянии представляет собой часть тора;
- периметр конкретного сечения каркаса баллона увеличивается равномерно по всей длине пропорционально средней нагрузке, действующей на нить корда каркаса;
- профили поперечных сечений внутреннего и внешнего протекторов баллона под нагрузкой не изменяются.

Опыт показывает, что принятые допущения обеспечивают достаточную для практических целей точность расчета резинокордной конструкции баллона ШПМ [2].

Величина относительного удлинения ε_p периметра поперечного сечения каркаса может быть определена по выражению

$$\varepsilon_p \approx \frac{N_p}{E_k \cdot F_k}, \quad (1)$$

где N_p — нагрузка на нить (Н), рассчитанная при моменте вращения $T = 0$, Н (в системе СИ) по формуле [3, с. 125–132]:

$$N_{1,2} = \frac{25}{z_{\text{сл}} \cdot i_{\alpha} \cdot r_2 \cdot \cos \alpha} \left[\frac{P(r_2^2 - r_1^2)}{\cos \alpha} \pm \frac{T_{\text{max}}^2 \cdot r_2}{\pi r_1^2 \cdot \sin \alpha} \right], \quad (2)$$

в котором соответственно обозначены:

$z_{\text{сл}}$ — число слоев корда в каркасе;

i_{α} — частота нитей в слое корда при послойной сборке (конфекции) резинокордного баллона (нить/м);

α — угол закроя нитей корда (град), $\alpha = 42^\circ$;

r_1 и r_2 — наибольший и наименьший радиусы вращения каркаса (м);

P — давление сжатого воздуха в баллоне (МПа);

T — момент вращения, передаваемый ШПМ (Н·м);

E_k — модуль упругости нитей корда (МПа);

F_k — площадь поперечного сечения нитей корда (мм²).

Произведение $E_k \cdot F_k$ (Н) — «жесткость» нитей корда при растяжении можно определить по выражению

$$E_k \cdot F_k = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^{i=I} \frac{N_i}{\varepsilon_i}, \quad (3)$$

где N_i — нагрузка на нить при испытаниях (Н);

ε_i — относительное удлинение нити корда (безразмерная величина);

I — количество испытаний.

Величину параметра P_p (мм) каркаса РКБ, нагруженного внутренним давлением сжатого воздуха, можно выразить

$$P_p = (1 + \varepsilon_p) P_0, \quad (4)$$

где P_0 — периметр поперечного сечения каркаса баллона по внешнему слою в выключенном состоянии муфты (мм).

В качестве примера рассмотрим метод оценки радиального зазора S (мм) в шинно-пневматической муфте с РКБ ПМ500×125, изготовленного по общей технологии [2]. Принимаются следующие средние величины:

$$N_p = 11,47 \text{ Н}; E_k \cdot F_k \cong 107,87 \text{ Н}; P_0 = 338 \text{ мм}.$$

Следовательно, по выражению (4) будет $P_p = 1,0106 \cdot 338 = 341,6 \text{ мм}$.

На рис. 1 показана совмещенная расчетная схема контуров каркаса по внешнему слою и протекторов РКБ ПМ500×125: сечение I — распределение материалов в выключенном состоянии муфты (при наличии радиального зазора $S = 2$ мм и толщине фрикционного слоя колодок $\delta_{\phi} = 4$ мм); сечение II — распределение материалов во включенном состоянии муфты (при отсутствии радиального зазора $S = 0$ и полностью изношенном фрикционном слое колодок, то есть $\delta_{\phi} = 0$). Радиальное перемещение внутреннего протектора баллона в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к ШПМ с баллоном ПМ500×125, составляет $h_r = 6$ мм с учетом первоначального радиального зазора $S = 2$ мм и износе фрикционного слоя колодок при проскальзывании и трении $\delta = 4$ мм.

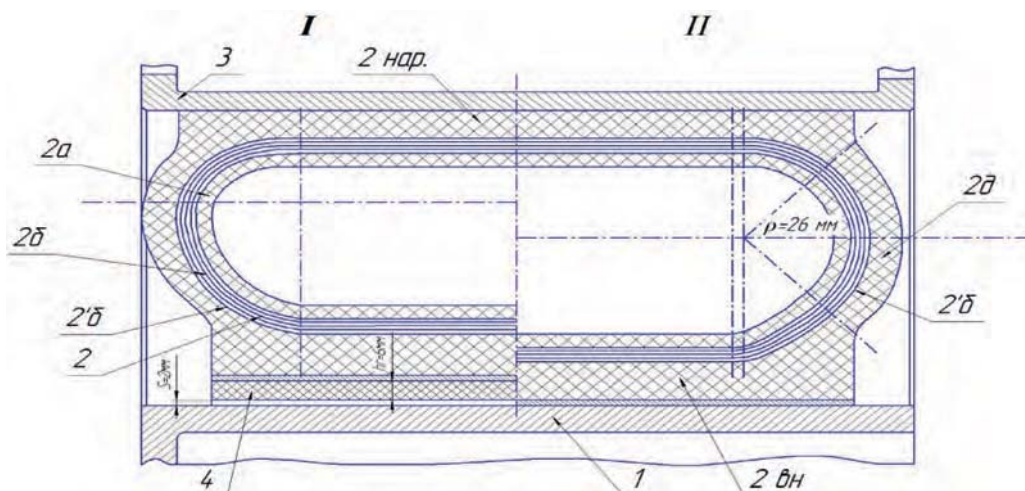


Рис. 1. Расчетная схема контуров каркаса по внешнему слою и протекторов резинокордного баллона ПМ500×125:

- I* — сечение в выключенном состоянии муфты; *II* — сечение во включенном состоянии муфты;
1 — барабан трения муфты; 2 — резинокордный баллон; 3 — наружный обод муфты;
4 — фрикционные колодки баллона; 2а — камера баллона; 2б — каркас баллона;
2'б — внешний слой каркаса; 2 нар. — наружный протектор баллона;
2 вн. — внутренний протектор баллона; 2д — боковина баллона

Профиль (контур) боковины баллона во включенном состоянии может быть определен в следующем порядке, а именно: вначале непосредственным измерением по сечению *I* распределения материалов в баллоне в выключенном состоянии муфты находится величина Π_0 . Далее по рассчитанной по выражению (4) величине Π_p на сечении *II* распределения материалов в баллоне во включенном состоянии муфты графическим построением находится дуга окружности, сопрягающаяся с контурами внешнего и внутреннего протекторов таким образом, чтобы периметр внешнего контура каркаса был равен Π_p .

Контур боковины баллона представляет собой дугу окружности с радиусом кривизны, равным $\rho = 26$ мм. Непосредственным измерением на сечении *II* определено, что $\Pi_p = 342$ мм, что достаточно точно и близко к вычисленному значению $\Pi_p = 341,6$ мм. И, таким образом, можно считать, что профиль каркаса баллона ПМ500×125 определен с достоверной точностью. Из рис. 1 (сечение *II*) также следует, что шинно-пневматическая муфта с баллоном ПМ500×125 обеспечивает полный контакт внутреннего протектора 2вн с фрикционными колодками 4 при их перемещении (ходе) в радиальном направлении до $h_r = 6$ мм. Контакт внешнего протектора 2нар баллона с наружным ободом 3 муфты при этих условиях становится неполным вследствие изгиба кромок внешнего протектора баллона. В процессе проектирования РКБ ШПМ задачу о максимально допустимом зазоре S между поверхностями внутреннего барабана трения 1 и фрикционными колодками 4 целесообразно решать в обратном порядке, для этого следует построить теоретический профиль каркаса резинокордного баллона во включенном состоянии с максимально изношенным фрикционным слоем колодок и определить периметр поперечного сечения его по внешнему слою.

Затем по выражению

$$\Pi_0 = \frac{\Pi_p}{1 + \varepsilon_p} \quad (5)$$

следует определить периметр каркаса в выключенном состоянии и по нему подобрать профиль баллона по пресс-форме. Такой метод решения поставленной задачи обеспечивает условие, что момент проскальзывания ШПМ будет не меньше заранее заданного момента трения при изношенном фрикционном слое колодок.

Таким образом, проведенное исследование и предложенный графоаналитический метод определения максимально допустимого зазора S между барабаном трения и фрикционными колодками резинокордного баллона ШПМ позволит конструировать шинно-пневматические муфты, обеспечивающие надежную передачу момента вращения без уменьшения площади контакта в течение гарантированного срока службы баллона.

Расчет каркаса РКБ ШПМ на прочность целесообразно вести с учетом выбранного радиального зазора S и при полном износе фрикционного слоя колодок.

Полученные результаты расчетов по предложенным выражениям (1)–(5) достоверно согласуются с результатами стендовых и эксплуатационных испытаний ШПМ в приводах судовых, нефтебуровых и нефтегазовых установок, машин и оборудования различного назначения.

Предложенные выражения могут быть применены при модернизации существующих и разработке новой, предполагающей использование компьютерной программы методики расчета и проектирования ШПМ с повышенными эксплуатационными параметрами.

Список литературы

1. Чулкин С. Г. Расчет максимально допустимого зазора в шинно-пневматической муфте: [текст] / С. Г. Чулкин, Б. Д. Кукаленко // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: ГУМРФ, 2013. — Вып. 3 (19).
2. Кукаленко Б. Д. Силовые элементы упругих муфт. Конструирование, производство, эксплуатация: [текст] / Б. Д. Кукаленко. — Л.: Химия, 1977. — 143 с.
3. Кукаленко Б. Д. Исследование и расчет основных статических нагрузок баллонов шинно-пневматических муфт: [текст] / Б. Д. Кукаленко, С. Г. Чулкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. — 2012. — № 3 (154).

УДК 519.63:539.384:629.12

К. О. Ломтева,
аспирант,

ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ВЫЧИСЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПАНЕЛИ ОБШИВКИ С РЕБРОМ ЖЕСТКОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ НАГРУЗКИ

CALCULATION OF DEFORMATION OF A RECTANGULAR PANEL CLADDING WITH STIFFENING RIB ON THE ACTION OF THE TRANSVERSE LOAD

В статье приведено численное исследование решения задачи изгиба защемленной по контуру прямоугольной панели с одним ребром жесткости. Итерационный метод суперпозиции исправляющих функций в виде гиперболическо-тригонометрических рядов дает в пределе решение, сходимость и точность которого зависят от числа членов в рядах и числа итераций. Представлены численные результаты для прогибов пластины.

The article provides a numerical study of solutions of tasks bending trapped on a contour of a rectangular panel with one ribs. The iterative method of superposition of correcting functions in the form of hyperbolic-trigonometric series gives in the limit solution, convergence and accuracy of which depends on the number of members in the ranks and the number of iterations. Presented numerical results for the deflection of the plate.