

УДК 631.3

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СФЕРИЧЕСКОГО СОЧЛЕНЕНИЯ ЗАГРУЗОЧНОГО РУКАВА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМПЛЕКСА

А. В. Голопятин, С. И. Кирилюк

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Задачей перегрузочного рукава межмодульного транспортирующего устройства зерноуборочного комплекса «Полесье» является бесперебойное обеспечение технологического процесса передачи убираемого продукта от конца выгрузного шнека до приемника очистителя-накопителя прицепленного у УЭС 2-250А.

В транспортирующем устройстве перегрузочный рукав соединяют с выгрузным шнеком посредством шарнирообразного сферического сочленения, образованного сферическим патрубком, закрепленным на конце шнека, и полый усеченной сферической опорой, смонтированной на свободном конце верхнего трубчатого переходника.

При движении КЗР-10, состоящего из нескольких связанных машин, по полю возникают ситуации, когда одна уборочная машина опускается вниз из-за неровности поля, а другая располагается на возвышении. В этом случае благодаря телескопическому соединению обеспечивается надежная и беспрепятственная перегрузка убираемого продукта от одной машины к другой. Сферическое сочленение патрубков также позволяет копировать как продольные, так и поперечные взаимные перемещения машины относительно другой, сохраняя при этом герметичность путепровода.

Одним из наиболее эффективных и экономичных путей решения этой задачи является формирование на рабочих поверхностях трущихся деталей самосмазывающихся антифрикционных покрытий, получивших широкое распространение во многих узлах трения современных машин. Для эффективного использования и нанесения покрытия рассмотрим силы действующие в сочленении (рис. 1).

Анализ проведем в следующей последовательности:

- определение угла  $\alpha$ , при котором нижняя часть трубы находится в состоянии равновесия под действием сил трения в сферическом основании;
- расчет контактного давления на поверхности сферической опоры;
- анализ напряженного состояния сферической опоры и определение напряжений в зоне сцепления покрытия с опорой.

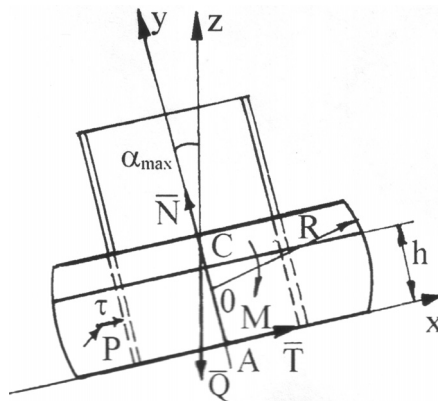


Рис. 1. Схема к статическому расчету блока труб, связывающего молотильно-сепарирующее устройство и очиститель-накопитель КЗР-10

При максимальном угле  $\alpha_{\max}$  контактные давления  $P$  и интенсивность сил трения  $\tau$  связаны законом Кулона:

$$\tau = fP, \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент трения в сферической опоре.

Приведем эти силы к точке  $A$  основания, находящейся на оси симметрии труб  $Y$ . Результирующая сила контактного давления  $N$  будет направлена вдоль оси симметрии  $Y$ . Результирующая сил трения  $T$  будет перпендикулярна к ней и связана соотношением

$$T = fN. \quad (2)$$

При таком приведении сил для равновесия системы совокупность сил должна быть еще приведена и к моменту  $M = T \cdot AC$ .

Спроектировав силы на ось  $Y$  и  $X$ , получим:

$$Q \cos \alpha_{\max} = N, \quad Q \sin \alpha_{\max} = T. \quad (3)$$

Разделив второе уравнение (3) на первое, получим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{T}{N} \text{ или с учетом (2): } \operatorname{tg} \alpha = f. \quad (4)$$

Таким образом, предельное состояние равновесия конструкции определяется простым соотношением:  $\alpha_{\max} = \operatorname{arctg} f$ .

Расчет контактного давления. Определим значение контактного давления, действующего в сферической опоре. Для этого вначале определим площадь контакта сферического основания со сферической опорой. Площадь контакта  $S$  равна площади сферического пояса:  $S = 2\pi R h$ . Для комплекса КЗР-10  $S = 2\pi \cdot 0,35 \cdot 0,196 = 0,46 \text{ м}^2$ , где  $R = 0,35$  м – радиус сферического основания;  $h = 0,196$  м – высота пояса.

Помимо веса труб необходимо учитывать инерционные силы, возникающие при движении зерноуборочного комплекса, и суммировать их с величиной веса. Приблизительно инерционные силы могут быть определены исходя из предложения о том, что центр тяжести совершает вертикальные гармоничные колебания:  $Z = A \sin \omega t$ , где  $A$  – амплитуда колебаний ( $A = 0,2$  м);  $\omega = 2\pi\nu$  ( $\text{с}^{-1}$ ) – круговая частота колебаний.

Поскольку частота колебаний составляет  $\approx 1$  Гц,  $\omega = 2\pi$  ( $\text{с}^{-1}$ ). Реагирующая сил инерции  $\Phi_c$ , приведенная к центру тяжести трубы  $C$ , определяется из выражения

$$\Phi_c = m_n Z_c, \quad (5)$$

где  $m_n = 30,21$  кг – масса нижней части блока труб;  $Z_c = -A\omega^2 \sin \omega t$  – ускорение центра масс.

Максимальное значение модуля сил инерции  $\Phi_{c\max}$  из (5) составит:

$$\Phi_c = m_n A \omega^2 = 23,8 \text{ Н.}$$

Таким образом, на сферическую основу перегрузочного рукава комплекта КЗР-10 действует сумма сил  $Q + \Phi_{c\max} = 30,21 \cdot 9,8 + 23,8$  Н.

## 68 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

Нормальная реакция  $N$  с учетом силы инерции определяется из соотношения (3):

$$N = (Q + \Phi_{c_{\max}}) \cos \alpha_{\max}. \quad (6)$$

Приняв коэффициент трения в сферической опоре равным 0,2, получаем из (5):  $\alpha_{\max} = \arctg 0,2 = 11,3^\circ$ . Откуда  $\cos \alpha_{\max} = 0,98$  и  $N = 313,7$  Н. Контактное давление найдем, разделив силу  $N$  на площадь контакта  $S$ :  $P = N/S = 729,5$  Н/м<sup>2</sup>. Реальное контактное давление  $P_p$  может быть оценено с помощью коэффициента динамичности  $K_d$ :  $P_p = K_d P$ . Реальное касательное напряжение  $\tau_p$  определится как  $\tau_p = f \cdot K_d P$ .