

УДК 677.05

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ГОФРИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА**

**DETERMINATION SOME GEOMETRIC CHARACTERISTICS  
OF CORRUGATING MECHANISM**

*О. Д. ЕГОРОВ*  
*O. D. EGOROV*

(Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»)  
(Moscow State University of Technology “STANKIN”)  
E-mail: egorovod@yandex.ru

*В статье представлены результаты исследования гофрирующего механизма машины типа ОВГ. Приведена методика определения величины зазора между дисками в зависимости от механических свойств волокна и дисков.*

*The article presents the results of research of the corrugate mechanism machine type OVG. Represented technique of definition gap size between the discs, depending on the mechanical properties fibers and discs.*

**Ключевые слова:** гофрирующий механизм, нить, диск, зазор.

**Keywords:** corrugating mechanism, fiber, disc, gap.

При гофрировании нити способом прессования ее подачу в зону деформирования осуществляют при помощи двух дисков, оси которых перпендикулярны продольной оси нити, вращающихся с угловой скоростью  $\Omega$ .

Так как нить в процессе работы гофрирующего механизма находится в натянутом состоянии, то в идеальном случае она поступает в зазор  $h$  между дисками в виде

слоя волокон, толщина которого равна диаметру  $D_1$  одного волокна. Для захвата нити дисками величину зазора устанавливают меньше диаметра волокна. При этом происходит его поперечная деформация. Для сохранения начальной прочности волокна деформация должна быть упругой, то есть после выхода из зазора толщина слоя волокон сохраняет свой первоначальный размер  $D_1$ .

Целью данной работы является определение условий захвата волокна и требуемого зазора между дисками, необходимого для обеспечения качественной подачи нити в зону деформирования.

Установим зазор между дисками меньше толщины волокна:

$$h = D_1 - 2\Delta, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – смещение каждого диска, необходимое для захвата и продвижения волокна.

Процесс захвата и подачи нити обеспечивают силы трения между рабочими поверхностями дисков и нити.

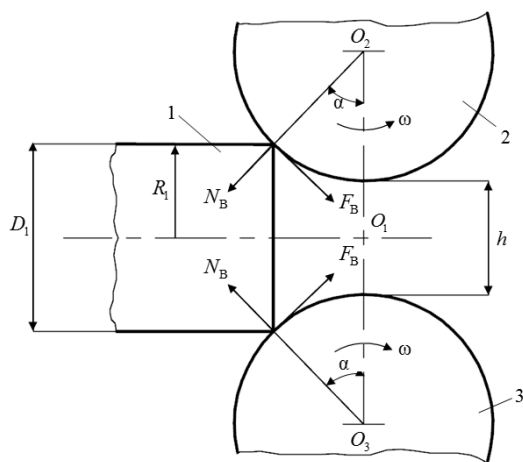


Рис. 1

Рассмотрим условия захвата одного волокна 1 дисками 2 и 3 (рис. 1 – момент захвата волокна дисками). В момент захвата силой инерции волокна пренебрегаем. Натяжение волокна отсутствует. При этом на волокно действуют нормальные  $N_B$  и касательные  $F_B$  силы, связанные между собой соотношением:

$$F_B = N_B \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол захвата волокна дисками.

Но касательная сила не может быть больше силы трения  $F_T$ , то есть:

$$F_B \leq F_T = N_B f, \quad (3)$$

где  $f$  – коэффициент трения между материалами дисков и волокна.

Из совместного решения (2) и (3) находим условие захватывания волокна:

$$\alpha \leq \operatorname{arctg} f.$$

При этом радиусы дисков можно определить из условия:

$$R_2 = R_3 \geq \frac{R_1}{1 - \cos \alpha},$$

где  $R_1$  – радиус волокна.

После захвата дисками волокна оно натягивается силой:

$$F_0 = \frac{F}{n},$$

где  $F$  – сила натяжения нити;  $n$  – число волокон в нити. В зоне контакта возникают силы нормального давления  $N_0$  и движущие силы  $F_{до}$  (рис. 2 – установившийся процесс движения волокна).

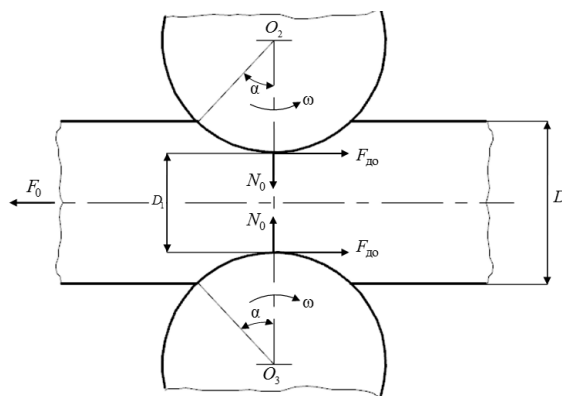


Рис. 2

Для осуществления движения волокна необходимо, чтобы движущие силы  $2 F_{до}$  были больше силы натяжения  $F_0$ . Движущими силами являются силы трения, то есть  $F_{до} = F_{то}$ .

Тогда:

$$F_{то} = N_0 f \geq \frac{F_0}{2},$$

где  $N_0$  – сила нормального давления между диском и волокном. Откуда сила нормального давления:

$$N_0 \geq \frac{F_0}{2f}. \quad (4)$$

В точке  $O$  первоначального соприкосновения волокна и диска (рис. 3 – взаимодействие волокна и диска) выбираем две

системы координат  $xz_1$  и  $xz_2$  так, чтобы оси  $z_1$  и  $z_2$  были направлены по общей нормали к соприкасающимся поверхностям внутрь каждого из тел. На поверхностях волокна и диска возьмем точки  $M_1$  и  $M_2$ , отстоящие от оси  $O_1O_2$  на расстояние  $m$  и между собой на расстояние  $z$ . Так как модуль упругости первого рода  $E_2$  материала диска значительно больше модуля упругости первого рода  $E_1$  материала волокна, то деформироваться будет только волокно.

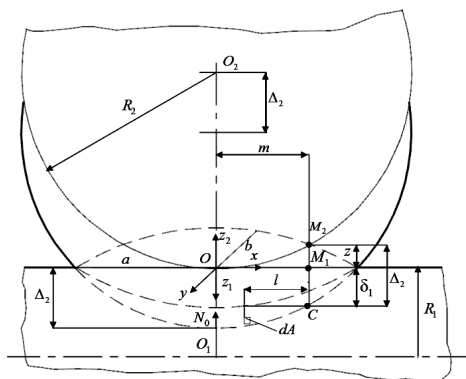


Рис. 3

Волокно и диск представляют собой цилиндры со взаимно перпендикулярными осями. Поэтому при деформировании волокна возникает пятно контакта в виде полуэллипсоида, а контуры площадок контакта будут представлять собой систему подобных эллипсов с полуосями:  $a$  – по оси  $x$ ,  $b$  – по оси  $y$  и с центром в начале координат  $O$ , описываемыми уравнением [2]:

$$z = \frac{x^2}{2R_1} + \frac{y^2}{2R_2}. \quad (5)$$

Если полуось  $a$  наибольшего эллипса контакта, лежащего в плоскости первоначального соприкосновения диска и волокна, будет равна или больше расстояния  $m$  от оси  $O_1O_2$  до точек  $M_1$  и  $M_2$ , то есть  $a \geq m$ , то эти точки придут в соприкосновение и дальше будут совместно перемещаться.

Условие перемещения точки  $M_1$  можно записать в виде:

$$\Delta_2 = z + \delta_1, \quad (6)$$

где  $\delta_1$  – упругая деформация волокна, определяемая по выражению [2]:

$$\delta_1 = K_1 \int_A \frac{P dA}{\ell}, \quad (7)$$

$K_1$  – коэффициент, обобщающий свойства материала волокна:

$$K_1 = \frac{1 - \mu_1^2}{\pi E_1}, \quad (8)$$

$\mu_1$  – коэффициент Пуассона материала волокна;  $P$  – нормальное давление на элементарной площадке площади контакта;  $dA$  – элементарная площадка площади контакта;  $\ell$  – расстояние от точек  $M_1$  и  $M_2$ , в которых определяем перемещение, до точки приложения элементарной силы  $P, dA$ .

Решая совместно (5), (6) и (7), получим:

$$\Delta_2 - \frac{x^2}{2R_1} - \frac{y^2}{2R_2} = K_1 \int_A \frac{P dA}{\ell}. \quad (9)$$

Давление  $P$  в произвольной точке площадки контакта с координатами  $x$  и  $y$  выражают зависимостью [1]:

$$P = \frac{3N_0}{2\pi ab} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2}. \quad (10)$$

Подставляя значение давления  $P$  из выражения (10) в зависимость (9), после преобразований найдем величину смещения диска  $\Delta_2$  [3]:

$$\Delta_2 = 0,655\lambda^3 \sqrt{\frac{N_0^2}{R_1} K_1^2}, \quad (11)$$

где  $\lambda = K \sqrt{\frac{4}{\pi^2 L \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}}$ ;  $K, L$  – полные эллиптические интегралы первого и второго

рода [2]. Графическая зависимость

$\lambda = f\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$  изображена на рис. 4.

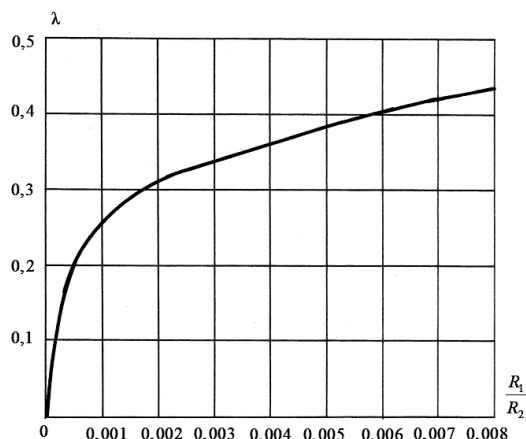


Рис. 4

Решая совместно (4), (8) и (11), определяем окончательно величину смещения диска 2:

$$\Delta_2 \geq 0,413\lambda^3 \sqrt{\frac{1}{R_1} \left(\frac{F_0}{f}\right) \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1}\right)^2}. \quad (12)$$

Смещение диска 3 будет таким же.

Смещение дисков нужно выбирать близким к расчетной величине. При значительном его превышении возникнут пластические деформации волокна, что может привести к снижению его прочности.

Величину зазора между дисками находим из совместного решения (1) и (12):

$$h \leq D_1 - 0,826\lambda^3 \sqrt{\frac{1}{R_1} \left(\frac{F_0}{f}\right) \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1}\right)^2}. \quad (13)$$

Из формулы (13) видно, что зазор между дисками зависит от механических свойств волокна, силы его натяжения и коэффициента трения между дисками и волокном.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования могут быть использованы как при проектировании новых гофрирующих механизмов, так и при эксплуатации существующих машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. – В 3-х т. Т II / Под ред. И.А. Биргера, Я.С. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968.
2. Расчеты на прочность в машиностроении. Справочник. – В 3-х т. Т. II / Под ред. С.Д. Пономарева. – М.: Машиностроение, 1959.
3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975.

## REFERENCES

1. Prochnost', ustojchivost', kolebaniya. Spravochnik. – V 3-h t. T II / Pod red. I.A. Birgera, Ya.S. Panovko. – M.: Mashinostroenie, 1968.
2. Raschety na prochnost' v mashinostroenii. Spravochnik. – V 3-h t. T. II / Pod red. S.D. Ponomareva. – M.: Mashinostroenie, 1959.
3. Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.V. Spravochnik po soprotivleniyu materialov. – K.: Naukova dumka, 1975.

Рекомендована кафедрой робототехники и мехатроники. Поступила 12.11.14.