

## О ПОЛЕ СИЛ ТРЕНИЯ В ВЫТЯЖНЫХ ПРИБОРАХ

А.Ф. ПЛЕХАНОВ, А.А. ЛЕБЕДЕВ, Е.А. ЛОБАШОВА, Ф.М. ПЛЕХАНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,  
Ивановская государственная текстильная академия)

Процесс вытягивания представляется чрезвычайно сложным и для его разъяснения можно привести лишь соображения самого общего характера [1]. Нами этот вопрос рассмотрен с точки зрения динамики процесса.

В [1] поле сил трения рассматривалось в статическом состоянии. Между тем процесс вытягивания является динамическим процессом с разными, но постоянными скоростями вытяжных пар, соответственно  $V_1$  и  $V_2$  (задний и передний цилиндры).

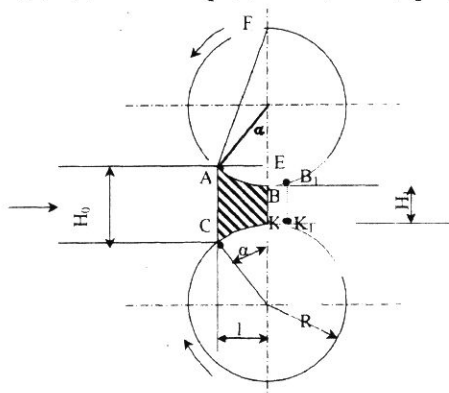


Рис. 1

Рассмотрим какую-либо одну из пар одинаковых диаметров. При продольном перемещении продукта со скоростью  $V$  (рис.1) контакт деформации заключен между контактными поверхностями на нижнем цилиндре и верхнем валике (область контакта АВ) и сечениями АС входа и ВК выхода продукта из области контакта.

При исследовании вопроса увеличением толщины продукта на выходе из вытяжной пары  $B_1K_1$  по отношению к ВК пренебрегаем. Фактический контакт деформации распространяется по обеим зонам, примыкающим к входу и выходу вытяжной пары, где деформация постепенно затухает.

Угол  $\alpha$  назовем углом захвата. Длину контакта деформации  $l = AE$  можно определить из подобия треугольников  $\triangle ABE$  и  $\triangle ABF$ :

$$\frac{FE}{AE} = \frac{AE}{BE} \rightarrow AE^2 = FE \cdot BE \rightarrow AE = \sqrt{FE \cdot BE} = \sqrt{\left(2R - \frac{\Delta H}{2}\right) \frac{\Delta H}{2}} = \sqrt{R \Delta H - 0,25(\Delta H)^2} \quad (1)$$

где  $\Delta H = H_0 - H_1$ .

Очевидно, что поскольку  $0,25(\Delta H)^2$  не-

сравненно мало по отношению к  $R \Delta H$ , то можно принять

$$\ell = \sqrt{R \Delta H}. \quad (2)$$

Таким образом, длина контакта деформации зависит от диаметров цилиндров и валиков.

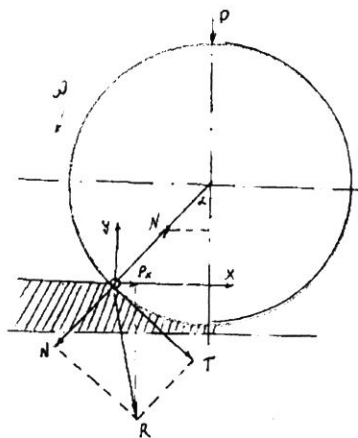


Рис. 2

В начальный момент соприкосновения продукта с валиками появляется нормальная сила  $N$  и сила трения  $T$  (рис.2). Результирующая сила  $R$  имеет горизонтальную составляющую  $P_x$ , величина которой и определяет условия захвата продукта.

Предположим, что  $P_x \leq 0$ , в этом случае захвата волокон не будет. Если  $P_x \geq 0$ , то захват волокон произойдет. Сила  $P_x$  возрастает, когда результирующая  $R$  делает поворот против часовой стрелки, в сторону вращения валика.

Поскольку

$$T = fN,$$

где  $f$  – коэффициент трения при захвате, а  $N = P \cos \alpha$ .

Тогда

$$T = f P \cos \alpha. \quad (3)$$

Из полученного выражения следует, что чем больше результирующая сила  $R$ , тем больше сила  $T$  трения захвата.

Известно, что коэффициент трения  $f = \tan \beta$ , где  $\beta$  – угол трения. Тогда  $\tan \beta$  должен быть больше  $\tan \alpha$  ( $\tan \beta \geq \tan \alpha$ ). Из этого следует, что  $\beta \geq \alpha$ . Это условие дает воз-

можность расчета максимальной величины захвата продукта валиками.

В [1] дано описание физического явления полей сил трения в вытяжных приборах, оси цилиндров и валиков которых расположены неподвижно в плоскости. Естественно, что в этом случае эпюра напряжений сжатия продукта выразится симметричной и противоположно направленной силе нагрузки [1], [2]. Эти напряжения распределяются на какую-то величину по закону нормального распределения Гаусса.

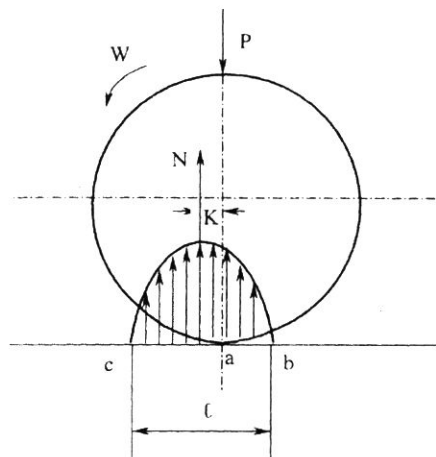


Рис. 3

Если перекачивать цилиндр (рис. 3) по какой-либо плоскости, то участок  $ac$  площадки деформации будет находиться в зоне нарастающих напряжений, а участок  $ab$  в зоне исчезающих. Как правило, в этих случаях кривая напряжений в зоне нарастающих напряжений выше, чем кривая в зоне затухающих деформаций. Поэтому распределение напряжений по площадке  $l$  будет несимметричным, с экстремумом, смещенным в противоположном направлении относительно движения продукта [3].

Результирующая  $N$  будет смещена влево от точки  $a$  на какую-то величину  $k$ . Это и есть плечо трения качения. Следовательно, здесь возникает момент трения качения  $M_{тр.к}$ , который может быть определен (рис. 4):

$$M_{тр.к} = Pk, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности и плечо силы  $P$ .

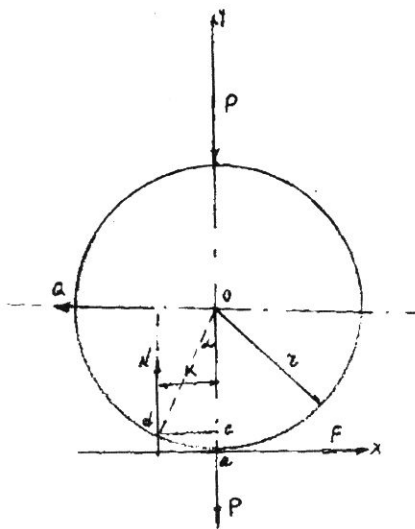


Рис. 4

Если цилиндр перекачивается в плоскости под действием внешней силы  $Q$ , приложенной в точке  $o$ , то равномерное перекачивание валика осуществляется парой сил  $Q$  и  $F$ , где  $F$  – сила трения скольжения в точке  $a$  и равна по величине силе  $Q$ .

Сила  $F$  есть сила трения, а  $f$  – коэффициент трения. Тогда

$$F = Pf. \quad (5)$$

Пара сил, под действием которых цилиндр перекачивается по плоскости, имеет момент сил

$$M = Qr,$$

где  $r$  – радиус цилиндра.

При равномерном движении этот момент равняется абсолютной величине момента сопротивления перекачиванию:

$$Qr = Pk.$$

Откуда

$$Q = \frac{P}{r}k. \quad (6)$$

Из соотношения видно, что движущая сила  $Q$  прямо пропорциональна коэффициенту трения качения и обратно пропорциональна радиусу цилиндра.

Из последнего равенства можно определить величину (плечо) смещения максимальной эпюры сил от нагрузки  $P$ :

$$k = \frac{Qr}{P}. \quad (7)$$

Учитывая, что  $Q = F$ , а  $F = fP$ , получаем

$$k = fr. \quad (8)$$

Это соотношение показывает: с уменьшением радиуса кривизны величина плеча  $k$  уменьшается.

Предположим, что  $r$  бесконечно малая величина, тогда  $k$  стремится к  $f$ .

Если из точки  $d$  провести горизонталь к точке  $e$ , то  $k$  становится катетом треугольника  $doe$ .

Тогда

$$\sin \alpha = \frac{k}{r}. \quad (9)$$

Если на ленточной машине принять нагрузку на валик  $P = 16$  кг, а его диаметр 32 мм, то

$$\sin \alpha = \frac{k}{r} = \frac{4 \text{ мм}}{16} = 0,25.$$

Откуда, используя (8), получим: величина смещения поля сил трения  $k = fr = 0,25 \cdot 16 = 4$  мм;  $f$  – коэффициент трения скольжения, равный  $\sin \alpha$ ; угол наклона вектора силы к поперечному сечению продукта соответствует углу  $14^\circ$ .

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что во вращающихся вытяжных парах недостаточно рассматривать только трение скольжения – необходимо учитывать и трение качения.

2. При нагрузке на валики, во время их вращения, поле сил трения смещается в сторону в противоположном направлении относительно движения продукта.

3. При нагрузке на валик в 16 кг и диаметре цилиндра 32 мм величина смещения поля сил трения  $k = 4$  мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Н.А.* Механическая технология волокнистых веществ. Бумагопрядильное производство. Отдел 1. Приготовительный. – Харьков, 1902.

2. *Зотиков В.Е., Будников И.В., Трыков П.П.* Основы прядения волокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1959.

3. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин. – М.: Гостехтеоретиздат, 1952. С.496.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 16.01.03.

---