

УДК 677.059

НАТЯЖЕНИЕ ПОЛОТНА ПРИ РАЗМОТКЕ РУЛОНА*

А. С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, А. И. ЧАНЫШЕВ

(Новосибирский технологический институт Московской государственной академии легкой промышленности)

Рассмотрим размотку рулона из рольганга и проведем исследование силовых соотношений контактного взаимодействия материала с неприводными свободновращающимися валиками (рис. 1-а, б).

Взаимодействие рулона со свободновращающимися неприводными валиками моделируем системой, аналогичной возникающей во фрикционной передаче.

При упрощенной постановке задачи считаем, что угол $\alpha = \pi/2$ [1]. Тогда из условия равновесия сил записываем

$$T = F_{12}, \quad (1)$$

где T — натяжение материала;

F_{12} — сила сцепления между рулоном и валиком рольганга.

Поскольку

$$F_{12} = F_{21}, \text{ а } F_{21}r_1 \geq F_{\text{тр}}r_2,$$

* Окончание. Начало см. в № 4 за 1997 г.

должно быть обеспечено условие

$$F_{12} \geq F_{\text{тр}}(r_2/r_1), \quad (2)$$

где $F_{\text{тр}}$ — сила трения в опоре валика рольганга;
 r_1 и r_2 — соответственно радиусы валика и цапфы.

Так как

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}}N, \text{ а } N = Q = G_1(\varphi_i) + G_2,$$

то

$$F_{\text{тр}} = [G_1(\varphi_i) + G_2]f_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где $G_1(\varphi_i)$ — вес рулона;
 G_2 — вес валика рольганга;
 $f_{\text{тр}}$ — коэффициент трения в опоре валика рольганга;
 N — нормальная реакция.

С учетом (2, 3) выражение (1) запишем в виде

$$T \geq [G_1(\varphi_i) + G_2]f_{\text{тр}}r_2/r_1. \quad (4)$$

Из (4) видно, что натяжение материала T зависит от отношения

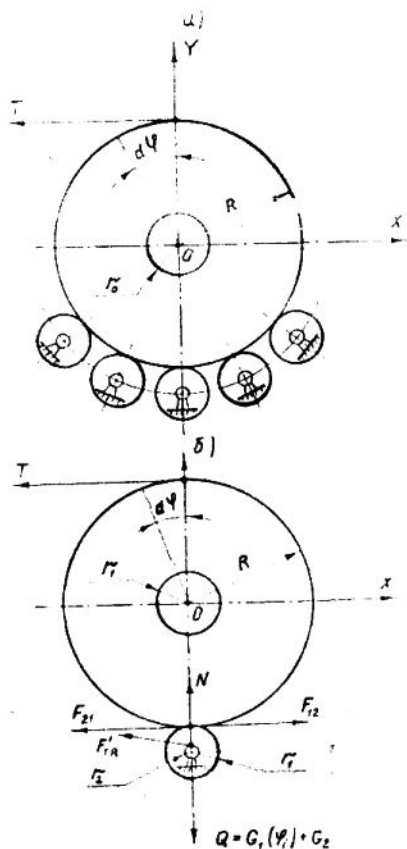


Рис. 1.

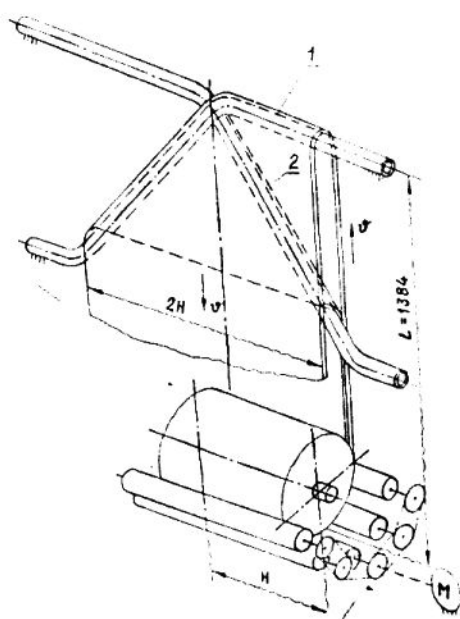


Рис. 2.

радиусов r_2/r_1 , коэффициента трения в опорах $f_{\text{тр}}$, веса рулона и валика G_2 .

Подставляя в выражение (4) значение веса G_2 , получаем:

$$T \geq G_1(\varphi_i) f_{\text{тр}} \frac{r_2}{r_1} + \frac{\pi \rho_1 g (r_2 r_1^2 H_1 + r_2^3 H_2)}{r_1} f_{\text{тр}}, \quad (5)$$

где ρ_1 — плотность материала валика;

g — гравитационная постоянная;

H_1, H_2 — соответственно длина валика и цапфы.

С целью обеспечения требуемого натяжения при размотке задаем необходимым соотношением r_2/r_1 , однако следует учитывать, что при увеличении r_1 возрастает вес валика G_2 .

Полагая, что функция (5) имеет экстремум, определим оптимальное значение радиуса r_1 валика, обеспечивающее минимум натяжения материала при его сматывании с рулона.

Продифференцируем выражение (5) по параметру r_1 и результат приравняем к нулю, тогда

$$\partial T / \partial r_1 = 0,$$

$$\frac{\partial T}{\partial r_1} = - \frac{G_1(\varphi_i) f_{\text{тр}} r_2}{r_1^2} + \pi \rho_1 g r_2 H_1 f_{\text{тр}} - \frac{\pi \rho_1 g r_2^3 H_2}{r_1^2} f_{\text{тр}} = 0. \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно r_1 , имеем

$$r_1 = \sqrt{\frac{G_1(\varphi_i)}{\pi \rho_1 g H_1} + \frac{r_2^2 H_2}{H_1}}. \quad (7)$$

Учитывая конструктивные и технологические параметры промерочно-браковочных и настилочных машин ($H_1 \gg H_2$, а $r_2 \ll r_1$), а также ограничения на величину T и условия проектирования, вторым членом подкоренного выражения (7) пренебрегаем.

Отсюда

$$r_1 = \sqrt{G_1(\varphi_i) / \pi \rho_1 g H_1}. \quad (8)$$

Таким образом, зная параметры рулона $G_1(\varphi_i)$, плотность материала валика ρ_1 , его длину H_1 , вычисляем оптимальное значение радиуса валика рольганга r_1 . При заданном (требуемом) T из соотношения (5) нетрудно определить и радиус цапфы r_2 . Для конкретных проектных параметров: $G_1(\varphi_i) = 295$ Н; $\rho_1 = 7850$ кг/м³; $H_1 = 1,65$ м; $H_2 = 0,05$ м; $g = 9,8$ м/с² радиусы валика и цапфы будут равны $r_1 = 27$ мм; $r_2 = 8$ мм.

Изложенная методика расчета была использована при проектировании рольганга для промерочно-браковочного комплекса (МАПБ-1) [2]. Вследствие того, что валики рольганга выбрали трубчатой конструкции из существующих сортаментов труб, радиус r_1 был принят равным 34,5 мм. Чтобы обеспечить натяжение текстильного материала в начале размотки, не превышающим допустимого значения $T \leq 0,05$ Н/см [3], и с учетом соотношения $r_2/r_1 = 0,29$, $f_{\text{тр}} = 0,01$, радиус цапфы был взят равным 10 мм.

Для принятых проектных конструктивных параметров валков рольганга расчетные натяжения материала, создаваемые в начале и конце размотки, соответственно составят $T_{\text{нн}} = 2,2$ Н; $T_{\text{кк}} = 1,3$ Н.

В процессе размотки $G_1(\varphi_i)$ убывает и при определенном значении φ_i силы контактного взаимодействия между валиками и рулоном могут оказаться недостаточными для преодоления моментов сил трения в опоре валика. При переходе процесса взаимодействия в режим проскальзывания натяжение материала определяется по методике, разработанной для второго варианта схемы размотки, рассмотренного в сообщении [1].

Определим условие, при котором валики рольганга будут совершать вращательное движение от взаимодействия с разматываемым рулоном.

Поскольку сила сцепления между рулоном и валиком равна окружной силе, приложенной к валику рольганга, согласно (4) можно записать

$$F_{12} \geq [G_1(\varphi_i) + G_2] f_{\text{тр}} r_2 / r_1 \quad (9)$$

Но так как

$$F_{21} = G_1(\varphi_i) f_1,$$

где f_1 — коэффициент трения (сцепления) между рулоном и валиком рольганга, то

$$G_1(\varphi_i) f_1 \geq [G_1(\varphi_i) + G_2] f_{\text{тр}} r_2 / r_1 \quad (10)$$

Преобразуя выражение (9), получаем

$$\begin{aligned} G_1(\varphi_i) f_1 - G_1(\varphi_i) f_{\text{тр}} r_2 / r_1 &\geq G_2 f_{\text{тр}} r_2 / r_1, \\ G_1(\varphi_i) &\geq G_2 f_{\text{тр}} r_2 / (f_1 r_1 - f_{\text{тр}} r_2). \end{aligned} \quad (11)$$

Зная изменение веса рулона G_1 от φ_i [1], определим его значение, при котором наступает режим контактного взаимодействия, характеризующийся скольжением оставшейся части рулона относительно поверхности валиков рольганга, а с помощью выражения (4) — величину натяжения материала.

При рассмотрении технологической схемы размотки из рольганга с приводными валиками для случая $v_n = v_{\text{от}}$, где v_n — окружная скорость валиков рольганга, а $v_{\text{от}}$ — скорость отвода материала из рольганга, величина $T_4 = 0$. В этом случае натяжение полотна определится весом участка материала G_y между линией его сматывания и линией контакта с другими рабочими органами, установленными на тракте движения. Например, для схемы размотки сдвоенного материала в промерочно-браковочной машине [2] (рис. 2):

$$G_y = LH\delta\rho g = 6,6 \text{ Н},$$

где $L = 1,364$ — длина участка материала, определяемая конструктивными параметрами машины, м;

$H = 0,8$ — ширина сдвоенного полотна, м;

$\delta = 0,004$ — толщина сдвоенного полотна, м;

$\rho = 262$ — объемная плотность материала (ткань пальтовой группы), кг/м^3 .

Анализ величин натяжения для различных вариантов схем размотки показывает, что наименьшее его значение может быть достигнуто при использовании рольганга с приводными валиками. В то же время необходимо учитывать, что при использовании подобного технического

решения необходима жесткая синхронизация скоростей размотки и отвода материала из зоны рольганга. Неравенство линейных скоростей материала на рассматриваемом участке его проводки может привести к неблагоприятным технологическим и эксплуатационным последствиям в работе системы последовательных механизмов машины.

Так, в случае превышения линейной скорости v отвода полотна по сравнению с окружной скоростью v_v валика (при $v_{от} > v_v$) возникает режим скольжения, характерный для размотки из неподвижного жесткого ложа [1], что ведет к значительному увеличению натяжения материала на технологическом тракте, то есть приводной рольганг практически утрачивает свое функциональное назначение. При $v_v > v_{от}$ возможны подмотка сматываемого участка полотна на приводные валики рольганга и нарушение работоспособности технологической машины в целом.

Поскольку натяжение материала при использовании рольганга с неприводными валиками с опорами качения значительно меньше гравитационной составляющей транспортируемого участка ($T_{зн} \ll G_y$) и его значение не превышает пределов упругой деформации, то с учетом требований надежности работы, улучшения условий эксплуатации, снижения энергоемкости и стоимости технологического оборудования предпочтительным является вариант размотки из рольганга со свободновращающимися валиками на опорах качения.

Технология размотки рулона из неподвижного жесткого ложа не может быть рекомендована для систем машины подготовительно-раскройного производства вследствие натяжения и деформаций материала, превышающих условно-упругие значения.

ВЫВОДЫ

1. Полученные модели натяжения полотна для различных технологических схем размотки позволяют количественно оценить силовые соотношения контактного взаимодействия материала с элементами размоточных механизмов.

2. Установлено, что с учетом требований обеспечения условно-упругих деформаций, а также вследствие относительно меньшей энергоемкости и стоимости технологического оборудования, предпочтительным следует считать вариант размотки рулона из рольганга со свободновращающимися валиками на опорах качения.

3. Предлагаемая методика анализа и расчета элементов систем размотки апробирована при проектировании рольганга промерочно-браковочного комплекса и может быть рекомендована для практического использования при разработке размоточных механизмов, используемых для переработки рулонных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков А. С., Чанышев А. И. // Изв. вузов. — Технология текстильной промышленности. — 1997. № 4.
2. Железняков А. С. и др. // Швейная промышленность. — 1991, № 5. С. 19. .20.
3. Бузов Б. А., Модестова Т. А., Алыменкова Н. Д. Материаловедение швейного производства. — М.: Легкая индустрия, 1978.

Рекомендована кафедрой машины и аппараты легкой промышленности. Поступила 20.02.97.