

## АНАЛИЗ РАБОТЫ НАКОПИТЕЛЯ НИТИ ДЛЯ НАМОТКИ КОНИЧЕСКИХ БОБИН НА МАШИНЕ ПСК-225 ШГ

Т. Я. РУДОВСКАЯ, А. П. СОРКИН

(Костромской государственный технологический университет)

При формировании конических бобин на машинах с постоянной скоростью выпуска продукта процесс намотки осуществляется с помощью накопителя — устройства, позволяющего принимать пряжу с постоянной скоростью и выдавать ее с переменной, обеспечивая гарантированный запас пряжи в своем бункере. Известные устройства подобного типа [1..3], изменяющие скорость вращения мотального вала или бобины в зависимости от степени заполнения бункера накопителя, довольно сложны по кинематике и непригодны для машин с большим числом выпусков, поскольку требуют индивидуального управления скоростью намотки на каждом месте.

Для регулирования наполнения бункера накопителя следует помнить, что количество наматываемой нити зависит не только от скорости  $v$  наматывания, но и от  $\varepsilon_n$  — относительной деформации нити. Действительно, масса нити  $dM_n$ , наматанной за время  $dt$ ,

$$dM_n = mv(1 - \varepsilon_n)dt, \quad (1)$$

где  $m$  — линейная плотность пряжи в свободном состоянии.

Путем изменения относительной деформации нити при входе ее на паковку можно управлять наполнением бункера накопителя и, таким образом, обеспечивать стабильную работу мотального механизма при формировании конических паковок.

На рис. 1 приведена схема устройства, основанного на данном принципе, которое содержит бункер 1 цилиндрической формы и в его левом торце механизм 2, укладывающий нить по укороченной эпициклоиде аналогично укладке ленты в таз на ленточной машине. Дно бункера 3 подпружинено, поэтому уплотняет массу нити, находящуюся в бункере. В дне 3 имеется отверстие для выхода нити с переменной

скоростью и прохождения ее между тарелочками натяжителя 4 для дальнейшей намотки. Тарелочки 4 прижимаются друг к другу пружиной 5, сила прижима  $F$  которой зависит от положения дна 3 в бункере 1, так как нижний (по схеме) конец пружины упирается в правое плечо рычага 6, а его левое плечо опирается на клин 7, жестко связанный с дном 3 бункера 1.

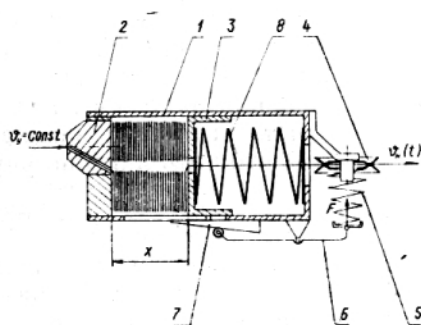


Рис. 1.

При работе устройства нить из выпускной пары поступает в бункер 1. По кинематическим условиям механизм укладки нити не обеспечивает постоянства ее скорости  $v_y$  и если учесть, что нить затягивается в бункер силами трения, а скорость ее укладки в любой момент превысит скорость выпуска пряжи, то закон укладки нарушается. В этом случае натяжение нити при укладке в бункер обуславливается только силами трения ее о тарелку укладчика и ранее уложенную в бункер нить. Нить из бункера выводится с переменной скоростью  $v_n(t)$ , а ее натяжение при поступлении в намотку определяется силой  $F$ .

При уменьшении заполнения бункера расстояние  $x$  от механизма укладки 2 до дна 3 уменьшается и рычаг 6 поворачивается клином 7 против часовой стрелки, сжимая своим правым плечом пружину 5, что вызывает увеличение  $T_n$  — натяжения нити, поступающей в намотку, и  $\epsilon_n$  — относительной деформации нити, а следовательно, согласно (1), и уменьшение массы нити  $dM_n$ , извлекаемой из бункера за время  $dt$ . В результате заполнения  $x$  бункера должно увеличиться.

Проанализируем изменение величины  $x$  при различных режимах работы накопителя, полагая в первом приближении, что длина пружины 8 достаточно велика и создаваемое ею давление не зависит от  $x$ . Тогда

$$dx = K_M dM, \quad (2)$$

где  $K_M$  — коэффициент пропорциональности, учитывающий диаметр бункера и плотность укладки в нем нити;

$dM$  — изменение массы нити в бункере за время  $dt$ .

Представим

$$dM = dM_y - dM_n, \quad (3)$$

где  $dM_y$  — масса нити, укладываемой в бункер за время  $dt$ .

С учетом (3) выражение (2) примет вид

$$dx = K_M (dM_y - dM_n). \quad (4)$$

Подставляя сюда значения  $dM$  из (1), записанные для соответствующих режимов, получаем

$$dx = K_M m \{v_y (1 - \epsilon_y) - v_n(t) [1 - \epsilon_n(x)]\} dt, \quad (5)$$

где  $v_y$  — скорость укладки нити в бункер;

$\epsilon_y$  — относительная деформация нити при укладке в бункер;

$v_n(t)$  — скорость намотки нити на бобину;

$\varepsilon_H(x)$  — относительная деформация нити при входе в намотку, зависящая от заполнения бункера.

Выражение (5) представляет собой дифференциальное уравнение для исследования заполняемости бункера и натяжения нити на входе в намотку при различных законах изменения скорости наматывания.

Полагая, что нить линейно упругая, записываем

$$\varepsilon_H = \varepsilon_{\max} - kx, \quad (6)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий жесткость нити, силу трения между нитью и тарелочками натяжителя, жесткость пружины 5 и передаточное отношение клина 7 и рычага 6;

$\varepsilon_{\max}$  — исходная деформация нити (при  $x=0$ ).

Рассмотрим варианты соотношения скоростей  $v_y$  и  $v_H(t)$ .

Пусть  $v_H = \lambda v_y = \text{const}$ , где  $\lambda$  — коэффициент пропорциональности. В этом случае (5) с учетом (6) имеет вид

$$dx/[1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}) - k\lambda x] = K_M m v_y dt. \quad (7)$$

Решением (7) с начальными условиями  $t=0$  и  $x=x_0$  будет

$$x = \lambda k^{-1} \{ 1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}) - [1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}) - \lambda k x_0] \exp(-K_M m v_y \lambda k t). \quad (8)$$

В установившемся режиме (при  $t \rightarrow \infty$ ) дно расположится на уровне

$$x = \lambda k^{-1} [1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max})]. \quad (9)$$

Для нормальной работы накопителя в любой момент времени  $0 < x < x_{\max}$ , то есть

$$0 < \lambda k^{-1} [1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max})] < x_{\max} \quad (10)$$

или, учитывая  $k = (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_0)/x_{\max}$  (где  $\varepsilon_0$  — относительная деформация нити при  $x = x_{\max}$ ),

$$(1 - \varepsilon_y)/(1 - \varepsilon_0) < \lambda < (1 - \varepsilon_y)/(1 - \varepsilon_{\max}). \quad (11)$$

Рассмотрим случай неравномерного извлечения нити из бункера:  $v_H = \lambda v_y (1 - b \sin \omega t)$ , где  $b < 1$ . Тогда (5) запишется иначе:

$$dx = K_M m v_y [(1 - \varepsilon) - \lambda(1 - b \sin \omega t)(1 + kx - \varepsilon)] dt \quad (12)$$

или после приведения к стандартному виду

$$x' + K_M m v_y k \lambda (1 - b \sin \omega t) x = K_M m v_y [1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}) + \lambda b (1 - \varepsilon_{\max}) \sin \omega t]. \quad (13)$$

Выражение (13) представляет собой линейное дифференциальное уравнение первой степени с правой частью. Поскольку нас интересует поведение системы в установившемся режиме, в процессе преобразований пренебрегаем величиной  $\omega^{-1} \cos \omega t \ll 1$  в сравнении с  $t$  в аргументе экспоненциальной функции. Тогда общее решение (13) примет вид

$$x = (1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max})) \lambda k^{-1} + K_M m v_y \lambda b (1 - \varepsilon_{\max}) (K_M m v_y \lambda k \sin \omega t - \omega \cos \omega t) + C_1 \exp[-K_M m v_y \lambda k t] / [\omega^2 + (K_M m v_y \lambda k)^2]. \quad (14)$$

Константу интегрирования  $C_1$  определяем из начальных условий.

$$C_1 = x_0 - (1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}))\lambda k^{-1} - K_M m v_y \lambda b (1 - \varepsilon_{\max}) \omega / [\omega^2 + (K_M m v_y \lambda k)^2]. \quad (15)$$

Окончательно получаем

$$x = \frac{(1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}))}{\lambda k} + \frac{K_M m v_y \lambda b (1 - \varepsilon_{\max})}{\omega^2 + (K_M m v_y \lambda k)^2} \times \\ \times (K_M m v_y \lambda k \sin \omega t - \omega \cos \omega t) + \left[ x_0 - \frac{(1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max}))}{\lambda k} - \right. \\ \left. - \frac{K_M m v_y \lambda b (1 - \varepsilon_{\max})}{\omega^2 + (K_M m v_y \lambda k)^2} \right] \omega \exp(-K_M m v_y \lambda k t). \quad (16)$$

Положение дна в установившемся режиме (при  $t \rightarrow \infty$ ) определяется выражением

$$x = 1 - \varepsilon_y - \lambda(1 - \varepsilon_{\max})\lambda k^{-1} + K_M m v_y \lambda b (1 - \varepsilon_{\max}) (K_M m v_y \lambda k \sin \omega t - \omega \cos \omega t) / [\omega^2 + (K_M m v_y \lambda k)^2]. \quad (17)$$

Из сравнения (17) и (9) делаем вывод, что дно бункера колеблется с угловой частотой  $\omega$  около положения, определяемого выражением (9), причем амплитуда колебаний обратно пропорциональна квадрату их частоты.

Расчет накопителя для машины ПСК-225ШГ проводился при  $v_y = 200$  м/с,  $\omega = 11,6$  с<sup>-1</sup>,  $\lambda = 1,01$ ,  $\varepsilon_y = 0,01$ ,  $\varepsilon_0 = 0,005$ ,  $\varepsilon_{\max} = 0,03$ ,  $k = 5 \cdot 10^{-4}$  мм<sup>-1</sup>,  $b = 0,935$ ,  $m = 5 \cdot 10^{-5}$  г/мм и  $K_M = 3,5$  мм/г. Принятое значение  $\varepsilon_{\max} = 0,03$  соответствует 32 % разрывного удлинения для самокруточной пряжи, что не должно вызывать повышения обрывности даже в переходном режиме работы накопителя. По результатам расчета дно в установившемся режиме движется согласно закону

$$x = 21,7 + 0,025 \cos 11,6 t \text{ (мм)}. \quad (18)$$

Подставляя (18) и (10) в (6), получаем закон изменения относительной деформации нити при ее входе в намотку:

$$\varepsilon_n(x) = 0,019 - 1,25 \cdot 10^{-5} \cos 11,6 t, \quad (19)$$

который позволяет заключить, что в установившемся режиме работы натяжение сохраняется постоянным, так как величину его изменения, соответствующую относительной деформации  $1,25 \cdot 10^{-5}$ , невозможно зарегистрировать на фоне колебаний натяжения вследствие прохождения неоднородностей пряжи через натяжитель и других случайных причин.

## ВЫВОДЫ

Накопитель нити, контролирующий резервный запас пряжи путем изменения деформации поступающей в намотку нити, обеспечивает стабильный процесс формирования конических бобин на машинах с постоянной скоростью выпуска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Grocyolinski M., Kedzia S., Sasin J.*//Przegląd włokienniczy. — 1980, 34, № 6. С. 341...343, 308...310.
2. А. с. СССР 245642 D01H 13/14./F. Вурьсек, Г. Теречин. — Оpubл. 1987.
3. *Enderlin R.* Dipositif accumulateur de fils textiles. Заявка Франции 2576885 B65H 51/22, 1986.

Рекомендована кафедрой теоретической механики. Поступила 03.10.96

---