

УДК 677.024

**ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СКАЛА
НА НАТЯЖЕНИЕ НИТЕЙ ОСНОВЫ***М. Ю. БЫКОВ, Ю. Ф. ЕРОХИН***(Шуйский государственный педагогический институт,
Ивановская государственная текстильная академия)**

При работе ткацких станков, оснащенных основными регуляторами, на натяжение нитей основы отрицательно влияют колебания подпружиненной скальной системы [1, 2]. Это существенно сказывается на обрывности и качестве вырабатываемых тканей. Чтобы избежать этого, часто, особенно при выработке тяжелых и плотных тканей, применяют неподвижно закрепленные скала. Однако нельзя не учитывать и то, что в этом случае колебания возникают внутри самого скала от сил приобоя и зевобразования.

Проанализируем влияние этих колебаний на натяжение нитей основы.

Для наглядности расчетов рассмотрим отдельно колебательные процессы и силы, возникающие при приборе и зевобразовании.

Изменение возмущающей силы в процессе прибора, действующей на скало и вызывающей его колебание, выразим через зависимость [3]:

$$P_i = P_{\max} \sin[\pi(t_i - t_1)/(t_2 - t_1)], \quad (1)$$

где P_{\max} — максимальная величина силы прибора, Н;

t_i — текущее время поворота главного вала станка, за которое происходит прибор утолщины к опушке ткани, с;

t_1 — время начала действия силы прибора, с;

t_2 — время окончания действия силы прибора, с;

$\tau = (t_2 - t_1)$ — продолжительность действия возмущающей силы на скало, с.

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний с одной степенью свободы для данной системы с учетом действия сил сопротивления со стороны основных нитей и ткани запишется в виде

$$m\ddot{y} + \alpha\dot{y} + cy = P_{\max} \sin[\pi(t_i - t_1)/(t_2 - t_1)], \quad (2)$$

где y — стрела прогиба;

α — коэффициент пропорциональности между силой сопротивления и скоростью.

Примем в (1) $\Theta = \pi/(t_2 - t_1)$ — угловая частота от возмущающей силы;

$2n = \alpha/m$ — коэффициент затухания колебаний скала;

$K^2 = c/m$ — собственная частота колебаний при отсутствии сопротивления;

c — коэффициент жесткости системы скала и расположения опор, н/м.

Тогда получим

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + K^2y = P_{\max}/m \sin(\Theta\tau). \quad (3)$$

Общее решение уравнения (3) представим как сумму двух составляющих:

$$y = y_1 + y_2, \quad (4)$$

где y_1 — общее решение дифференциального уравнения $\ddot{y} + 2n\dot{y} + K^2y = 0$, соответствующее данному неоднородному уравнению (3);

y_2 — частное решение неоднородного уравнения (3).

При $n < K$ решение уравнения $\ddot{y} + 2n\dot{y} + K^2y = 0$ запишется в виде

$$y_1 = e^{-nt}(c_1 \cos n_1 t + c_2 \sin K_1 t), \quad (5)$$

где $K_1 = \sqrt{K^2 - n^2}$ — собственная частота колебаний с учетом сил сопротивления, с⁻¹.

В свою очередь,

$$y_2 = A \sin(\Theta\tau - \varphi), \quad (6)$$

где φ — сдвиг фазы колебаний по сравнению с фазой возмущающей силы, рад.

Продифференцировав уравнение (6) дважды по времени t и подставив его в (3), получим

$$\begin{aligned}
& -A\theta^2 \sin\theta\tau \cos\varphi + A\theta^2 \cos\theta\tau \sin\varphi + \\
& + 2nA\theta \cos\theta\tau \cos\varphi + 2nA\theta \sin\theta\tau \sin\varphi + \\
& + K^2 A \sin\theta\tau \cos\varphi - K^2 A \cos\theta\tau \sin\varphi = (P_n/m) \sin\theta\tau.
\end{aligned}$$

Приравнивая между собой коэффициенты перед функциями $\cos\theta\tau$ и $\sin\theta\tau$ в левой и правой частях этого равенства, имеем

$$-A\theta^2 \cos\varphi + 2nA\theta \sin\varphi + K^2 A \cos\varphi = P_{\max}/m, \quad (7)$$

$$A\theta^2 \sin\varphi + 2nA\theta \cos\varphi - K^2 A \sin\varphi = 0. \quad (8)$$

Решив уравнения (7, 8), получим

$$A(K^2 - \theta^2) = (P_{\max}/m) \cos\varphi, \quad (9)$$

$$2KA\theta = (P_{\max}/m) \sin\varphi. \quad (10)$$

Возведя в квадрат (9) и (10) и сложив их, запишем

$$\begin{aligned}
A^2(K^2 - \theta^2) + 4nA^2\theta^2 &= (P_{\max}/m) (\cos^2\varphi + \sin^2\varphi), \\
A &= P_{\max}/m \sqrt{(K^2 - \theta^2) + 4n^2\theta^2}, \quad (11)
\end{aligned}$$

где A — амплитуда вынужденных колебаний с учетом сопротивления.

Рассматривая (8), определяем сдвиг фазы колебаний скала по сравнению с фазой возмущающей силы

$$\begin{aligned}
\theta^2 \sin\varphi + 2n\theta \cos\varphi - K^2 \sin\varphi &= 0, \\
\sin\varphi(\theta^2 - K^2) + 2n\theta \cos\varphi &= 0, \\
\operatorname{tg}\varphi &= -2n\theta/(\theta^2 - K^2) = 2n\theta/(K^2 - \theta^2).
\end{aligned}$$

Следовательно,

$$y = \operatorname{arctg}[2n\theta/(K^2 - \theta^2)]. \quad (12)$$

Поскольку $K < \theta$, то $\varphi = \operatorname{arctg}[2n\theta/(\theta^2 - K^2)] + 0,5\pi$.

Таким образом, общее решение дифференциального уравнения примет вид

$$\begin{aligned}
y &= y_1 + y_2 = e^{-nt} (c_1 \cos K_1 t + c_2 \sin K_1 t) + \\
&+ P_n \sin(\theta\tau - \varphi) / \sqrt{m(K^2 - \theta^2) + 4n^2\theta^2}. \quad (13)
\end{aligned}$$

При условии, что в начальный момент времени $t=0$; $y=y_0$; $\dot{y}=\dot{y}_0$,

$$\begin{aligned}
y &= e^{-nt} \left(y_0 \cos K_1 t + \frac{\dot{y}_0 + ny_0}{K} \sin K_1 t \right) + A e^{-nt} [\sin(\theta t + \varphi) \cos K_1 t + \\
&+ \frac{n \sin(\theta t_1 + \varphi) - \theta \cos(\theta t_1 + \varphi)}{K_1} \sin K_1 t] + A \sin(\theta\tau - \varphi). \quad (14)
\end{aligned}$$

Первое слагаемое уравнения (14) соответствует свободным колебаниям скала, зависящим только от начальных условий, второе слагаемое соответствует свободным сопровождающим колебаниям скала и зависит только от действия возмущающей силы. Третье слагаемое представляет собой вынужденные колебания скала.

Рассмотрим колебательный процесс от сил, возникающих при зевобразовании. Предположим, что ремизка движется по закону с синусоидальным ускорением, для которого справедлива зависимость

$$S_i = S_{\max} [\varphi_i / \varphi_{\text{уд}} - (\sin(2\pi\varphi_i / \varphi_{\text{уд}}) / 2\pi)], \quad (15)$$

где S_{\max} — максимальное перемещение ремизки, м;
 φ_i — текущий угол поворота кулачка зевобразовательного механизма, рад;
 $\varphi_{\text{уд}}$ — фазовый угол удаления кулачка, рад;
 S_i — текущее значение перемещения ремизки, м.

Предположив, что при S_{\max} скало испытывает максимальную нагрузку от зевобразователя P_{\max} , получим зависимость между текущим значением действия силы и прогибом скала:

$$y_c = \delta_1 P_i = \delta_1 P_{\max} S_i / S_{\max},$$

где δ_1 — прогиб скала под действием единичной нагрузки;
 P_{\max} — максимальная величина возмущающей силы от зевобразователя, Н.

С помощью формул (14) и (15) нами были выполнены расчеты колебания скала с использованием ЭВМ.

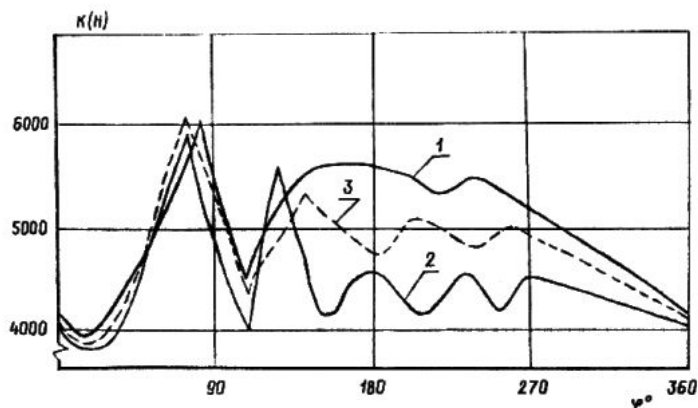


Рис. 1.

На основании расчетов на рис. 1 показано натяжение нитей основы с учетом колебаний скала (кривая 1). Здесь же приведены копии осциллограмм натяжения основных нитей с подвижным (кривая 2) и неподвижным (кривая 3) скалом.

ВЫВОДЫ

1. Получены формулы для определения колебаний неподвижного скала от действия сил приоя и зевобразователя.
2. Представлены графики изменения натяжения нитей основы за цикл работы ткацкого станка с жестко закрепленным скалом.
3. При сравнительном анализе колебаний скала ткацкого станка, согласно осциллограммам, сделан вывод, что для стабилизации натяжения нитей основы при выработке тяжелых по весу тканей скало необходимо закреплять не точечными опорами, а опорой в виде плоскости.
4. Для стабилизации натяжения основных нитей нами разработан новый механизм отпуска и натяжения, работа которого описана в [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 1612010 СССР. Механизм отпуска и натяжения основы на ткацком станке/Ерохин Ю. Ф., Быков М. Ю. — Оpubл. 1990 г. Бюл. № 45.
2. Гордеев В. А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. — М.: Легкая индустрия, 1965.
3. Быков М. Ю. Разработка параметров стабилизации натяжения нитей основы в процессе ткачества: Дис. ... канд. техн. наук. — Иваново, 1992.

Рекомендована кафедрой ткачества ИГТА. Поступила 21.04.97.
