

УДК 677.021

ОСОБЕННОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ВОЛОКНА РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ КОТЕНИЗАТОРА С УЧЕТОМ ИХ УПРУГИХ СВОЙСТВ

С.Н. ВИХАРЕВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, С.А. ЩЕРБИНИН, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Для очистки и уменьшения линейной плотности короткоштапельного льняного волокна часто применяются так называемые котенизаторы, действие которых основано на протрепывании зажатой бородки волокна. Такая схема воздействия на волокно применяется во многих устройствах для очистки волокна.

Нами разрабатывается валичный очиститель-котенизатор, работающий по этому принципу. Рабочие органы таких устройств представляют собой, как правило, игольные или пильные цилиндры, элементы гарнитуры которых производят различное по характеру воздействие на волокно. Это воздействие может быть ударным или прочесывающим, когда игла перемещается по волокну.

Жесткостные характеристики игл и прядки волокна оказывают влияние на качество обработки волокна. Раскроем механизм взаимодействия упругой иглы с лентой волокна. За основу возьмем разработки [1...4].

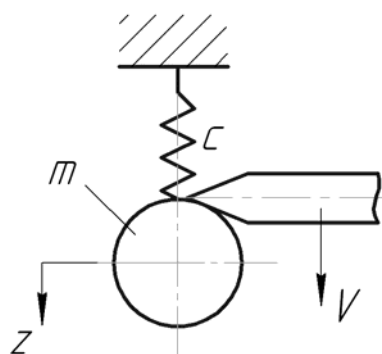


Рис. 1

Рассмотрим процесс взаимодействия иглы или зуба пилы с зажатой бородкой в случае, когда жесткость иглы намного выше жесткости пряди волокна, и в случае, когда игла (зуб пилы) имеют жесткость, сравнимую с жесткостью прядки.

При взаимодействии прядки с жесткой иглой (рис.1 – динамическая модель взаимодействия прядки волокна с жесткой иглой, где m – приведенная масса прядки; c – ее жесткость) перемещение иглы определяется выражением:

$$z = V t, \quad (1)$$

где V – скорость вращения пильного цилиндра; t – время взаимодействия.

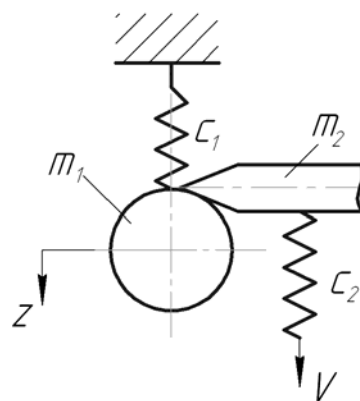


Рис. 2

Взаимодействие прядки волокна в случае, если жесткость иглы сравнима с жесткостью прядки волокна, можно описать динамической моделью (рис.2, где m_1 –

приведенная масса пряжки; c_1 – ее жесткость; m_2 – приведенная масса иглы; c_2 – жесткость иглы; z – координата движения центра масс).

Взаимодействие упругой иглы с пряжкой волокна выразим с помощью уравнения:

$$(m_1 + m_2) \frac{d^2 z}{dt^2} = c_2 Vt - (c_1 + c_2)z, \quad (2)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{(c_1 + c_2)}{m_1 + m_2} z = \frac{c_2 Vt}{m_1 + m_2}. \quad (3)$$

Если пренебречь m_1 – приведенной массой пряжки волокна, то

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + p_0^2 z = \frac{c_2 Vt}{m_2}, \quad (4)$$

где $p_0 = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_2}}$ – частота собственных колебаний иглы.

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + p_0^2 z = \frac{c_2 Vt}{m_2}, \quad (5)$$

отсюда уравнение движения иглы будет иметь вид:

$$z = A \sin p_0 t + B \cos p_0 t + \frac{c_2}{mp_0^2} Vt, \quad (6)$$

где A и B – постоянные, которые могут быть определены из начальных условий.

Решим уравнение (6) при начальных условиях $t=0$, $z=0$, $\frac{dz}{dt} = V$.

В результате уравнение, описывающее движение иглы, примет вид:

$$z = \frac{c_2}{c_1 + c_2} Vt + V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}} \sin \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} t. \quad (7)$$

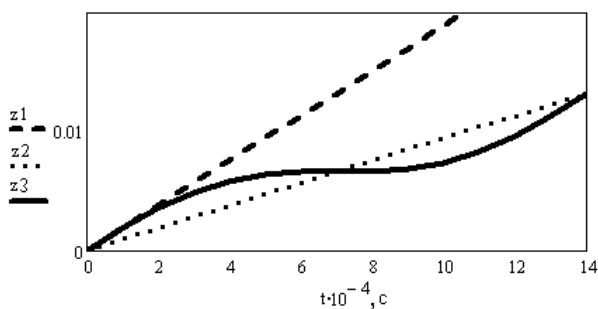


Рис. 3

На рис. 3 представлено численное решение уравнения перемещения иглы (z_1 – перемещение иглы высокой жесткости, $z_2 = vt$; z_3 – перемещение иглы малой жесткости $z = \frac{c_2}{c_1 + c_2} vt$; $z_3 = z = f(t)$ из выражения (7)).

При расчетах использовались следующие значения величин, входящих в выражение: $V=18,84$ м/с; $C_1=1000$ Н/м; $C_2=2000$ Н/м.

Необходимо отметить, что взаимодействие иглы с бородкой длится очень ко-

роткое время, сравнимое с периодом колебаний иглы, описываемых выражением (7)

Анализ этого уравнения позволяет сделать вывод о том, что деформация иглы увеличивается с переменной скоростью. Скорость нарастания деформации пряжки, а значит и скорость приложения нагрузки к ней меньше, по сравнению со случаем применения иглы большей жесткости (рис. 3).

Это обеспечивает более бережную обработку волокна и ведет к снижению числа коротких волокон в конечном продукте за счет меньших усилий, растягивающих волокно, и меньшей скорости их нарастания.

После достижения какой-то предельной нагрузки волокно либо будет извлечено из зажима, либо разрушено. Усилие, приложенное к волокну, будет определяться ускорением, с которым движется игла.

Ускорение иглы определяется выражением:

$$a = -V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} \sin \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} t. \quad (8)$$

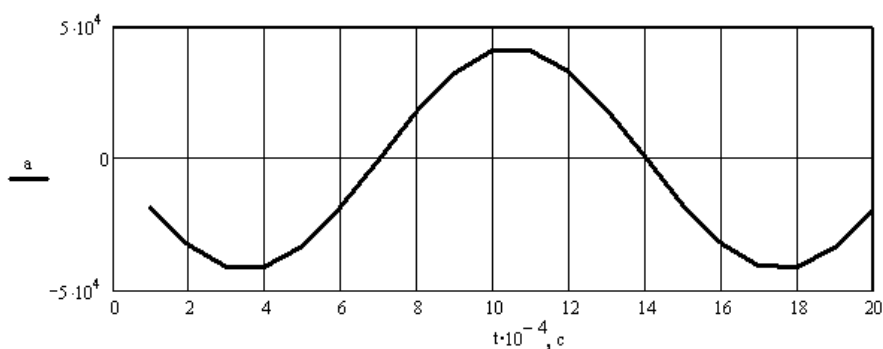


Рис. 4

На рис.4 представлено графическое изображение ускорения иглы при взаимодействии с прядкой.

Как видно из графика, при такой обработке возникают знакопеременные ускорения, которые приводят к появлению значительных сил инерции, действующих на сорные примеси, содержащиеся в волокне, что приводит к их повышенному выделению. Ускорение и амплитуда колебаний иглы будут зависеть от характеристик иглы и прядки волокна.

Амплитуда колебаний системы определяется выражением

$$A = V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}. \quad (9)$$

Рассмотрим, как зависит амплитуда колебаний иглы от жесткости прядки волокна и жесткости иглы.

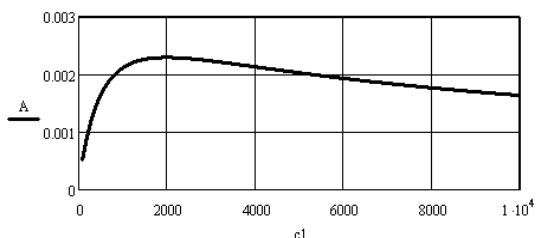


Рис. 5

На рис. 5 приведена зависимость амплитуды колебаний иглы от жесткости прядки волокна, рассчитанная при сле-

дующих значениях величин: $m = 1 \cdot 10^{-5}$ кг; $c_2 = 2000$ Н/м.

Анализируя зависимость, можно сказать, что жесткость прядки волокна на участке от 0 до 2000 Н/м оказывает значительное влияние на амплитуду колебаний. Чем больше жесткость прядки, тем больше амплитуда колебаний иглы.

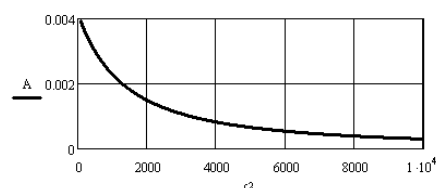


Рис. 6

На рис.6 представлена зависимость амплитуды колебаний иглы от жесткости иглы, рассчитанная при следующих значениях величин: $m = 1 \cdot 10^{-5}$ кг; $c_1 = 1000$ Н/м.

Анализируя зависимость на участке от 0 до 2000 Н/м, можно сказать, что чем меньше жесткость иглы, тем выше амплитуда колебаний.

ВЫВОДЫ

1. Обработка волокон иглами, обладающими податливостью, характеризуется более щадящими режимами нагружения волокна, что непременно скажется на сохранении природной длины волокна и уменьшении числа коротких волокон в конечном продукте.

2. Знакопеременные ускорения иглы при взаимодействии с прядкой волокна будут способствовать возникновению значительных сил инерции и повышенному выделению сорных примесей и утонению комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В. и др.* // Хлопковая промышленность. – 1975, №2.

2. *Корабельников Р.В., Мирошниченко Г.И., Гильманов Н.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №3.

3. *Корабельников Р.В.* Теоретические и экспериментальные исследования процессов и конструкций рабочих органов машин для переработки тонковолокнистого хлопка-сырца с целью повышения качества и эффективности их работы: Дис... докт. техн. наук. – Кострома, 1981.

4. *Корабельников Р.В.* Механика дженирования тонковолокнистого хлопка: Монография. – Ташкент: ФАН, 1990.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 02.04.07.
