

РОЛЬ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГАРНИТУРЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВОЛОКНОМ*

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

(Костромской государственной технологической университет)

Закрепление гарнитуры (игл) в игольчатых планках может быть двух видов: жесткое закрепление игл и податливое (закрепление игл в резинокаркасную основу и др.) Вид закрепления гарнитуры определяется назначением игольчатого барабана и требованиями к качеству перерабатываемого сырья. Так, при жестком закреплении гарнитуры (игл) игольчатые барабаны следует применять для грубого разрыхления волокнистого материала, для растаскивания слежавшихся и запутанных комков волокнистого материала. Закрепление гарнитуры на податливой основе, по нашему мнению, следует применять при щадящих режимах взаимодействия с волокном, когда высоки требования к качеству волокна, сохранению его природных свойств, особенно длины.

Рассмотрим особенности процесса нагружения волокна игольчатой гарнитурой в зависимости от ее податливости. Для изучения податливости игольчатой гарнитуры при взаимодействии с волокном используем методику изучения отбоя семян при валичном дженировании тонковолокнистого хлопка-сырца [1].

Составим динамическую и математическую модели, описывающие процесс нагружения.

На рис.1 представлена динамическая модель процесса взаимодействия иглы с волокном. Здесь m_1 – приведенная масса частицы волокна; c_1 – коэффициент жесткости пучка волокон; b – коэффициент демпфирования; m_2 – приведенная масса

иглы; c_2 – коэффициент жесткости иглы; v – линейная скорость движения иглы; z – координата движения центра масс.

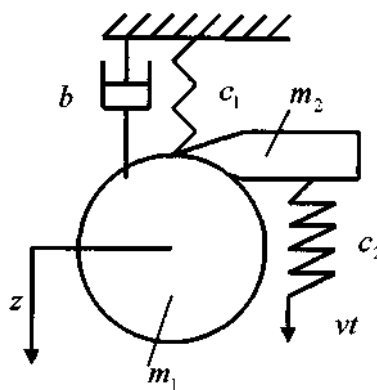


Рис. 1

При разработке модели были приняты следующие допущения:

- движение рассматривается при малых перемещениях иглы, поэтому оно принято прямолинейным;
- коэффициент жесткости и демпфирования примем постоянным;
- масса принята точечной;
- после начала контакта иглы с волокном будем считать, что разрыва нет.

Составим математическую модель процесса взаимодействия:

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + k^2 z = \frac{1}{(m_1 + m_2)} c_2 vt, \quad (1)$$

*Работа выполнялась при поддержке гранта Президента РФ (МД – 502.2007.8).

где k – круговая частота собственных колебаний системы; $2n$ – коэффициент затухания;

$$k = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_1 + m_2}}; \quad 2n = \frac{b}{m_1 + m_2}. \quad (2)$$

Поскольку будем рассматривать нагружение системы при больших перемещениях, для упрощения анализа будем дополнительно считать, что $m_1 + m_2 = m$, а также пренебрежем сопротивлением, то есть будем считать, что $n = 0$. Тогда выражение (1) переписывается:

$$\ddot{z} + k^2 z = \frac{1}{m} c_2 vt. \quad (3)$$

Общим решением дифференциального уравнения (3) будет

$$z = A \sin kt + B \cos t + \frac{c_2}{mk^2} vt, \quad (4)$$

где A и B – произвольные постоянные интегрирования.

Из начальных условий определим при $t = 0, z = 0; \frac{dz}{dt} = v$, тогда

$$B = 0, \quad A = v \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}.$$

В результате получим

$$z = \frac{c_2}{c_1 + c_2} vt + v \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}} \sin \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} t. \quad (5)$$

Рассмотрим выражение (5), описывающее процесс нагружения.

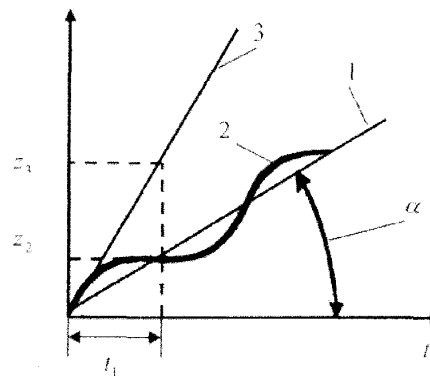


Рис. 2

Первое слагаемое представляет собой прямую линию 1 под углом к оси абсцисс α (рис.2):

$$\alpha = \arctg \frac{vc_2}{c_1 + c_2}. \quad (6)$$

Эта линия (кривая 1) характеризует среднее значение перемещения массы за время одного периода колебаний.

Второе слагаемое (кривая 2) представляет собой синусоиду с амплитудой колебаний:

$$A = v \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}. \quad (7)$$

Эта синусоида описывает характер изменения процесса нагружения с податливой гарнитурой.

Для сравнения на графике показана прямая 3, описывающая нагружение системы при жестко закрепленной игле. Кривая 3 описывается уравнением

$$z = vt. \quad (8)$$

Сравнивая нагружение двух систем при каком-то времени $t = t_1$ после начала взаимодействия, видим, что волокно, в случае нагружения податливой гарнитурой, меньше деформируется и тем самым, очевидно, меньше рвется при экстремальных нагружениях, чем за то же время при

взаимодействии с жесткозакрепленной гарнитурой. Причем в процессе нагружения податливой гарнитурой на передний план выходит соотношение жесткостей гарнитуры и пучка волокна. Чем более податливо основание гарнитуры, то есть чем меньше жесткость c_2 , тем более полого будет располагаться линия 1 (рис. 2), относительно которой будет располагаться синусоида нагружения 2, тем более щадящий режим нагружения волокна будет наблюдаться. Чем грубее процесс, тем ближе ось 1 должна подходить к линии 3, то есть тем более жесткой должна быть гарнитура.

Дифференцируя уравнения (5) и (8) по времени, получим выражение для скорости нагружения для податливой и жесткой гарнитуры:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{c_2}{c_1 + c_2} v + \frac{c_1}{c_1 + c_2} v \cos kt, \quad (9)$$

$$\frac{dz}{dt} = v. \quad (10)$$

Анализируя выражения (9) и (10), видим, что скорость нагружения волокна податливой гарнитурой носит колебательный характер со средним значением скорости, равным

$$v_{cp} = \frac{c_2}{c_1 + c_2} v, \quad (11)$$

то есть гораздо меньшим, чем скорость нагружения жесткой гарнитурой, согласно (10).

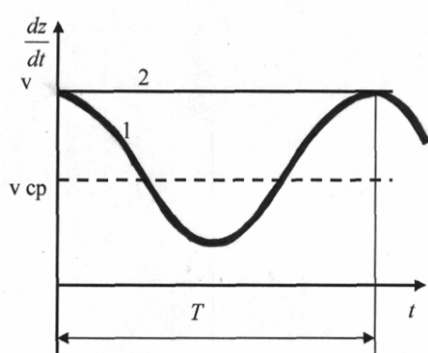


Рис. 3

На рис. 3 представлен график скорости нагружения для податливой 1 и жесткой 2 гарнитуры.

В целях анализа влияния податливости гарнитуры c_2 на показатель соотношения скоростей нагружения $\frac{v_{cp}}{v}$ обозначим это соотношение:

$$D = \frac{v_{cp}}{v} = \frac{c_2}{c_1 + c_2}. \quad (12)$$

Будем считать, что величина c_1 характеризует среднюю жесткость пучков волокон при их обработке и зависит от вида операции (например, грубое, тонкое расчесывание). Тогда можно построить зависимость для соотношения средней скорости нагружения при различных соотношениях жесткости:

$$D = \frac{v_{cp}}{v}. \quad (13)$$

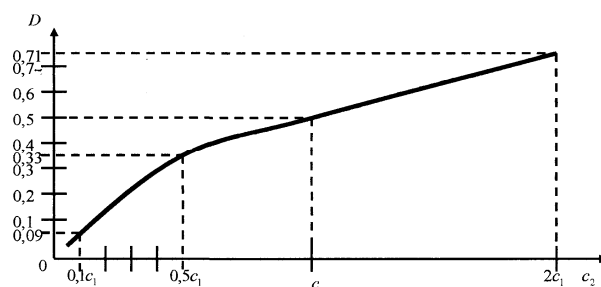


Рис. 4

На рис. 4 показан график зависимости соотношения жесткости гарнитуры и волокна по отношению к скорости нагружения при взаимодействии.

Из графика видно: чем выше жесткость гарнитуры, тем меньше разница между средней скоростью нагружения и скоростью жесткой конструкции гарнитуры.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующее заключение.

ВЫВОДЫ

1. Податливость гарнитуры очистительных и чесальных машин, взаимодействующих с перерабатываемым волокном, оказывает значительное влияние на процесс нагружения волокна, что следует учитывать при проектировании машин.

2. Средняя скорость нагружения волокна зависит от соотношения жесткостей гарнитуры и пучков перерабатываемых волокон.

3. Выполненные исследования оригинальны и могут быть использованы при

проектировании различных очистительных и чесальных машин при выборе гарнитуры и способов ее закрепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В.* Теоретические и экспериментальные исследования процессов и конструкций рабочих органов машин для переработки тонковолокнистого хлопка-сырца: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 1981

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 25.12.06.
