

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНА ВДОЛЬ РАБОЧЕЙ ГРАНИ ЗУБА ГАРНИТУРЫ

*Д.А. БРЮХАНОВ, Я.М. КРАСИК, А.Н. ВАСЕНЁВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Анализ проводили на машине для регенерации отходов прядильного производства, разработанной и изготовленной по чертежам студенческого конструкторско-исследовательского бюро (СКИБ, ИГТА) и предназначенной для очистки отходов хлопкопрядильного производства и определения суммы пороков и засоренности хлопковолокна и хлопковых отходов в лабораториях учебных, научно-исследовательских организаций и хлопкопрядильных предприятий.

В основе работы машины лежат различные воздействия колков барабана и зубьев пильчатого барабана на волокно и пороки. Тяжелые пороки выпадают в угарную камеру, а чистое волокно через сопло и конденсор увлекается в камеру сбора чистого волокна. Транспортирование волокна в камеру сбора чистого волокна производится конденсором, а поток воздуха для съема волокна обеспечивается вентилятором.

При разработке математической модели для расчета процесса аэросъема волокна

с гарнитуры пильчатого барабана использовали ряд литературных источников, в которых за основу расчетов принято положение, что центр тяжести волокна находится на основании зуба гарнитуры [1]. С точки зрения автора, данная теория несколько неоправданна и представленный в данной статье материал доказывает ее несостоятельность.

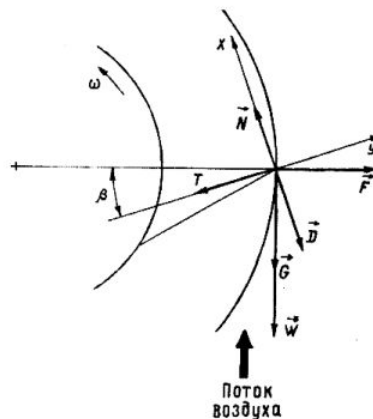


Рис. 1

Схема действия сил на волокно изображена на рис. 1, где действия сил на волокнистый материал на гарнитуре пальчатого барабана осуществляются при вертикальном съеме в сторону, противоположную направлению действия силы тяжести.

Система координат  $Oxy$  привязана к рабочей поверхности зуба, а для расчетов приняты следующие обозначения:  $m$  – масса волокна;  $N$  – сила нормального давления;  $D$  – сила давления волокна на зубья гарнитуры;  $G$  – сила тяжести ( $G = mg$ );  $W$  – сила аэродинамического воздействия;  $F$  – центробежная сила ( $F = m\omega^2 R$ );  $T$  – сила трения ( $T = \mu N$ );  $R$  – радиус барабана;  $P$  – коэффициент заполнения гарнитуры;  $\alpha$  – угол, ограничивающий зону съема волокна с зуба гарнитуры;  $\beta$  – угол наклона зуба гарнитуры;  $\mu$  – коэффициент трения волокна о сталь;  $\omega$  – угловая скорость барабана;  $h$  – высота зуба гарнитуры;  $t_{сб}$  – время сброса волокна.

Для построения математической модели использовали упрощенный анализ действия сил, основанный на применении второго закона Ньютона для единичного волокна. Этот подход обеспечил простое математическое решение задачи.

Уравнение движения волокна с массой  $m$  имеет вид:

$$md^2x/dt^2 = N - D - G\cos\beta - W\cos\beta - F\sin\beta, \quad (1)$$

$$md^2y/dt^2 = -T - G\sin\beta - W\sin\beta + F\cos\beta. \quad (2)$$

При движении волокна вдоль рабочей грани зуба составляющая вектора ускорения по оси  $x$  равна нулю, следовательно, первое выглядит так:

$$0 = N - D - G\cos\beta - W\cos\beta - F\sin\beta,$$

$$N = D + G\cos\beta + W\cos\beta + F\sin\beta. \quad (3)$$

Поскольку  $T = \mu N$ , из второго уравнения следует

$$md^2y/dt^2 = -\mu(D + G\cos\beta + W\cos\beta + F\sin\beta) - G\sin\beta - W\sin\beta + F\cos\beta. \quad (4)$$

При  $W = 0$  ускорение по оси  $y$  равно

$$md^2y/dt^2 = -\mu(D + mg\cos\beta + 0\cos\beta + m\omega^2 R\sin\beta) - mg\sin\beta - 0\sin\beta + m\omega^2 R\cos\beta,$$

при делении частей уравнения на  $m$  формула приобретает вид:

$$d^2y/dt^2 = -\mu(D/m + g\cos\beta + \omega^2 R\sin\beta) - g\sin\beta + \omega^2 R\cos\beta. \quad (5)$$

Для полного съема волокна с зуба в пределах зоны съема, ограниченной углом  $\alpha$ , промежуток времени движения волокна  $t_{сб} \leq \alpha/\omega$ . Также получается, что за время  $t_{сб}$  волокно проходит по оси  $y$  путь, равный высоте зуба гарнитуры:

$$h = OM < h/\cos\beta.$$

Тогда

$$\Delta y_c = OM = h/\cos\beta, \quad (6)$$

следовательно,

$$\Delta y_c = h/\cos\beta = (d^2y/dt^2) t_{сб}^2/2. \quad (7)$$

Между  $\alpha$  и  $t_{сб}$  существует зависимость

$$\alpha = \omega t_{сб}, \quad (8)$$

поэтому

$$\Delta y_c = h/\cos\beta = [(d^2y/dt^2)(\alpha/\omega)^2]/2. \quad (9)$$

Ускорение равно

$$d^2y/dt^2 = (2h/\cos\beta)/(\alpha/\omega)^2 = 2h\omega^2/(\alpha^2\cos\beta). \quad (10)$$

Подставив значение ускорения из (10) в (5) и осуществив ряд преобразований, получим значение тангенса угла наклона зуба гарнитуры:

$$\operatorname{tg}\beta = 1/(\mu\omega^2 R + g)[\omega^2 R - 2h\omega^2/\alpha^2 - \mu(D/m + g)]. \quad (11)$$

В конечном итоге уравнение угла наклона зуба гарнитуры имеет вид:

$$\beta = \arctg[(\omega^2 R - 2h\omega^2/\alpha^2 - \mu(D/m + g))/(\mu\omega^2 R + g)]. \quad (12)$$

Практическое вычисление величины угла наклона зуба гарнитуры  $\beta$  проведено в системе Mathcad при следующих значениях переменных:  $D = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{Н}$ ;  $R = 0,117 \text{м}$ ;  $\mu = 0,36$ ;  $m = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{кг}$ ;  $h = 0,004 \text{м}$ ;  $g = 9,81 \text{м/с}^2$ ;  $\alpha = 15^\circ$ .

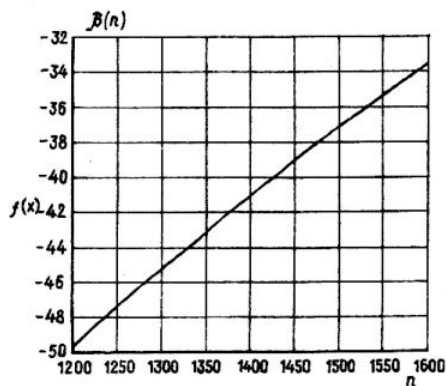


Рис. 2

Результаты вычислений представлены в виде графика зависимости  $\beta(n)$  при заданных значениях переменных на рис. 2. График  $\beta(n)$  делит область  $(\beta, n)$  на две части. Нижняя часть определяет пары значений  $\beta$  и  $n$ , при которых согласно изученной методике происходит сброс волокна с зуба гарнитуры, а верхняя часть – пары значений, обеспечивающих удержание волокна.

Согласно данной зависимости даже при отрицательных значениях величины  $\beta$  обеспечивается удержание волокна на зубе гарнитуры, что прямо противоречит прак-

тике текстильного производства. Таким образом, доказана необоснованность утверждения, что центр масс волокна находится на ножке зуба гарнитуры, и верным, на наш взгляд, следует считать предположение о том, что ножка зуба остается свободной от волокна, а центр масс приходится на вершину зуба гарнитуры.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель для расчета процесса движения волокна вдоль рабочей грани зуба гарнитуры пильчатого барабана. На основе полученного уравнения экспериментальным путем определены зависимости между углом наклона зуба гарнитуры и процессом сброса и удержания волокна.

2. Доказана необоснованность утверждения о нахождении центра масс волокна на основании зуба гарнитуры и выдвинуто предположение о том, что центр масс волокна приходится на вершину поверхности зуба гарнитуры пильчатого барабана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулешов Е.М., Кулешова В.И. Аэродинамические холстообразующие машины и устройства. – М.: Легкая индустрия, 1976.
2. Борзунов И.Г. и др. Прядение хлопка и химических волокон. Ч. I. – М.: Легкая индустрия, 1973.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 25.11.03.