

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЯДКИ ВОЛОКНА С КОЛОСНИКОМ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ С УЧЕТОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Е.И. ГРОМОВА, Д.А. ЛЕБЕДЕВ

(Костромской государственный технологический университет)

При обработке в волокноочистителях слой волокнистого материала подвергается воздействию пыльных цилиндров, колосниковой решетки и воздушных потоков. Последние появляются от вращательного движения пыльных цилиндров и оказывают существенное влияние на технологию обработки сырья. Аэродинамическое воздействие может быть настолько активным,

что практически исключит соприкосновение волокна с колосниками, поэтому оценка сил аэродинамического сопротивления очень важна.

В данной работе нами исследуется влияние аэродинамических сил на волокно в процессе очистки [1...5].

Поставленная задача решалась аналитическим и экспериментальным методами.

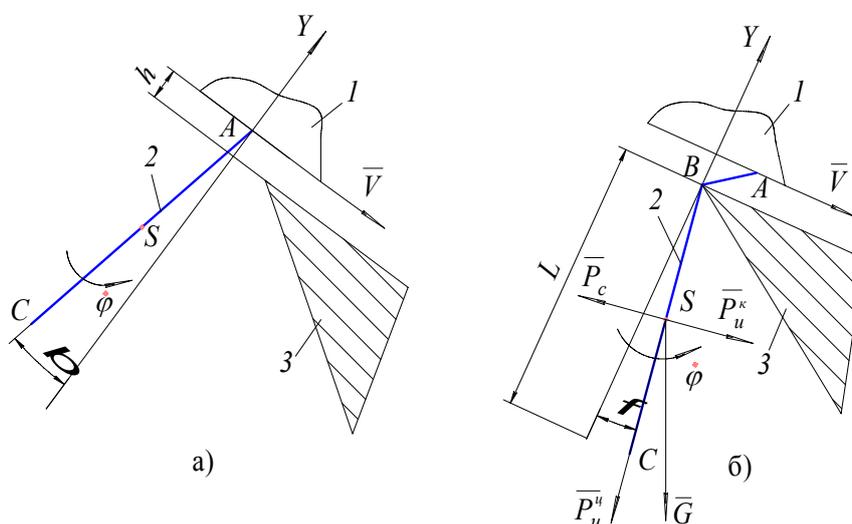


Рис. 1

Рассмотрим движение свободного конца пряди (АС), закрепленного на пыльном цилиндре в точке А (рис. 1-а и б – схема сил, действующих на волокно: 1 – пыльный цилиндр; 2 – прядка волокна; 3 – колосник). До взаимодействия с колосником свободный участок пряди АС совершает движение вместе с пыльным цилиндром вокруг его оси. После начала взаимодействия с колосником прядь волокна будет совершать сложное движение. Помимо прямолинейного движения вдоль своей оси свободный участок прядки волокна будет совершать вращательное движение по отношению к колоснику, в результате чего происходит огибание рабочей кромки ко-

лосника В. Таким образом, на прядь волокна при ее переносном вращательном движении вокруг оси пыльного цилиндра и относительном движении по колоснику будут действовать следующие силы: сила сопротивления воздуха – P_c , центробежная сила инерции – $P_{\text{ц}}$, сила тяжести – G , кориолисова сила инерции – $P_{\text{и}}$.

Для удобства анализа нами были приняты следующие допущения:

– заменяем распределенные силы $P_{\text{ц}}$, G , P_c и $P_{\text{и}}$ равнодействующими силами, сосредоточенными в центре тяжести прядки волокна;

– поскольку скорость относительного движения пряжи волокна по передней грани зуба невелика, будем полагать прядь, закрепленной в точке А.

Таким образом, уравнение движения пряжи при взаимодействии с колосником полученное в работе [1], с учетом силы аэродинамического сопротивления примет вид:

$$\ddot{\varphi} - \frac{2}{L} \frac{dL}{dt} \dot{\varphi} + \frac{g}{L} \sin\varphi = \frac{-M_c}{mL^2}, \quad (1)$$

где L – длина свободной части прядки ($L=BC$); φ – угол поворота пряжи при движении свободного конца; m – масса прядки волокна; M_c – момент от силы сопротивления воздуха при вращательном движении прядки.

Величина L переменная и может быть определена из выражения [2]:

$$L = L_B - \sqrt{V^2 t^2 + 2V t h \operatorname{tg} \beta + \frac{h^2}{\cos^2 \beta}}, \quad (2)$$

где h – величина технологической разводки (расстояние между пыльным цилиндром и колосником); β – угол отклонения пряжи волокна от радиального направления при вращении пыльного диска под действием сил аэродинамического сопротивления; V – скорость движения пыльного цилиндра; L_B – длина захваченной пыльным цилиндром пряжи волокна ($L_B = AC$).

Дифференциальное уравнение (1) может быть решено численным методом. Для решения надо задаваться параметрами, характеризующими процесс взаимодействия V , h , L_B и M_c . Величина M_c нам не известна. Для того, чтобы учесть момент сопротивления при решении уравнения (1), сделаем следующее.

Известно [3], что при вращательном движении пряжи с пыльным цилиндром она отклоняется на угол β от радиального направления (рис. 1-а). Величина этого уг-

ла определяется аэродинамическим сопротивлением. Величина соотношения сил аэродинамического сопротивления и центробежных сил может быть выражена как:

$$P_c = kP_i^n, \quad (3)$$

где P_c – сила сопротивления воздуха; k – коэффициент соотношения силы аэродинамического сопротивления и центробежной силы инерции. Определяется экспериментально в зависимости от характеристик пряжи волокна; P_i^n – сила инерции при вращательном движении прядки.

Для рассматриваемого случая вращательного движения прядки вокруг точки В при взаимодействии с колосником можно записать:

$$P_i^n = m\dot{\varphi}^2 L. \quad (4)$$

Таким образом, выражение для момента сопротивления примет вид, который позволит нам уравнение (1) решить численным методом.

$$M_c = km\dot{\varphi}^2 \frac{L^2}{2}. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение (1) решалось с помощью прикладного математического пакета MathCAD. При этом задавались следующие параметры системы: угол β примем согласно опытам постоянным и равным 25 град; технологическую разводку h – 1 мм; длину волокна L_B – 35 мм; скорость движения пыльного цилиндра V – 10 м/с. Поскольку длина волокна $L_B=35$ мм, то время взаимодействия прядки с колосником выбираем не более 0,003 с. Коэффициент соотношения сил k согласно исследованиям работы [3] изменяется в пределах от 0,5...0,7.

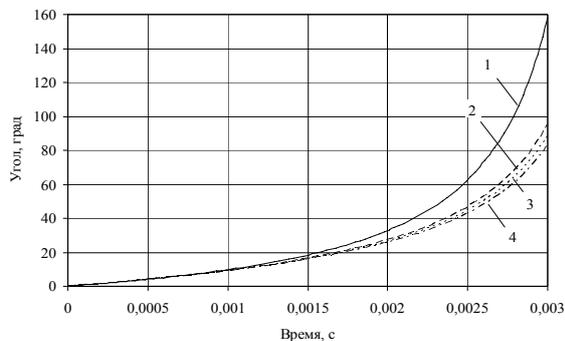


Рис. 2

На рис. 2 и 3 приведены соответственно графики изменений угла поворота пряжи волокна Φ и угловой скорости $\dot{\Phi}$ от времени t (для обоих рисунков: кривые 1 – без учета аэродинамического сопротивления; кривые 2, 3, 4 – с учетом его при $k=0,5$; 0,6 и 0,7).

Анализ графиков позволяет говорить,

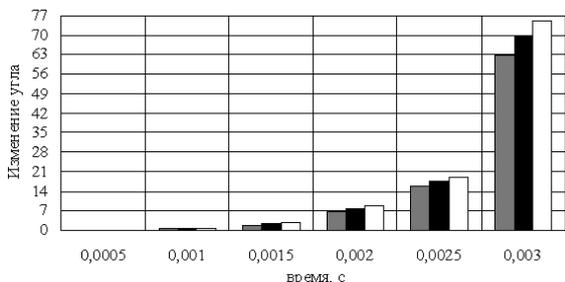


Рис. 4

На рис. 4 представлено падение роста угла при различных коэффициентах соотношения сил k ; на рис. 5 – потери угловой скорости вращения пряжи волокна относительно кромки колосника при различных коэффициентах k .

Анализируя приведенные графики, можно видеть, что с течением времени взаимодействия скорость вращения пряжи волокна относительно кромки колосника падает в результате сил аэродинамического сопротивления. Причем потеря скорости будет тем больше, чем больше коэффициент соотношения сил k . Так, в случае неучета сопротивления воздушной среды угловая скорость захлестываемого участка пряжи волокна достигает значения 7020,1 рад/с, а при его учете – 3134,9 рад/с (при коэффициенте соотношения сил $k = 0,5$). Поэтому для более точного описания про-

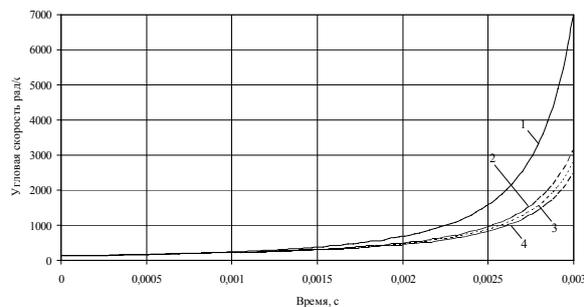


Рис. 3

что наибольшее изменение угла поворота пряжи волокна и ее угловой скорости наблюдается при времени взаимодействия свыше 0,002 с. Поэтому нами дополнительно представлен характер изменения Φ и $\dot{\Phi}$ на рис. 4 и 5.

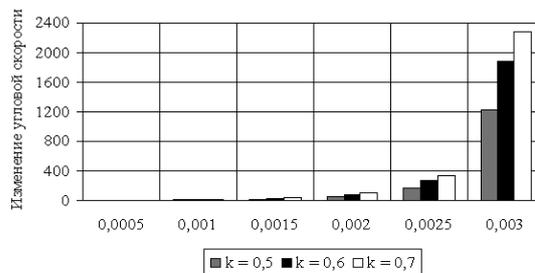


Рис. 5

цесса очистки необходимо учитывать данные силы.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель взаимодействия пряжи волокна с колосником треугольного профиля, которая описывает процесс взаимодействия пряжи волокна с элементом колосниковой решетки с учетом аэродинамического сопротивления.

2. Воздушные потоки существенно влияют на взаимодействие пряжи волокна с колосником в процессе очистки. Они могут значительно уменьшать скорость огибания прядью колосника, а следовательно, и силовые характеристики взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Громова Е.И.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С.

2. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 1.

3. *Корабельников А.Р., Лебедев Д.А.* Определение сил аэродинамического сопротивления в процессе очистки натуральных волокон // Научн. тр. молод. ученых КГТУ. – 2007, № 8.

4. *Корабельников Р.В.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна: монография. – Кострома: КГТУ, 2001.

5. *Разин С.Н.* Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: монография. – Кострома: КГТУ, 2005.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 16.06.07.
