

УДК 677.021

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПУЧКА ВОЛОКОН
С РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРИ ОЧИСТКЕ***

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Процесс ударного взаимодействия рабочего органа очистительной машины с пучком волокон, содержащим сорные примеси, является определяющим в очистке волокна.

Ранее данный процесс был исследован в ряде работ [1...4]. В [3] рассмотрено поведение сорной частицы при воздействии на нее периодической силы со стороны рабочего органа. Показано, что уравнение колебаний массы сорной частицы при воздействии на нее импульса мгновенных сил можно представить в следующем виде:

$$Z = \frac{S_0}{m_1 k} \cdot \sin kt, \quad (1)$$

где S_0 – импульс мгновенных сил; m_1 – масса сорной частицы; k – круговая частота собственных колебаний упругой системы.

Импульс мгновенных сил при массе рабочего органа, значительно превышающей массу сорной частицы, может быть определен по выражению

$$S_0 = m_1 V, \quad (2)$$

где V – скорость рабочего органа.

Сорная частица отделится от волокна, если:

$$A_1 C_1 = \frac{V}{k} \geq P_c, \quad (3)$$

а также при

$$Q = \frac{m_1 V}{\tau} \geq P_c, \quad (4)$$

где A_1 – амплитуда колебаний сорной частицы при ударе; Q – ударная сила; P_c – сила сцепления сорной частицы с волокном; C_1 – коэффициент жесткости упругой связи сора с волокном; τ – время удара.

В [4] теоретически и экспериментально показано, что ударное взаимодействие пучка волокон с рабочим органом можно рассматривать как взаимодействие упругого элемента (пружины), обладающего массой. Причем наилучшее совпадение теоретических и экспериментальных данных было в случае, когда приведенная масса колебательной системы составляла

$$m = \frac{m_B}{3}, \quad (5)$$

где m_B – масса пучка волокон ударяемого по рабочему органу.

В пучке волокон на его поверхности (или близко к поверхности) может находиться сорная частица массой m_1 . Естественно, что эта частица связана с основной

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Р.В. Корабельникова.

массой волокна через какую-то упругую связь C_1 .

Пучок волокон при ударе о рабочий орган испытывает деформацию согласно зависимости [4]:

$$x = \frac{V_0}{p} \sin pt, \quad (6)$$

где p – круговая частота собственных колебаний пучка волокон:

$$p = \sqrt{\frac{C}{m}}, \quad (7)$$

где C – коэффициент жесткости пучка волокон; m – приведенная масса пучка.

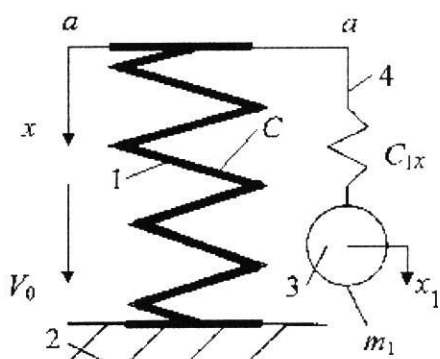


Рис. 1

Составим динамическую модель взаимодействия пучка волокон и сорной частицы с рабочим органом. На рис. 1 показано: 1 – пучок волокон массой m_b ; 2 – рабочий орган; 3 – сорная частица, массой m_1 ; 4 – упругая связь сорной частицы с волокном в направлении координаты x ; V_0 – начальная скорость взаимодействия пучка волокон с рабочим органом; x – координата перемещения сечения а-а пучка волокон, где закреплена сорная частица; x_1 – координата перемещения центра тяжести сорной частицы; C – коэффициент жесткости пучка волокон; C_{1x} – коэффициент жесткости упругой связи сорной частицы в направлении координаты x_1 .

При составлении математической модели процесса взаимодействия сделаем следующие допущения.

1. Как и в случае [4], демпфирующими свойствами пренебрегаем.
2. Жесткость пучка волокон принимается постоянной.
3. Силами сопротивления воздуха и тяжести пренебрегаем.
4. Массу пучка волокон будем считать распределенной равномерно вдоль условной пружины.
5. Расположение сорной частицы на волокне может быть произвольным и потому коэффициент жесткости ее упругой связи с волокном в модели считается в направлении деформации взаимодействия пучка волокна с рабочим органом.

Составим дифференциальное уравнение движения сорной частицы при взаимодействии пучка волокон с рабочим органом:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = C_{1x} (x - x_1). \quad (8)$$

Подставляя в (8) выражение (6) и преобразуя, получим

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + k^2 x_1 = \frac{C_{1x} V_0}{m_1 p} \sin pt, \quad (9)$$

где k – круговая частота собственных колебаний сорной частицы:

$$k = \sqrt{\frac{C_{1x}}{m_1}}. \quad (10)$$

Общим решением неоднородного дифференциального уравнения (9) будет

$$x_1 = A \sin kt + B \cos kt + D \sin pt, \quad (11)$$

где A, B – постоянные интегрирования.

Первые два слагаемых уравнения (11) описывают свободные колебания, а третий – вынужденные колебания с частотой p ,

определяемой упругими свойствами и массой волокон в пучке.

Нас больше интересует частное решение уравнения (9), описывающее вынужденные колебания.

Как уже отмечалось, вынужденные колебания сорной частицы описываются уравнением

$$x_1 = D \sin pt, \quad (12)$$

где D – амплитуда вынужденных колебаний.

Она равна

$$D = \frac{C_{1x} V_0}{m_1 p (k^2 - p^2)}. \quad (13)$$

С учетом (10) выражение (13) переписывается так:

$$D = \frac{V_0}{p(1 - \frac{p^2}{k^2})} = \frac{V_0}{p} K_d, \quad (14)$$

где K_d – динамический коэффициент:

$$K_d = \frac{1}{(1 - \frac{p^2}{k^2})}. \quad (15)$$

Анализируя (13) и (14), видим, что амплитуда колебаний сорной частицы тем больше, чем ближе будут частоты p и k . Наибольшего значения амплитуда достигнет при $k^2 = p^2$, то есть при

$$\frac{C_{1x}}{m_1} = \frac{C}{m}. \quad (16)$$

Пучок волокон, содержащий сорную частицу, в большинстве случаев по массе значительно больше, чем масса сорной примеси. Следовательно, если считать, что $C_{1x} \approx C$, то в технологическом процессе очистки волокна выполнение условия (15) может быть достигнуто только в случае, когда масса пучков волокон, участвующих

в очистке при взаимодействии с рабочим органом, будет приближаться к массе сорной примеси, то есть

$$m \rightarrow m_1. \quad (17)$$

Это возможно лишь при значительном разрежении потока волокна в процессе его очистки. Отсюда также следует, что чем меньше средняя масса сорных частиц в волокне, тем большего разрежения требует поток волокна для более эффективной его очистки. Мы считаем это важным моментом в развитии теории очистки волокнистого материала. Исходя из динамического анализа, учитывая условие (3), можно заметить, что рост амплитуды колебаний сорной частицы значительно повысит вероятность выпадения сорной примеси, что скажется на эффективности очистки.

ВЫВОДЫ

На основании динамического анализа взаимодействия пучка волокон, несущего сорную частицу, с рабочим органом показано, что эффективность выделения сорной примеси в процессе удара будет повышаться по мере разрежения волокнистого потока, когда масса пучков волокон, взаимодействующих с рабочим органом, будет приближаться к массе сорных частиц, находящихся в волокне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурнашев Р.З. и др.* Информационное сообщение № 315. – Ташкент: ФАН, 1983.
2. *Махкамов Р.Г.* Повышение технологической надежности хлопкоочистительных машин, работающих в ударном режиме. – Ташкент: ФАН, 1989.
3. *Корабельников Р.В., Ширяев А.В., Корабельников А.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 3. С. 19...23.
4. *Корабельников А.Р. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С. 17...20.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 02.02.05.