

**ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДИНАМИКИ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПЛЕКСОВ  
В ПРОЦЕССЕ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ РАЗРЫХЛИТЕЛЯ**

**THE GENERAL THEORY OF DYNAMICS OF FIBROUS COMPLEXES  
IN THE PROCESS OF THEIR INTERACTION  
WITH WORKING ELEMENTS OF AN OPENER**

*И.Г. ХОСРОВЯН, Т.Я. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН*  
*I.G. HOSROVYAN, T.YA. KRASIK, G.A. HOSROVYAN*

(Ивановская государственная текстильная академия)  
(Ivanovo State Textile Academy)  
E-mail: onir@igta.ru

*Рассматриваются силы, действующие в процессе разрыхления на волокнистые комплексы после ударного воздействия на них штифтов, расположенных на барабане разрыхлителя. Проведено математическое моделирование движения волокнистого комплекса по штифту. На основании законов механики и аэродинамики выведена аналитическая зависимость для оптимизации геометрических параметров разрыхлителя и его технологического режима.*

*The power, effecting on fibrous complexes in the opening process after shocking by the pins located on the opener drum, is considered. Mathematical designing of fibrous complexes movement along a pin has been carried out. On the basis of mechanics and aerodynamics laws the analytic dependence for optimization of geometrical parameters of an opener and its technological regime has been derived.*

**Ключевые слова:** разрыхление, волокнистые комплексы, динамика, оптимизация.

**Keywords:** opening, fibrous complexes, dynamics, optimization.

Предназначенный для эффективной очистки и обеспыливания волокнистого материала разрыхлитель-очиститель УНИКлин Б11 фирмы RIETER, установленный в разрыхлительно-очистительном агрегате, является его ключевой машиной. Волокнистый материал подается в машину из вертикального трубопровода и попадает под воздействие очистительного барабана, оснащенного специальными штифтами, прикрепленными к телу барабана. Взаимодействуя с колосниками, волокно очищается от сорных примесей. Пыль и мелкие частицы сорных примесей удаляются через перфорацию. После семикратного прохождения через колосниковую решетку очищенное волокно воздушным потоком направляется на следующую машину [1], [2].

В работе рассматриваются силы, действующие в процессе разрыхления на волокнистые комплексы, и результат совместного действия этих сил, заключающийся в приобретении этим комплексом ускорения. При анализе процесса разрыхления установлено, что наибольшую опасность с точки зрения зажгучивания волокнистых комплексов среди траекторий их движения представляет собой такая, которая располагается в верхней части камеры, так как на этом участке сила притяжения направлена к поверхности барабана.

Рассматривается движение волокнистого комплекса после ударного воздействия на него штифта. В этом случае имеет место неупругий удар штифта о волокнистый комплекс, который в течение малого про-

межутка времени ударного воздействия находится на поверхности штифта. Далее в силу различных начальных условий волокнистый комплекс может либо соскользнуть с поверхности штифта, либо вращаться вместе со штифтом, оставаясь на его поверхности. В последнем случае возможны два варианта:

- а) волокнистый комплекс неподвижен относительно штифта;
- б) волокнистый комплекс движется по поверхности штифта.

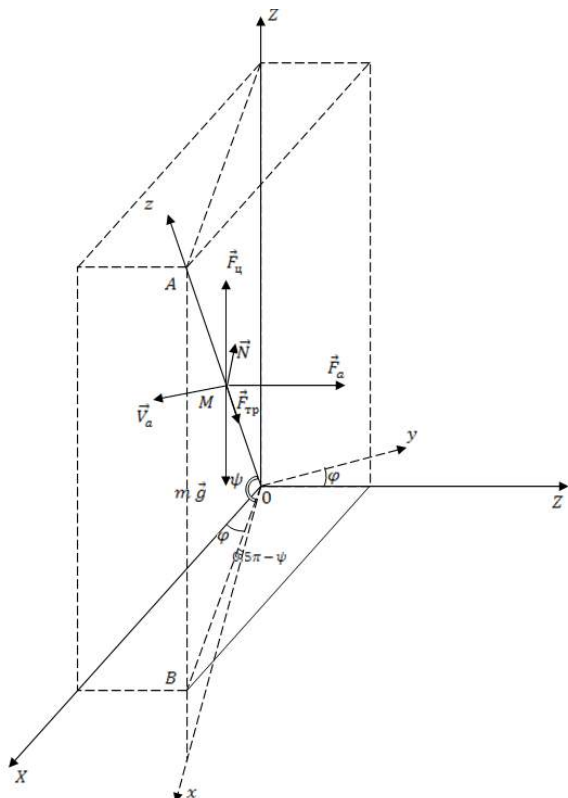


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема относительного расположения двух прямоугольных систем координат OXYZ и Oxyz. Начало этих систем координат – точка O располагается на поверхности барабана в самой его верхней точке. Отрезок прямой OA моделирует штифт, а основание штифта OA совпадает с точкой O. Плоскость Oxz пересекает плоскость OXY по прямой OB. Угол ХОВ равен  $\phi$ , а угол расположения оси Oz над плоскостью OXY составляет  $\psi$ .

Полагаем, что после ударного взаимодействия со штифтом центр масс волокнистого комплекса находится на штифте в

точке М. На волокнистый комплекс массы  $m$  действуют следующие силы:

- центробежная сила  $\vec{F}_c$ ;
- сила притяжения  $m\vec{g}$ ;
- сила трения  $\vec{F}_{тр}$ ;
- сила реакции опоры  $\vec{N}$ ;
- аэродинамическая сила  $\vec{F}_a$ .

Обозначим радиус барабана через  $R_B$ , а частоту его вращения – через  $n_B$ . Модули векторов сил, действующих на волокнистый комплекс, определяются по следующим формулам [3]:

$$F_c = m\omega^2 R_B;$$

$$F_a = mg \left| \vec{V}_a - \vec{V}_{ком} \right| (\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}) / V_{вит}^2;$$

$$F_{тр} = kN,$$

где  $\vec{V}_a, \vec{V}_{ком}$  – векторы скоростей воздуха и волокнистого комплекса в системе координат OXY соответственно;  $V_{вит}$  – скорость витания волокнистого комплекса;  $k$  – коэффициент трения;  $\omega$  – угловая скорость барабана.

Обозначим через  $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$  единичные орты системы координат OXYZ, а через  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  – аналогичные орты системы координат Oxyz. Имеем

$$\vec{e}_x = \vec{e}_1 \cos \phi \sin \psi - \vec{e}_2 \sin \phi + \vec{e}_3 \cos \phi \cos \psi;$$

$$\vec{e}_y = \vec{e}_1 \sin \phi \sin \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi;$$

$$\vec{e}_z = -\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi.$$

Полагаем, что вектор скорости воздуха параллелен плоскости OXY:

$$\vec{V}_a = V_{a,x} \vec{e}_x + V_{a,y} \vec{e}_y.$$

При расчете аэродинамической силы считаем, что вектор скорости волокнистого комплекса  $\vec{V}_{ком}$  параллелен оси OY, то есть

$$\vec{V}_{ком} = V_{ком} \vec{e}_y.$$

Компоненты вектора скорости воздуха относительно волокнистого комплекса  $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_a - \vec{V}_{ком}$  в системе координат OXYZ имеют следующий вид:

$$V_{отн,X} = V_{a,X};$$

$$\vec{V}_{отн} = V_{a,X}(\vec{e}_1 \cos \phi \sin \psi - \vec{e}_2 \sin \phi + \vec{e}_3 \cos \phi \sin \psi) + (V_{a,Y} - V_{ком})(\vec{e}_1 \sin \phi \cos \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi).$$

Обозначим  $K_{вит} = gV_{отн} / V_{вит}^2$ . Тогда

$$\vec{F}_a = mK_{вит} \left\{ \left[ V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,X} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] \vec{e}_1 + \left[ -V_{a,X} \sin \phi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \cos \phi \right] \vec{e}_2 + \left[ V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] \right\}.$$

Вектор центробежной силы определяется по соотношению:

$$\vec{F}_ц = m\omega^2 R_B \vec{e}_z = m\omega^2 R_B (-\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi).$$

Находим векторы силы притяжения и силы трения:

$$m\vec{g} = -mg\vec{e}_z = mg(\vec{e}_1 \cos \psi - \vec{e}_3 \sin \psi);$$

$$\vec{F}_{тр} = |\vec{F}_{тр}| \vec{e}_3.$$

Так как сила реакции опоры перпендикулярна силе трения, то вектор  $\vec{N}$  раскладывается на векторные составляющие, перпендикулярные оси Oxy следующим образом:

$$\vec{N} = N_1 \vec{e}_1 + N_2 \vec{e}_2,$$

где  $N_1, N_2$  – модули составляющих вектора  $\vec{N}$ .

$$m\ddot{x} = mK_{вит} \left[ V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] + mg \cos \psi - m\omega^2 R_B \cos \psi + N_1, \quad (2)$$

$$m\ddot{y} = mK_{вит} \left[ -V_{a,X} \cos \phi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \cos \phi \right] + N_2, \quad (3)$$

$$m\ddot{z} = mK_{вит} \left[ V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] + m\omega^2 R_B \sin \psi - F_{тр} - mg \sin \psi. \quad (4)$$

Поскольку рассматривается движение комплекса по штифту, то координаты положения, скорости и ускорения по осям Oх и Oу равны нулю:

$$x = y = \dot{x} = \dot{y} = \ddot{x} = \ddot{y} = 0.$$

$$V_{отн,Y} = V_{a,Y} - V_{ком}.$$

В системе координат Oxyz вектор  $\vec{V}_{отн}$  может быть записан следующим образом:

Суммируя действие всех сил, действующих на волокнистый комплекс, получаем следующее векторное уравнение его движения по штифту в системе координат Oxyz:

$$m\vec{a} = \vec{F}_a + m\vec{g} + \vec{F}_ц + \vec{F}_{тр} + \vec{N}, \quad (1)$$

где  $\vec{a}$  – ускорение волокнистого комплекса в системе Oxyz.

Представим уравнение движения волокнистого комплекса в проекциях на оси системы координат Oxyz. В скалярном виде ускорения волокнистого комплекса по осям имеют вид:

Следовательно, компоненты вектора реакции опоры вычисляются из (2) и (3) по формулам:

$$N_1 = \left\{ -K_{\text{ВИТ}} \left[ V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi \right\} m,$$

$$N_2 = \left\{ -K_{\text{ВИТ}} \left[ -V_{a,X} + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \cos \phi \right] \right\} m.$$

Таким образом, уравнение движения волоконнистого комплекса имеет следующий вид:

$$\ddot{z} = K_{\text{ВИТ}} \left[ V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi, \quad (5)$$

где  $N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$ .

Отметим, что  $a = \ddot{z}$ . Условие исключения зависания зажгучивания волоконнистого

комплекса на штифте, определяется из соотношении  $a > 0$ , то есть неравенство

$$K_{\text{ВИТ}} \left[ V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi > 0 \quad (6)$$

выступает как условие нахождения оптимальных параметров геометрических характеристик очистителя и его технологического режима.

ских параметров разрыхлителя и его технологического режима.

#### ЛИТЕРАТУРА

#### ВЫВОДЫ

1. Проведено математическое моделирование движения волоконнистого комплекса по штифту, расположенному на барабане разрыхлителя, в процессе разрыхления.

2. На основании законов механики и аэродинамики выведена аналитическая зависимость для оптимизации геометриче-

1. Концепция развития техники и технологии фирмы "РИТЕР". – М., 2000.

2. Оборудование текстильной и легкой промышленности // Информационно-справочный сборник. – М., 2005. Вып. 2.

3. Хосровян Г.А., Красик Я.М. Теория практики очистки и подготовки полуфабриката к прядению. – Иваново: ИГТА, 1998.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроительного производства. Поступила 04.12.12.