

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО СПОСОБА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

А.Г.ХОСРОВЯН, А.В.САВРАСОВ, Я.М.КРАСИК, Г.А.ХОСРОВЯН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Согласно новому способу дискретизации волокнистого материала [1] волокнистый материал разъединяют и в зоне его транспортировки внутри дискретизирующего барабанчика создают внутренний воздушный поток, который направляют по спиральному каналу к зоне съема волокна. При этом в зоне съема воздушный поток разделяется на две составляющие, одна из которых направляется радиально, а другая – в зону соровыделения.

Ниже приводится математическое моделирование процесса очистки воздушных потоков от мелкодисперсной пыли в спиральном канале неподвижного цилиндра, который находится в дискретизирующем барабанчике.

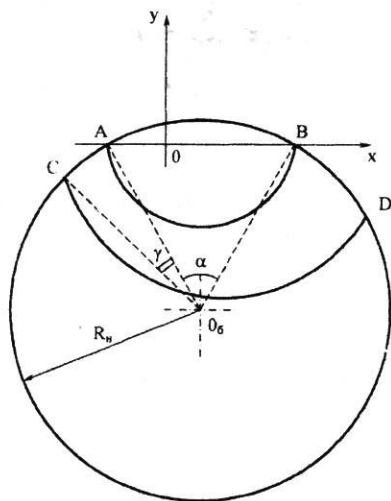


Рис. 1

Обозначим центр дискретизирующего барабанчика через O_0 , а через R_n – радиус неподвижного цилиндра (рис. 1 – схема спирального канала в неподвижном цилиндре). Начальный участок спиралевидного канала определяют точки В и D, а точки А и С – конечный участок. Линию спирали АВ будем считать внутренней стороной канала, линию спирали CD –

внешней. Соединим точки АВ хордой, по которой будем откладывать ось Ox системы координат Oxy .

Для спирали Архимеда

$$\rho = a\varphi,$$

где a – константа.

Отметим, что отсюда при $\pi \leq \varphi \leq 2\pi$ имеем

$$|OA| = a\pi, \quad |OB| = 2a\pi,$$

или

$$|OA|/|OB| = 0,5.$$

Обозначим через $\rho_{вн}$ – радиус, который вычерчивает внутреннюю стенку канала (линия АВ) согласно формуле, описывающей спираль Архимеда при $\pi \leq \varphi \leq 2\pi$:

$$\rho_{вн} = a_{вн}\varphi,$$

где $a_{вн}$ – константа.

Очевидно, что

$$\begin{aligned} |OA| &= a_{вн}\pi, \quad |OB| = 2a_{вн}\pi, \\ |AB| &= |OA| + |OB| = 3a_{вн}\pi. \end{aligned}$$

В то же время из треугольника OAB (рис.1):

$$|AB| = 2R_n \sin(0,5\alpha),$$

где α – центральный угол, на который опирается хорда АВ.

Приравнивая полученные выражения, имеем

$$3a_{вн}\pi = 2R_n \sin(0,5\alpha)$$

или

$$a_{\text{вн}} = [2R_{\text{н}} \sin(0,5\alpha)] / (3\pi).$$

Следовательно,

$$|OA| = a_{\text{вн}} \pi = [2R_{\text{н}} \sin(0,5\alpha)] / 3.$$

Положим, что контур внешней стенки изменяется также по закону спирали Архимеда:

$$\varrho_{\text{нр}} = a_{\text{нр}} \varphi.$$

Пусть точки А и С (рис. 1) определяют пересечение внешней стенки канала с окружностью, образующей неподвижный цилиндр. Хорда АС опирается на угол СОА, величину которого обозначим через γ .

Длина хорды АС

$$|AC| = 2R_{\text{н}} \sin(0,5\gamma).$$

Запишем следующее соотношение:

$$|CO| = \sqrt{|AC|^2 + |OA|^2 + 2|AC||OA|\cos[0,5(\alpha + \gamma)]}.$$

Обозначим

$$\gamma_2 = \angle COA.$$

По теореме синусов

$$|CO| / \sin(\gamma_1) = |AC| / \sin(\gamma_2),$$

или

$$\sin(\gamma_2) = \sin(\gamma_1) |AC| / |CO|.$$

Поскольку

$$\sin(\gamma_1) = \sin[\pi - 0,5(\alpha + \gamma)] = \sin[0,5(\alpha + \gamma)],$$

то

$$\sin(\gamma_2) = \sin[\pi - 0,5(\alpha + \gamma)] |AC| / |CO|.$$

$$\angle CAO = \angle CAO_6 + \angle O_6AB.$$

Из геометрических построений на рис. 1 следует, что

$$\begin{aligned} \angle CAO_6 &= 0,5(\pi - \gamma); \\ \angle O_6AB &= 0,5(\pi - \alpha). \end{aligned}$$

Пусть $\gamma_1 = \angle CAO$, тогда можно записать, что $\gamma_1 = \pi - 0,5(\alpha + \gamma)$.

Из треугольника ОАС по теореме косинусов имеем:

$$|CO| = \sqrt{|AC|^2 + |OA|^2 - 2|AC||OA|\cos(\gamma_1)}.$$

Так как

$$\cos(\gamma_1) = \cos[\pi - 0,5(\alpha + \gamma)] = -\cos[0,5(\alpha + \gamma)],$$

то

Следовательно,

$$\gamma_2 = \arcsin\{\sin[0,5(\alpha + \gamma)] |AC| / |CO|\}.$$

Для кривой CD в точке $\varphi = \pi + \gamma_2$ имеем

$$\varrho_{\text{нр}}(\pi + \gamma_2) = |CO|,$$

следовательно,

$$a_{\text{нр}} = |CO| / (\pi + \gamma_2).$$

Срединную ("центральную") линию канала задает формула

$$\varrho_{\text{ср}}(\varphi) = 0,5(a_{\text{нр}} + a_{\text{вн}})\varphi.$$

Обозначим через S_1 и S_2 площади поперечных сечений канала на его входе и выходе, а через $L_{\text{ск}}$ – расход воздуха в этом

канале. Приближенно для величин S_1 и S_2 допустимы следующие зависимости:

$$S_1 \sim [Q_{\text{нр}}(2\pi) - Q_{\text{вн}}(2\pi)] h_6 = 2\pi(a_{\text{нр}} - a_{\text{вн}}) h_6,$$

$$S_2 \sim [Q_{\text{нр}}(\pi + \gamma_2) - Q_{\text{вн}}(\pi + \gamma_2)] h_6 = \\ = (\pi + \gamma_2)(a_{\text{нр}} - a_{\text{вн}}) h_6,$$

где h_6 – высота расчесывающего барабанчика.

Скорости воздуха в канале на его входе и выходе равны соответственно:

$$v_1 = L_{\text{ск}} / S_1 = L_{\text{ск}} / [2\pi(a_{\text{нр}} - a_{\text{вн}}) h_6],$$

$$v_2 = L_{\text{ск}} / S_2 = L_{\text{ск}} / [(\pi + \gamma_2)(a_{\text{нр}} - a_{\text{вн}}) h_6].$$

Центробежная сила, действующая на частицу, в канале направляет частицу к наружной стенке, тем самым осуществляется обеспыливание потока.

Обозначим через m_c массу частицы. Центробежные силы, действующие на частицу на входе и выходе из канала, соответственно равны:

$$F_1 = m_c v_1^2 / Q_{\text{ср}}(2\pi),$$

$$F_2 = m_c v_2^2 / Q_{\text{ср}}(\pi + \gamma_2).$$

Введем в качестве показателя обеспыливающей способности устройства величину, равную отношению центробежных сил, действующих на частицу на выходе и входе:

$$F_2 / F_1 = (v_2 / v_1)^2 [Q_{\text{ср}}(2\pi) / Q_{\text{ср}}(\pi + \gamma_2)].$$

Имеем

$$v_2 / v_1 = 2\pi / (\pi + \gamma_2),$$

$$Q_{\text{ср}}(2\pi) / Q_{\text{ср}}(\pi + \gamma_2) = 2\pi / (\pi + \gamma_2).$$

Подставляя в формулу для F_2 / F_1 найденные выражения, получаем

$$F_2 / F_1 = [(2\pi) / (\pi + \gamma_2)]^3.$$

Выведенная формула позволяет оценить, насколько спиральная форма канала и сужение потока влияют на ускоренное продвижение частиц к наружной стенке канала.

Компьютерное моделирование процесса уноса пыли было проведено в среде Mathcad. Уравнения движения пылевых частиц составлялись в системе координат, связанной с "центральной" линией канала [2]. Расчеты показали эффективность применения спирального канала в предложенном устройстве с целью смещения траекторий частиц к внешней стенке канала.

ВЫВОДЫ

1. Получен алгоритм расчета геометрических характеристик канала отвода мелкодисперсной пыли в очищающем устройстве.

2. Проведена оценка динамического воздействия на движение пыли в воздушном потоке в спиральном канале очищающего устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2220237 РФ. Способ дискретизации волокнистого материала и устройство для его осуществления / А.В. Саврасов, А.Г. Хосровян, Я.М. Красик, Г.А. Хосровян. – Оpubл. 2003. Бюл. № 36.

2. Хосровян Г.А., Красик Я.М. Теория и практика очистки и подготовки полуфабриката к прядействию. – Иваново: ИГТА, 1998.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 21.02.05.