

**ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРОЦЕССА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ПРЕРЫВНОГО СЛОЯ ВОЛОКОН НА СЕТЧАТОМ БАРАБАНЕ**

А.М.ЩЕПОЧКИН, Н.Г.ТОМИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Основное назначение сетчатых барабанов, являющихся важнейшим элементом многих технологических машин, используемых в текстильной промышленности, заключается в выделении из волокно-воздушной смеси волокнистой составляющей, в том числе с формированием на поверхности барабанов слоя волокон. При этом часть содержащихся в массе волокнистого материала частиц пыли и сора вместе с воздухом проникает внутрь барабана и удаляется.

Необходимо обратить внимание на то, что частицы сора и пыль выделяются в основном из пограничного к воздухопроницаемой стенке барабана слоя волокон. Последующие слои волокон задерживают сорные частицы и пыль в волокнистом материале, что не соответствует задачам повышения очистительной способности машин с сетчатыми барабанами. Уместно заметить, что в ряде случаев эта задача решается, например, такими способами, как переворачивание волокнистого материала на поверхности барабанов [1], переворачивание с последующим рыхлением [2].

Однако возможны и другие способы повышения очистительной способности, в частности, за счет увеличения зоны контакта клочков волокон с чистой (очищенной) поверхностью сетчатых барабанов. Этого можно достичь путем пневматического (например, действием плоской струи воздуха изнутри барабана вдоль его образующей) или механического (например, рыхлительным приспособлением с внешней стороны барабана) воздействия на волокнистый материал. В связи с этим целе-

сообразно поставить и рассмотреть задачу о формировании слоя волокон на поверхности сетчатого барабана при условиях его срыва.

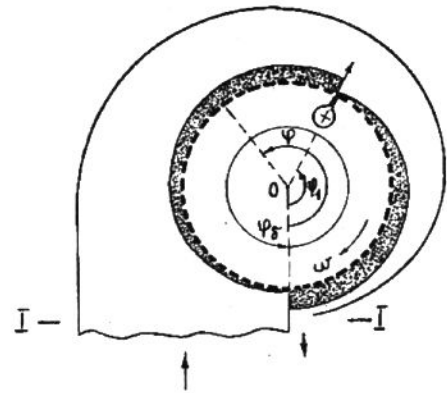


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема работы заключенного в произвольный (например, улиткообразный) корпус барабана, имеющего на участке расположения щелевого сопла, сообщающегося с нагнетательной пневмосистемой, дополнительную зону контакта волокнистого материала с чистой (очищенной) воздухопроницаемой стенкой. Согласно схеме оторванный от поверхности барабана и разрыхленный волокнистый материал тут же присасывается, но уже другой группой клочков волокон к чистой поверхности воздухопроницаемой стенки, освобождаясь при этом от некоторой доли несвязанных частиц пыли и сора.

Для этой схемы математическое описание процесса движения воздушного потока и формирования волокнистого осадка на сетчатой поверхности барабана представ-

лено ниже. Отметим, что такого вида задача поставлена впервые.

Для простоты будем рассматривать стационарный случай (параметры системы не зависят от времени) в рамках одномерной математической модели [3], [4] процесса аэродинамического формирования волокнистого слоя на поверхности сетчатого барабана.

Пусть R – радиус сетчатого барабана, m ; L – его длина, m ; ω – постоянная угловая скорость вращения барабана, $1/c$; φ_6 – угол контакта волокно-воздушной смеси с поверхностью барабана, рад; при этом $0 < \varphi_6 \leq 2\pi$ (на рисунке показан случай $\varphi_6 = 2\pi$). Угол φ будем отсчитывать в радианах в направлении против часовой стрелки от сечения схода волокнистого слоя с поверхности сетчатого барабана; $0 \leq \varphi \leq \varphi_6$.

Загрузку барабана (поверхностную плотность волокнистого слоя) в сечении $\varphi \in [0, \varphi_6]$, $г/м^2$ обозначим через $G(\varphi)$. Пусть $v(\varphi)$ – скорость фильтрации воздуха через поверхность сетчатого барабана в сечении $\varphi \in [0, \varphi_6]$, $м/с$. Считая для простоты, что разрежение воздуха P внутри барабана постоянно (не зависит от времени t , от сечения φ и не меняется по длине барабана), следуя [3] и [4], полагаем:

$$v(\varphi) = \frac{aP}{G(\varphi) + C}, \quad (1)$$

где a и C – некоторые положительные постоянные.

Значения постоянных P , C , a могут быть найдены экспериментально. Пусть $\gamma(\varphi)$ – объемная концентрация волокон в потоке волокно-воздушной смеси вблизи поверхности сетчатого барабана в сечении $\varphi \in [0, \varphi_6]$, $г/м^3$.

Согласно [3] и [4]:

$$G(\varphi) = \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \int_{\varphi}^{\varphi_6} \gamma(\alpha) d\alpha + C^2} - C. \quad (2)$$

В стационарном случае без эффекта “срыва” волокон с поверхности сетчатого барабана имеем:

$$\gamma(\varphi) = \gamma_0 = \frac{M}{Q} \quad (0 \leq \varphi \leq \varphi_6), \quad (3)$$

где M – интенсивность потока волокон на входе волокно-воздушной смеси в корпус (сечение I-I), $г/с$; Q – расход воздуха через поверхность сетчатого барабана, $м^3/с$.

Подставляя (3) в (2), находим загрузку барабана в стационарном случае без эффекта “срыва” при всех $\varphi \in [0, \varphi_6]$:

$$G(\varphi) = \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \gamma_0 (\varphi_6 - \varphi) + C^2} - C. \quad (4)$$

В частности, при $\varphi = 0$:

$$G(0) = \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \gamma_0 \varphi_6 + C^2} - C. \quad (5)$$

Пусть теперь в некотором сечении $\varphi_1 \in (0, \varphi_6)$ происходит “срыв”, в результате которого с этого сечения при всех $t \in (-\infty, +\infty)$ снимаются все волокна и вбрасываются в объем корпуса. В результате этого “срыва” объемная концентрация волокон вблизи поверхности барабана во всех сечениях $\varphi \in [0, \varphi_1]$ возрастает. Считая ее на этом участке постоянной, получаем:

$$\gamma(\varphi) = \begin{cases} \gamma_1 & \text{при } 0 \leq \varphi \leq \varphi_1, \\ \gamma_0 & \text{при } \varphi_1 < \varphi \leq \varphi_6, \end{cases} \quad (6)$$

где постоянная $\gamma_1 > \gamma_0$.

Подставляя (6) в (2) и учитывая, что ввиду эффекта “срыва” в сечении φ_1 верхний предел интегрирования φ_6 в правой части (2) при всех $\varphi \in [0, \varphi_1]$ нужно заменить на φ_1 , находим

$$G(\varphi) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \gamma_1 (\varphi_1 - \varphi) + C^2} - C & \text{при } 0 \leq \varphi \leq \varphi_1, \\ \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \gamma_0 (\varphi_6 - \varphi) + C^2} - C & \text{при } \varphi_1 < \varphi \leq \varphi_6. \end{cases} \quad (7)$$

При $\varphi = 0$ из (7) получаем загрузку барабана в сечении схода с его поверхности:

$$G(0) = \sqrt{\frac{2aP}{\omega} \gamma_1 \varphi_1 + C^2} - C. \quad (8)$$

Ввиду сохранения материального баланса интенсивность волокнистого потока на выходе из сетчатого барабана равна интенсивности M потока волокон на входе в корпус (сечение I-I), поэтому загрузки $G(0)$, вычисляемые по формулам (5) и (8), совпадают. Откуда следует

$$\gamma_1 = \gamma_0 \frac{\varphi_6}{\varphi_1}. \quad (9)$$

В частности, в предельном случае $\varphi_1 = \varphi_6$ (что равносильно отсутствию эффекта "срыва") имеем $\gamma_1 = \gamma_0$.

Формулы (7)...(9) позволяют вычислить загрузку сетчатого барабана в любом его сечении φ в стационарном случае при наличии "срыва" в каком-либо сечении $\varphi_1 \in (0, \varphi_6)$.

Рассмотренная выше модель аэродинамического формирования прерывного слоя волокон на сетчатом барабане может оказаться полезной при разработке новых конструкций технологического оборудования с повышенной очистительной способностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андросов В.Ф., Кленов В.Б., Роскин Е.С. Текстильные фильтры. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Patent № 2431018 DE, D 01 G 9/10. Vorrichtung zum Reinigen von Flocken aus Naturfasern, wie Baumwollflocken, von Schmutzteilen // Wirth W., Hergeth KG. – 1982.
3. Гинзбург Л.Н., Хавкин В.П., Винтер Ю.М., Молчанов А.С. Динамика основных процессов прядения (формирование и выравнивание волокнистого потока). – Ч. 1. – М.: Легкая индустрия, 1970. С.97...107.
4. Томин Н.Г., Белоголовцев С.Д., Зарубин В.М., Балаев Э.Ф. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, № 5. С.28...32.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 03.10.03.