

УДК 677.014-615.468

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ОЧИСТКИ ВОЗДУШНО-ВОЛОКНИСТОЙ СМЕСИ
В РАЗРЫХЛИТЕЛЕ-ОЧИСТИТЕЛЕ Р-О-6**

**MATHEMATICAL MODELING
OF CLEANING AIR-FIBER MIXTURE
IN THE DISINTEGRATOR- CLEANER P-O-6**

А.Г. ХОСРОВЯН, С.А. ЕГОРОВ, Г.А. ХОСРОВЯН, Ю.Г. ФОМИН, А.А. КРАСНОВ
A.G. KHOSROVYAN, S.A. EGOROV, G.A. KHOSROVYAN, YU.G. FOMIN, A.A. KRASNOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)

E-mail: khosrovyan_haik@mail.ru

Приведены результаты по разработке математической модели процесса подготовки волокнистого продукта в разрыхлителе-очистителе волокнистых материалов Р-О-6, используемого в технологической цепочке при получении многослойных волокнистых материалов. Рассмотрена двухмерная схема механики сорных и пылевых частиц и приведены уравнения их движения. Показаны основные закономерности движения воздушных потоков в камере разрыхлителя-очистителя.

The results of the development of a mathematical model of the process of preparation of a fibrous product in a disintegrator-cleaner of fibrous materials P-O-6, used in the technological chain for the production of multilayer fibrous materials, are presented. A two-dimensional scheme of the mechanics of weed and dust particles is considered and the equations of their motion are given. The main regularities of the movement of air currents in the disintegrator-cleaner chamber are shown.

Ключевые слова: разрыхлитель-очиститель, аэродинамика, сорные и пылевые частицы.

Keywords: disintegrator-cleaner, aerodynamics, weeds and dust particles.

На основании теоретических и экспериментальных исследований, посвященных процессам разрыхления, сьема, транспортировки и очистки волокнистого материала [1...9], нами были разработаны различные варианты разрыхлителей-очистителей волокнистых материалов, в том числе разрыхлитель-очиститель волокнистых материа-

лов Р-О-6. Разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов Р-О-6 был использован при подготовке волокнистой массы для получения многослойных волокнистых материалов.

В состав разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов Р-О-6 входят бункер, колковые барабаны, колосниковая ре-

шетка и угарная камера. Над колковыми барабанами расположена сетчатая поверхность в виде наружного цилиндра. Разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов Р-О-6 оснащен аспирационным устройством, удаляющим сорные примеси и пыль из камеры, которая образована двумя соосными коаксиальными поверхностями. В этом случае ось камер располагалась горизонтально, а отсос воздуха осуществлялся через сетчатую поверхность в наружном цилиндре. В предлагаемой работе поставлена задача разработки методики расчета траекторий движения сорных частиц в зоне сетчатой поверхности.

Ограничимся рассмотрением плоского движения сорных частиц в направлении к сетчатой поверхности, задаваясь расходами воздуха в пневмотранспортной системе и в зоне сетчатой поверхности. По полученным результатам можно провести оценку средних скоростей воздушных потоков и оптимизировать траектории движения сорных частиц.

Обозначим через g – ускорение свободного падения. В зоне сетчатой поверхности наружного цилиндра на сорную частицу массой m_c действуют, в частности, следующие силы (рис. 1): сила притяжения gm_c ; аэродинамическая сила F_a .

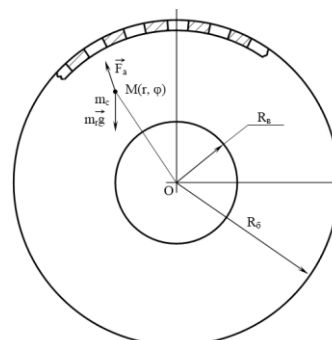


Рис. 1

Пусть точка M – центр тяжести сорной частицы. Полярные координаты точки M обозначим через r и φ . Тогда уравнения движения сорной частицы в полярной системе координат на малом отрезке продольного движения принимают вид:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - g \sin \varphi - \frac{g V_{отн}^* \left(\frac{dr}{dt} - u_a \right)}{V_{вит}^2},$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\left[-2r \frac{d\varphi}{dt} - g \cos \varphi - \frac{g V_{отн}^* \left(r \frac{d\varphi}{dt} - v_a \right)}{V_{вит}^2} \right]}{r},$$

где $V_{отн}^* = \left[\left(\frac{dr}{dt} - u_a \right)^2 + \left(r \frac{d\varphi}{dt} - v_a \right)^2 \right]^{0,5}$; $V_{вит}$ – скорость витания сорной частицы; u_a, v_a – скорости воздуха в полярных координатах.

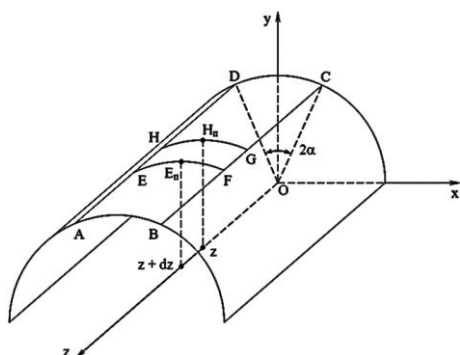


Рис. 2

На рис. 2 представлена схема сетчатой поверхности наружного цилиндра. Вдоль оси Oz происходит движение воздуха с переменной скоростью W_a . Угол раствора сетчатой поверхности наружного цилиндра $ABCD$ обозначим через 2α (точки C и D расположены симметрично относительно Oy). Пусть радиус наружного цилиндра R_b , длина сетчатого участка – l , а радиус внутреннего цилиндра R_b . В канал поступает поток воздуха с расходом Q_0 , а отводится в направлении оси Oz поток воздуха с расходом Q_k . Следовательно, через сетчатую поверхность наружного цилиндра отводится поток воздуха с расходом:

$$Q_{\pi} = Q_0 - Q_k.$$

Обозначим среднюю скорость воздуха через сетчатую поверхность наружного цилиндра u_{π} . Направление вектора \vec{u}_{π} совпадает с радиальным, а величина u_{π} зависит от координаты z , то есть:

$$u_{\pi} = f(z).$$

Расход воздуха через элемент сетчатой поверхности $E E_{\pi} F G H_{\pi} H$ определяется средним значением скорости воздуха между точками H_{π} и E_{π} :

$$0,5[u_{\pi}(z + dz) + u_{\pi}(z)]$$

$$dQ_z = -[W_a(z + dz) - W_a(z)]\pi(R_B^2 - R_b^2).$$

Приравнивая правые части в правых час-

$$0,5[u_{\pi}(z + dz) + u_{\pi}(z)]R_B 2\alpha dz = -[W_a(z + dz) - W_a(z)]\pi(R_B^2 - R_b^2),$$

или

$$0,5[u_{\pi}(z + dz) + u_{\pi}(z)]R_B 2\alpha = -\frac{[W_a(z + dz) - W_a(z)]}{dz} \pi(R_B^2 - R_b^2).$$

Переходя в этом соотношении к пределу при $dz \rightarrow 0$, находим, что

$$0,5 \cdot 2u_{\pi}(z)R_B 2\alpha = -\frac{dW_a}{dz} \pi(R_B^2 - R_b^2),$$

или

$$u_{\pi}(z) = -\frac{\pi(R_B^2 - R_b^2)}{R_B \cdot 2\alpha} \frac{dW_a}{dz}.$$

Таким образом, в соответствии с полученным соотношением можно заключить, что средняя скорость воздуха зависит от того, насколько существенно падает продольная составляющая скорости воздуха. Анализ полученной формулы показывает, что средняя скорость воздуха через сетчатую поверхность u_{π} обратно пропорциональна углу раствора сетчатой поверхности 2α .

ВЫВОДЫ

1. Построена математическая модель для расчета траекторий движения сорных примесей в зоне сетчатой поверхности наружного

и площадью отверстия $R_B \cdot 2\alpha \cdot dz$:

$$dQ_z = 0,5[u_{\pi}(z + dz) + u_{\pi}(z)]R_B 2\alpha dz.$$

Расход воздуха через поперечное сечение канала претерпит уменьшение от точки z к точке $z + dz$ на величину dQ_z . Определим величину dQ_z , исходя из того, что величина площади поперечного сечения канала равна:

$$S_k = \pi(R_B^2 - R_b^2).$$

Таким образом, можно считать, что

в формулах для dQ_z , находим, что

цилиндра камеры разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов Р-О-6.

2. Разработанная математическая модель позволяет проектировать оптимальные структуры воздушных потоков, которые обеспечивают максимальный сбор и удаление сорных примесей и пыли из воздушно-волокнистых потоков в разработанном разрыхлителе-очистителе волокнистых материалов Р-О-6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красик Т.Я., Хосровян А.Г., Хосровян Г.А. Общая теория движения волокнистых материалов в шахте бункерных питателей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.75...79.
2. Хосровян И.Г., Хосровян А.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С.79...82.
3. Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А. Математическое моделирование процесса движения волокнистой смеси в бункерном питателе с переменной площадью попереч-

ного сечения шахты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 83...87.

4. Красик Т.Я., Хосровян А.Г., Хосровян Г.А. Методика определения линейной плотности настила на выходе из бункерного питателя, оснащенного системой обеспыливания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 79...82.

5. Хосровян А.Г., Тувин М.А., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А. Математическая модель движения волокна при его съеме ускоряющимся воздушным потоком с гарнитуры вращающегося пильчатого барабана // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С. 185...188.

6. Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 119...122.

7. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6. С. 194...197.

8. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 85...88.

9. Хосровян И.Г., Тувин М.А., Хосровян Г.А., Тувин А.А., Роньжин В.И. Результаты математического моделирования процесса столкновения волокнистого комплекса с колком разрыхлителя-очистителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6. С. 136...140.

REFERENCES

1. Krasik T.Ya., Khosrovyan A.G., Khosrovyan G.A. Obshchaya teoriya dvizheniya voloknistykh materialov v shakhte bunkernykh pitateley // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, №1. S.75...79.

2. Khosrovyan I.G., Khosrovyan A.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Razrabotka teorii vyravnivayushchey sposobnosti ustroystva dlya polucheniya mnogosloynnykh

voloknistykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, №6. S.79...82.

3. Tuvin M.A., Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A., Tuvin A.A. Matematicheskoe modelirovanie protsessa dvizheniya voloknistoy smesi v bunkernom pitatele s peremennoy ploshchad'yu poperechnogo secheniya shakhty // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №2. S. 83...87.

4. Krasik T.Ya., Khosrovyan A.G., Khosrovyan G.A. Metodika opredeleniya lineynoy plotnosti nastila na vykhode iz bunkernogo pitatelya, osnashchennogo sistemoy обеспыливания // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, №5. S. 79...82.

5. Khosrovyan A.G., Tuvin M.A., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A., Tuvin A.A. Matematicheskaya model' dvizheniya volokna pri ego s'eme uskoryayushchimsya vozdushnym potokom s garnitury vrashchayushchegosya pil'chatogo barabana // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 2. S. 185...188.

6. Tuvin M.A., Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Matematicheskoe modelirovanie aerodinamicheskoy rassortirovki volokon v ustroystve dlya polucheniya mnogosloynnykh netkanykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 6. С. 119...122.

7. Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Obshchaya teoriya dinamiki voloknistykh kompleksov v protsesse ikh vzaimodeystviya s rabochimi organami razrykhlitelya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2012, № 6. С. 194...197.

8. Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya voloknistogo kompleksa na kolke barabana razrykhlitelya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 4. С. 85...88.

9. Khosrovyan I.G., Tuvin M.A., Khosrovyan G.A., Tuvin A.A., Ron'zhin V.I. Rezul'taty matematicheskogo modelirovaniya protsessa stolknoveniya voloknistogo kompleksa s kolkom razrykhlitelya-ochistitelya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №6. С. 136...140.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 29.05.18.