

Моделирование процесса фракционирования соломистого вороха в аспирационном пневмоканале с вероятностными характеристиками распределения соломистого вороха и воздушного потока

М.Н. Московский, А.В. Погорелов

ДГТУ, г. Ростов-на-Дону

Процесс аэробного фракционирования соломистого вороха в вертикальном пневмоканале зависит от множества факторов, основными из которых являются: технологические свойства вороха; вероятностные характеристики распределения подачи вороха по ширине ее ввода (транспортером) в пневмоканал; распределение по поперечному сечению в пневмоканале; вероятностные характеристики распределения по сечению скоростей воздушного потока; вероятностные характеристики распределения положения соломы в сечении относительно вектора скорости воздушного потока (\perp , Π)

Данные факторы непосредственно влияют на моделирование процесса аэробного фракционатора при многомерном анализе процесса, структурном и параметрическом синтезе вертикального пневмоканала.

Рассмотрим вертикальный аспирационный пневмоканал A_c ПК с заданными геометрическими характеристиками шириной B_k , глубиной S_k (рис.1). Подача в него соломистого вороха осуществляется с известной или задаваемой плотностью вероятности $\rho_Q(B_k)$ по ширине бокового ввода и $\rho_Q(S_k)$ по глубине [1].

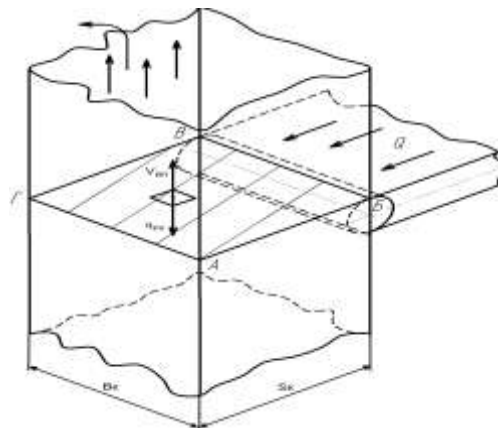


Рис 1. Схема ввода материала, сечения АБВГ, площадки m_{ik} , в вертикальном аспирационном канале с шириной B_k и глубиной S_k .

Рассмотрим произвольно расположенное (ниже ввода сыпучей среды в A_cPK) сечение АБВГ, ограниченное размерами канала (рис.2).

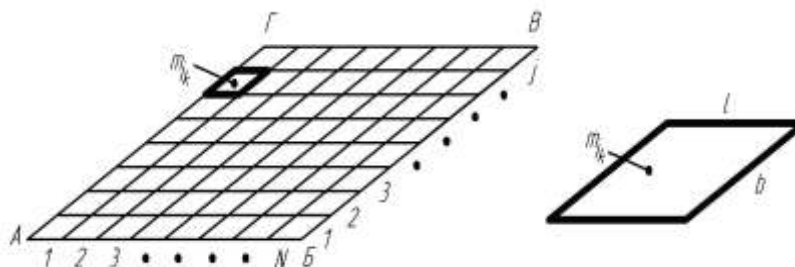


Рис. 2. Сечение $B_k S_k$ аспирационного канала АБВГ.

Принимаем, что скорость воздушного потока в каждой точке m_{ik} площадки сечения аспирационного канала ($i=1,2,3,\dots,N$), ($k=1,2,3,\dots,j$) есть функция от следующих переменных: Q - подача материала в аспирационный канал; T - технологические свойства подаваемого материала; H - высота расположения рассматриваемого сечения от точки обреза ввода материала в аспирационном канале; $\rho_Q(B_k, S_k)$ - плотности распределения вероятности по площади сечения в канале соломистого вороха; ρ_v - плотности распределения вероятности по площади сечения поля скоростей воздушного потока; μ_k - конструкции пневмоканала, определяемая его геометрией, способом подвода воздуха в канал; Π_{acn} - параметрами аспирационной системы; K - способа подачи материала; $\rho_q(\perp, \Pi)$ - плотности распределения вероятности частиц вводимого в канал вороха относительно скорости воздушного потока.

$$v_{ВП} = f(Q, T, H, \rho_Q(B_k, S_k), \rho_v, \mu_k, \Pi_{acn}, K, \rho_q(\perp, \Pi)) \quad (1)$$

Средняя скорость воздушного потока $v_{ВП.(\square)}$ на ik -й площадке

$$v_{ВП} = \frac{V_{ik}}{S_{ik}} \quad (2)$$

где S_{ik} - площадь ik -й площадки; V_{ik} - объем тела, ограниченного снизу площадкой сечения $S_{m_{ik}}$, а сверху поверхностью, описываемой непрерывной

интегрируемой функцией $G_{ik} = \varphi(x, y, z)$, которая зависит от указанных факторов.

Примем G_{ik} – ограниченная замкнутая пространственная область, $\varphi(x, y, z)$ определена и ограничена. Принимаем, что функция $\varphi(x, y, z)$ дифференцируема в некоторой окрестности произвольной точки $M_0(x', y', z')$, причем частная производная $\frac{d\varphi}{dz}$ непрерывна в точке M_0 . Тогда, если в точке M_0 функция φ обратится в нуль, то для любого достаточно малого положительного числа ε найдется такая окрестность точки $M_0(x', y')$, что в пределах этой окрестности существует единственная функция $G = \varphi(x, y)$, которая удовлетворяет условию $|z - z'| < \varepsilon$ и является решением уравнения $\varphi(x, y, z) = 0$.

В соответствии с данными допущениями и при условии расположении прямоугольной плоскости ik -го сечения ($A \leq l \leq J$, $J \leq b \leq D$) на плоскости xOy , совпадающей с плоскостью сечения АБВГ аспирационного канала, искомую величину, определим тройным интегралом от функции $\varphi(x, y, z)$.

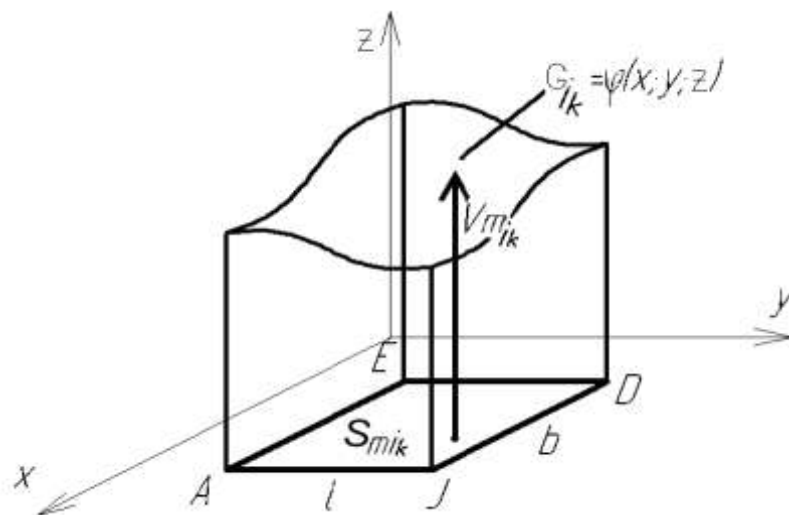


Рис 3. Схема распределения скоростей $U_{ВП}$ воздушного потока на m_{ik} -ой площадке поперечного сечения аспирационного пневмоканала, ограниченной по скорости потока функцией $G_{ik} = \varphi(x, y, z)$.

$$\begin{aligned}
v_{ik} &= \int_J \int_D \int_0^{G_{ik}} \varphi(x, y, z) dx dy dz = \\
&= \int_J \int_D \left(\int_0^{G_{ik}} \varphi(x, y, z) dz \right) dx dy = \\
&= \int_J \int_D dx dy \int_0^{G_{ik}} \varphi(x, y, z) dz = \\
&= \int_J \int_D \lambda(x, y) dx dy = \\
&= \int_J \left(\int_D \lambda(x, y) dy \right) dx = \int_J dx \int_D \lambda(x, y) dy = \\
&= \int_J f(x) dx = F(A) - F(J). \tag{3}
\end{aligned}$$

На каждую ik - площадку, ограниченную размером l_b , подается некоторое количество соломистого вороха Q_{lb} с содержанием различных фракционных j -х компонентов a_{lbj} . Величина подачи Q_{lb} на указанную площадку определяется плотностью вероятности $\rho_Q(B_e, S_e)$ распределения подачи по площади сечения всего аспирационного канала величиной Q , координатой H рассматриваемого сечения, способом ввода материала K .

$$Q_{lb} = f_1(\rho_Q(B_k, S_k), Q, H, K) \tag{4}$$

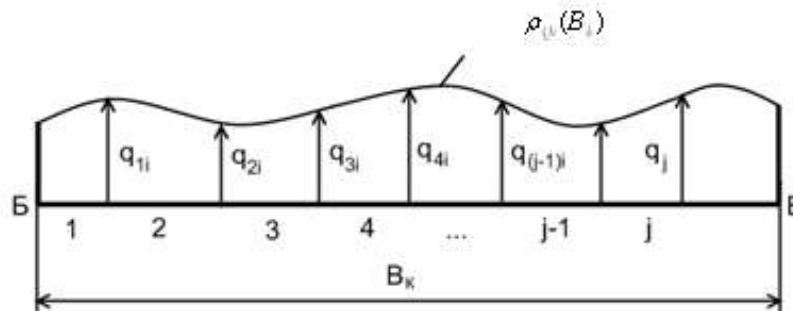


Рис 4. Распределение количества q_i i -ых компонентов соломистого вороха по площадке m_{ik} и плотность вероятности $\rho_{Q_i}(B_k)$ ее поступления по ширине аспирационного пневмоканала.

Принимаем, что прохождение соломистого вороха через каждую m_{ik} площадку сечения АБВГ аспирационного канала достаточно по времени, чтобы процесс пневмосепарации был реализован.

На каждый ik -й участок ($i=1,2,3,\dots,j$) ширины B_k аспирационного пневмоканала со стороны транспортера подачи соломистого вороха поступает q_1, q_2, \dots, q_j количество j -го компонента, определяемого плотностью вероятности распределения $\rho_Q(B_k)$ случайной величины Q по ширине B_k – канала, а распределение j -го компонента по глубине S пневмоканала на каждую i -ю площадку ($i=1, 2, 3, \dots, N$), определяемая плотностью вероятности распределения подачи по глубине i -го участка $\rho_{Qi}(B_k)$ (рис 4. где $\rho_{Qi}(B_k)$).

Данную вероятность попадания случайной величины P_{Qi} - можно определить из уже установленной вероятности существующих конструкций приемных отделений з/о машин [2].

$$P_{Qi} = \frac{\Phi\left[\frac{(m_Q+i)-m_Q}{\sigma_Q}\right] - \Phi\left[\frac{m_Q+(i-1)-m_Q}{\sigma_Q}\right]}{\Phi\left[\frac{(m_Q+n)-m_Q}{\sigma_Q}\right] - \Phi\left[\frac{(m_Q+d)-m_Q}{\sigma_Q}\right] - 2\Phi(Q)}, \quad (5)$$

где: $\Phi(Q)$ – функция нормального закона распределения для непрерывной случайной величины Q с параметрами $m_Q=0$; $\sigma_Q=1$; σ_Q - средне квадратичное отклонение случайной величины Q , распределенной по закону $\rho_Q(B_k)$.

Полнота прохода η_{in} n -го компонента гетерогенной сыпучей среды в очищенную солоmistую фракцию (проход ПК) на m_{ik} -й площадке зависит от средней рабочей скорости v_{mik} воздушного потока на площадке, вероятности $P(V)_{Jn}$ распределения случайной в вероятностно-статическом смысле величины V_j для n -го компонента в J -ом классе значений признака V пневмосепарации, $J=12, 23, \dots, (i-1)i$, (рис.5) определяемой плотностью распределения вероятностей $\Delta_n(V)$ признак V_b легких компонентов, подачи q_{in} и q_i n -го и всех n -х компонентов на m_i -ю площадку, закономерностей $P_{\eta n}(V)$ полноты

выделения легкого n -го компонента из сыпучей среды в зависимости от их скоростей витания, плотности вероятностей $\rho_{\Lambda_n}(V)$ (рис. 6):

$$\eta_{pni} = f(v_i, p(v)_i, q_{in}, q_i, P_{\eta n}(V), \rho_{\Lambda_n}(V)). \quad (6)$$

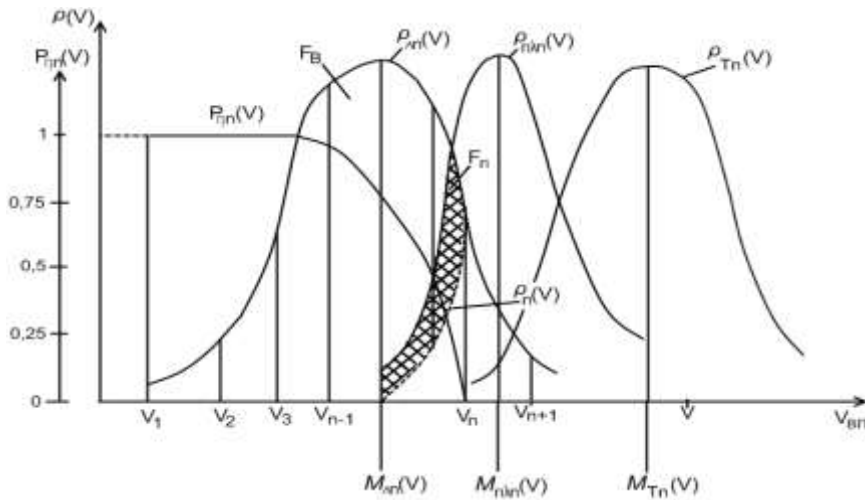


Рис 5. Плотность распределения компонентов: $\rho_{\Lambda_n}(V)$ – плотность распределения вероятности легких n – ых компонентов; $\rho_{\Gamma \Lambda_n}(V)$ – плотность распределения вероятности случайной величины признака разделения V n -го компонента в проходной фракции на m_i -ой площадке сечения аспирационного пневмоканала канала; $\rho_{\Omega_n}(V)$ – плотность распределения вероятности тяжелых n -ых компонентов; F_B – площадь определяющие соотношения вероятности выноса через аспирационный канал n -го компонента на его m_i -й площадке; F_{Π} – площадь определяющие соотношения вероятности прохода через аспирационный канал n -го компонента на его m_i -й площадке; $P_{\eta n}(V)$ – вероятность полноты выделения легкого n -го компонента из соломистой среды в зависимости от их скоростей витания.

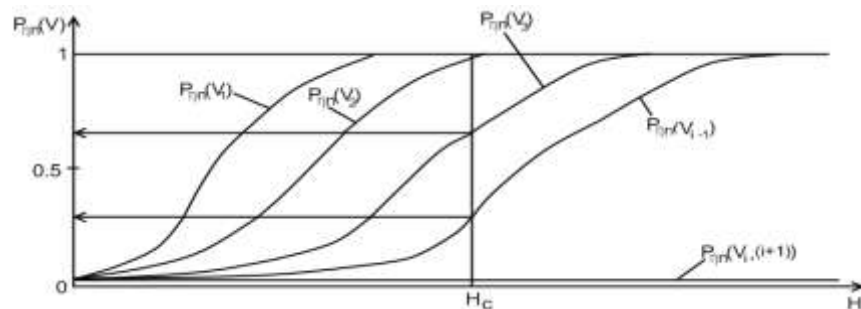


Рис 6. Зависимость полноты выделения $P_{\eta n}(V)$ легкого n -го компонента соломистой среды через m_i -ую площадку поперечного сечения аспирационного канала в зависимости от высоты H_c расположения сечения от нижнего обреза канала и скоростей витания V_n -ых компонентов при постоянной средней скорости $v_{\text{дт}}$ воздушного потока на площадке.

Найденные закономерности оценки числовых характеристик размерных величин признака деления ik -ых компонентов соломистого вороха в отделении аспирационного пневмоканала позволяют определить новые числовые характеристики конечного материала после воздушной сепарации. Данные числовые характеристики учитывают определённые числовые характеристики скоростей витания $f_{с.в}(v)_i$; $M_{с.в}(v)_i$; $\sigma_{с.в}(v)_i$ и известные закономерности функционирования при подаче вороха в аспирационный пневмоканал [3].

Приведенный новый подход к построению стохастической функциональной многомерной аналитической модели процесса пневмосепарации соломистого вороха в вертикальном аспирационном пневмоканале позволяет учитывать основные аргументы векторов входных и управляющих воздействий на рассматриваемый процесс, а следовательно, качественно проводить многомерный анализ, параметрический и структурный синтез пневмоканала и устройства для ввода в него соломистого вороха.

Список использованных источников:

1. Ермольев Ю.И., Лукинов Г.И. Энергоресурсосберегающие технологии сепарации зерновых отходов на предприятиях приема, переработки и хранения зерна. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007.-с.137-148
2. Ермольев Ю.И. Интенсификация технологических операций в воздушно-решетных зерноочистительных машинах. . – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 1998.-с.30-31
3. Московский М. Н. Интенсификация процесса сепарации семян зерновых в зерноочистительных агрегатах : дис... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства / М. Н. Московский ; ДГТУ.- Ростов н/Д, 2005. –с.47-60