

УДК 631.362.001.573

Ю.И. ЕРМОЛЬЕВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Приведена математическая модель процесса функционирования воздушно-решетной зерноочистительной машины, показаны условия и результаты этого моделирования.

Ключевые слова: процесс, показатели сепарации, математическая модель, результаты моделирования.

Введение. Одним из путей первичного проектирования воздушно-решетных зерноочистительных машин можно считать их параметрический и структурный синтез. Приведен пример параметрического синтеза машины с использованием системного моделирования.

Построение математической модели. Математическую модель процесса функционирования воздушно-решетной зерноочистительной машины (ВРЗОМ) как замкнутой квазистатической системы с заданной $k_{\delta M}$ -й функциональной схемой в общем виде можно записать [1]:

$$E_{\phi \delta M} = \{ \vec{F}, \vec{A}, G_{\delta} [k_{\delta M}(x), T_{\delta M}(x)] \} \rightarrow \max ; \quad (1)$$

$$A_M \subset \vec{A}_M, \quad F \subset \vec{F}, \quad x \in G_M(x, u); \quad (2)$$

$$b_c \leq [b_c], \quad b_{пз} \leq [b_{пз}], \quad \delta_p \leq [\delta_p]. \quad (3)$$

Здесь $\vec{F}$ – вектор входных воздействий на принятую в зерноочистительной машине систему операций.

$$\vec{F} = \{ Q, a_j, W, M(b_j), \sigma(b_j), f_Q(B), f_Q(H) \}, \quad (4)$$

$\vec{A}$ – вектор управляющих факторов системы, обеспечивающих ее функционирование,

$$\vec{A} = \{ B_{п1}, h_{п1}, V_{в1}, f_q(B_{п1}), f_v(B_{п1}), P_{cx}(P_i), f_{Qx}(H), f_{Qx}(B), K_{\delta M}(x) \}. \quad (5)$$

Векторы входных и управляющих воздействий на пневмосепаратор 1 $\vec{F}_1$ и $\vec{A}_{п1}$, на решетный модуль – $\vec{F}_p$ и $\vec{A}_p$, на пневмосепаратор 2 – $\vec{F}_{п2}$ и $\vec{A}_{п2}$ показаны на рис.1.

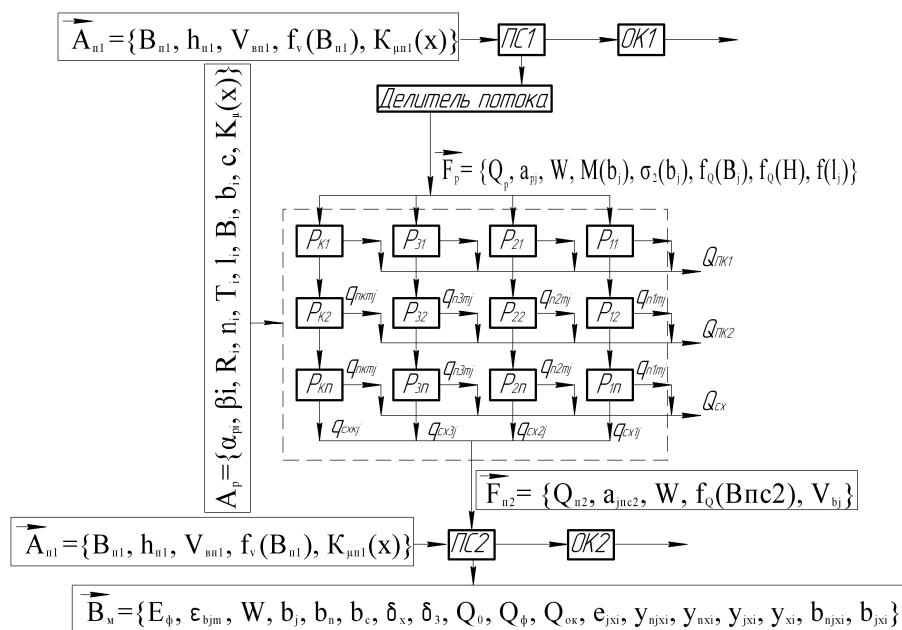


Рис.1. Структурная схема воздушно-решетной зерноочистительной машины с многоярусными решетными модулями

В формуле (1) x – набор технологических операций из $G_M(x, u)$ множества, реализуемых в $K_{\delta M}$ функциональной схеме ВРЗОМ. $G_{\delta}[K_{\delta M}(x), T_{\delta}(x)]$ – функционал, определяющий показатели технологического процесса в ВРЗОМ (полнота выделения j -х компонентов, потери зерна, содержание в очищенном зерне других j -х компонентов), для принятой $K_{\delta M}(x)$ схемы.

Выходные показатели функционирования зерноочистительной машины определяются вектором $\vec{B}_M$, независимые аргументы которого случайные в вероятностно-статистическом смысле величины:

$$\vec{B}_M = \{E_{\Phi}, \varepsilon_{bj\mu}, W, b_j, b_{пз}, b_c, \delta_{3i}, \delta_3, Q_o, Q_{\Phi}, Q_{ок}, \varepsilon_{jxi}, y_{njxi}, y_{nxi}, y_{jxi}, y_{xi}, b_{njxi}, b_{jxi}\}, \quad (6)$$

где E_{Φ} – критерий эффективности реализации технологического процесса ВРЗОМ; $\varepsilon_{bj\mu}$ – полнота выделения из зернового материала отделяемых j -х компонентов; δ_{3i}, δ_3 – потери зерна на xi операции и общие; $Q_o, Q_{\Phi}, Q_{ок}$ – масса выхода очищенного зерна, фуражных отходов и отходов разных категорий; y_{njxi}, y_{nxi} – масса j -х и всех компонентов, содержащихся в зерновом материале после реализации xi -й операции; y_{jxi}, y_{xi} – масса j -х и всех компонентов, выделенных из зернового материала после реализации xi -й операции; b_{njxi} – содержание j -го компонента в массе очищаемого материала и в выделяемых фракциях b_{jxi} ; ε_{jxi} – полнота прохода j -го компонента в очищаемый зерновой материал после выполнения xi -й операции.

$$E_{\Phi} = 1 - \frac{\sum_{j=2}^l a_j \varepsilon_j}{\sum_{j=2}^l a_j}, \quad (7)$$

функция цели:

$$E_{\Phi} \rightarrow \max. \quad (8)$$

Обозначения элементов, входящих в выражения (1)-(8), определены в предыдущей работе автора [1].

В общем виде плотность вероятности распределения зернового материала по ширине B пневмоканала и решетного модуля – $f_Q(B)$, а плотность вероятности распределения скорости воздушного потока в пневмоканале – $f_v(B_{п})$. Тогда количество зернового материала Q_p , попадающего на каждый p -й участок ($p=1, 2, \dots, e$) k -й ширины рабочего органа,

$$Q_p = \frac{BQ_0}{k} \frac{\int_p^p f_Q(B) dB}{\int_p^e f_Q(B) dB}, \quad (9)$$

а средняя скорость воздушного потока на p -м участке:

$$V_p = \frac{BV}{k} \frac{\int_p^p f_v(B) dB}{\int_p^e f_v(B) dB}. \quad (10)$$

Полнота выхода j -х компонентов зернового материала в очищенное пневмосепаратором зерно:

$$\varepsilon_{nkj} = \frac{\sum_{p=1}^e Q_p \varepsilon_{nkj}(Q_p, V_p)}{Q_e}, \quad (11)$$

где $\varepsilon_{nkj}(Q_p, V_p)$ – полнота выхода j -го компонента в очищенное пневмосепаратором зерно для условий сепарации, определенных подачей Q_p зернового материала и скоростью V_p воздушного потока на p -м участке пневмосепаратора

$$\varepsilon_{nkj}(Q_p, V_p) = f\left[Q_p, W, a_{j0}, M_{vj}, f_v(B), f_Q(B), B_{ni}, h_{ni}, f_{ni}\right], \quad (12)$$

где M_{vj} – математические ожидания средних скоростей витания j -х компонентов в исходном материале; B_{ni} – ширина i -го пневмоканала; h_{ni} – глубина i -го пневмоканала; f_{ni} – условия ввода зернового материала в пневмоканал.

Конкретные математические модели, определяющие ε_{nkj} для вертикальных пневмоканалов, пневмосепараторов с активным вводом зернового материала в вертикальный или наклонный пневмоканал определены [1].

При выполнении ограничений (1)-(3) можно рассчитать показатели процесса сепарации:
– содержание сорных примесей ($j=1, 2, \dots, c$) в очищенном зерне

$$b_c = \sum_{j=c} a_j \varepsilon_j / \left(\sum_{j=1}^b a_j \varepsilon_{nkj} \right); \quad (13)$$

– полнота выделения ε_{bc} пневмосепаратором в отходы сорных ($j=1, 2, \dots, c$) примесей

$$\varepsilon_{bc} = \sum_{j=c} [a_j (1 - \varepsilon_{nkj})] / \sum_{j=1}^b a_j; \quad (14)$$

– содержание j -х компонентов в очищенном зерне

$$b_j = a_j \varepsilon_{cj} / \left(\sum_{j=1}^b a_j \varepsilon_{nkj} \right); \quad (15)$$

– полнота выделения j -го компонента зернового материала в пневмосепараторе

$$\varepsilon_{bj} = (1 - \varepsilon_{nkj}); \quad (16)$$

– содержание j -го компонента зернового материала в легких отходах

$$b_{jo} = a_j (1 - \varepsilon_{nkj}) / \left(\sum_{j=1}^b [a_j (1 - \varepsilon_{nkj})] \right); \quad (17)$$

– масса отходов и масса очищенного в пневмосепараторе зерна

$$Q_o = \sum_{j=1}^b Q a_j (1 - \varepsilon_{nkj}), \text{ кг/(м·с)}; \quad Q_k = Q - Q_o, \text{ кг/(м·с)}. \quad (18)$$

Построенная математическая модель процесса сепарации гетерогенной сыпучей среды адекватна [2] и позволяет, используя известные методы параметрического и структурного синтеза, проводить многомерный анализ процесса и оценивать рациональные параметры пневмосепаратора для задаваемых условий и ограничений на показатели его функционирования.

Входное воздействие на рассматриваемый решетный модуль выражается вектором $\vec{F}_p$, независимые аргументы которого случайные в вероятностно-статистическом смысле величины:

$$\vec{F}_p = [Q_p, a_{pj}, W, M(b_j), \sigma^2(b_j), f_Q(B_i), f_Q(H), f(l_i)]. \quad (19)$$

Активные средства, определяющие эффективность функционирования решетного модуля, найдем вектором $\vec{A}_p$:

$$\vec{A}_p = [\alpha_{pi}, \beta_i, R_i, n_i, T_i, l_i, B_i, b_i, c, K_\mu(x)], \quad (20)$$

где все показатели определены [1].

Различные базовые решетные модули, которые можно использовать в ВРЗОМ, математические модели, описывающие процессы функционирования базовых и комплексных (составленных из различных структур базовых модулей) решетных модулей, определены [1].

Рассмотрим, для примера, в общем случае многоярусный решетный модуль (рис.2) с неоднородными по длине ($l_{11}, \dots, l_{1n}$) и высоте (1, 2, ..., k) решетками и с различными кинематическими параметрами. В общем виде на ярусы решет поступает $q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{nj}, q_{kj}$ количество j -го компонента сыпучего материала с их торцов, определяемое плотностью вероятности распределения $f_Q(H)$ случайной величины Q (подача сыпучего материала на ярусы (1, 2, ..., k решет)) по высоте H расстановки ярусов решет: $Q=Q_k$ (18), содержание j -х компонентов в сыпучем материале b_j определяется из выражения (15). Распределение случайной величины q_δ по ширине B_p сепараторов в ярусах определяется плотностью вероятности $f_{nq}(B)$. В качестве допущения здесь и далее будем считать поступление сыпучих материалов на ярусы решет постоянными по времени (процесс квазистатичный) и с равномерным распределением j -х компонентов в сыпучем материале ($j=1, 2, \dots$).

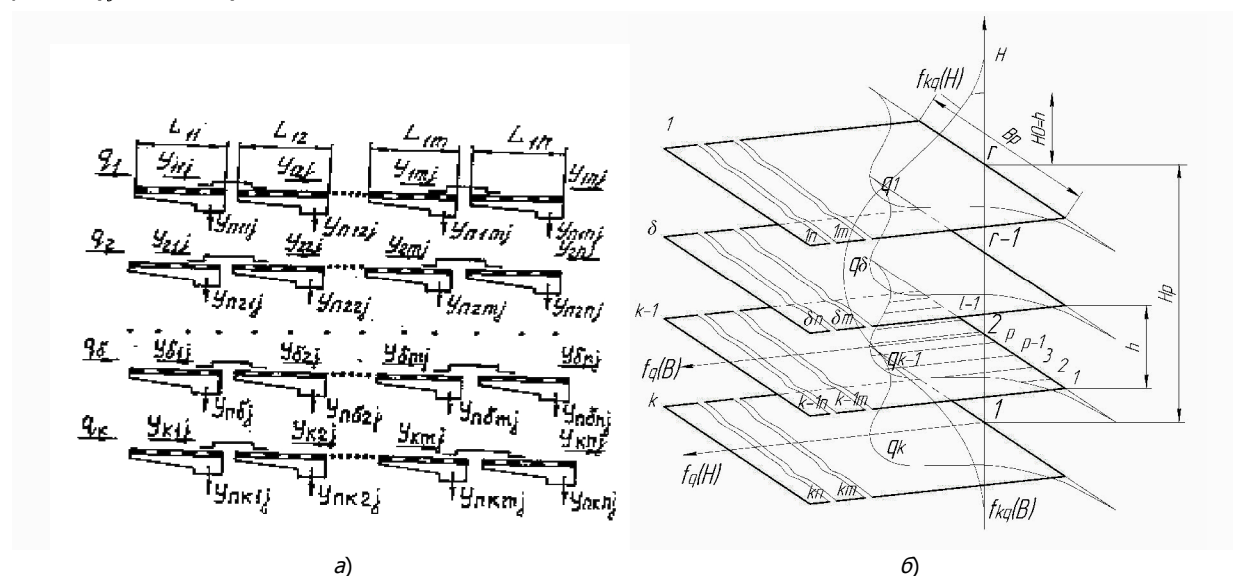


Рис.2. Многоярусный решетный модуль (а). Плотность $f_Q(H)$ вероятности поступления зернового материала на k -е решетные ярусы и плотность вероятности $f_{\delta q}(B)$ его распределения по их ширине B_p (б)

Полноту просеивания j -го компонента на δ -м решетном ярусе можно определить по известному выражению [1]:

$$\varepsilon_{\delta j} = \frac{\sum_{p=1}^l q_{\delta p} a_j \varepsilon_{\delta j}(q_{\delta p})}{q_{\delta} a_j l}, \quad (21)$$

где $q_{\delta p}$ – приведенная подача сыпучего материала на p -й участок (по ширине B) ($p = 1, 2, \dots, e$) n -го решетного яруса, $q_{\delta p} = \frac{BQ}{k} P_{\delta Q p}$; $k=B|e$ – ширина p -го участка яруса решет; $P_{\delta Q p}$ – вероятность попадания случайной величины Q на p -й участок по ширине δ -го решетного яруса.

$$P_{\delta Q p} = P_{\Gamma Q} P_{\delta p q} . \quad (22)$$

Здесь $P_{\Gamma Q}$ – вероятность попадания случайной величины Q на $\Gamma - (\Gamma - 1)$ участок (δ -й решетный ярус):

$$P_{\Gamma Q} = \frac{\int_{\Gamma-1}^{\Gamma} f_Q(H) dH}{\int_{\Gamma-1}^{\Gamma} f_Q(H) dH} ; \quad P_{\delta p q} = \frac{\int_{p-1}^p f_q(B) dB}{\int_{p-1}^p f_{\delta q}(B) dB} . \quad (23)$$

При этом подача q_{δ} сыпучего материала на δ -й решетный ярус

$$q_{\delta} = Q P_{\Gamma Q} k ; \quad (24)$$

$\varepsilon_{\delta j}(q_{\delta p})$ – полнота просеивания j -го компонента на p -м участке δ -го решетного яруса при подаче $q_{\delta p}$ сыпучего материала на этот участок, определяется из различных выражений в зависимости от многих факторов:

$$\varepsilon_{\delta j}(q_{\delta p}) = f(Q, a_j, W, \gamma, f_j, L_{\delta m}, d_m, \alpha_m, \beta_m, R_m, N_m, n),$$

где f_j, γ – вид сыпучего материала (зерно, семена трав и др.) и его плотность; $L_{\delta m}$ – длина m -го решета δ -го решетного яруса; d_m – рабочий размер отверстий m -го решета δ -го яруса; $\alpha_m, \beta_m, R_m, N_m$ – угол наклона к горизонту, направленность, амплитуда и частота колебаний m -го решета в δ -м ярусе; n – количество решет в ярусе.

$$\varepsilon_{\delta j} = \frac{\sum_{p=1}^l Q \frac{\int_{r=1}^r f_Q(H) dH}{\int_{r=1}^c f_Q(H) dH} \frac{\int_{p=1}^p f_{\delta q}(B) dB}{\int_{p=1}^l f_{\delta q}(B) dB} a_{j\delta} \varepsilon_{\delta p}(q_{\delta p})}{\sum_j q_{\delta} a_j} , \quad (25)$$

где $\varepsilon_{\delta j p} = \varepsilon_{(n-1)ojp} + [1 - \varepsilon_{\delta(n-1)ojp}] \varepsilon_{\delta njp}$.

При известной полноте просеивания $\varepsilon_{\delta j}$ j -го компонента на отдельном ярусе решет ($\delta = 1, 2, \dots, k$) полнота просеивания j -го компонента на всех ярусах решетного модуля определяется из выражения

$$\varepsilon_j = \frac{\sum_{\delta=1}^k q_{\delta} a_{\delta j} \varepsilon_{\delta j}}{Q a_j k} , \quad (26)$$

где $a_{\delta j}$ – содержание j -го компонента в сыпучем материале, поступающем на δ -й решетный ярус.

Сход j -го компонента с p -го участка δ_m -го решета определяется из выражения

$$Y_{\delta mpj} = q_{\delta p} a_j \prod_{i=1}^m \left[a_{\delta i p}(\bar{h}) \exp \left(- \frac{2\gamma_{\delta i}^2 B_{\delta pi}^2 \rho_{\delta ij}^2 b_{\delta ij} V_{\delta ij} L_{\delta i}}{4q_{\delta ip}^2} \right) \right]. \quad (27)$$

Принимая, что для каждого p -го участка и для каждого δ_m -го решета параметры сепарации $a_{\delta mj}(\bar{h})$, $b_{\delta mj}$, $V_{\delta mj}$ различны, но постоянны в пределах ограниченной длины δ_m -го решета, массу просеивания j -го компонента сыпучего материала на длине X p -го участка δ_m -го решета можно определить из выражения

$$Y_{n\delta mj}(X) = Y_{\delta(m-1)j} \left\{ 1 - a_{\delta mj}(\bar{h}) \exp \left(- \frac{2\gamma_{\delta m}^2 B_{\delta m}^2 \rho_{\delta mj}^2 V_{\delta mj} X}{4 \left(\sum_j Y_{\delta(m-1)j} \right)^2} \right) \right\}, \quad (28)$$

а полноту просеивания j -го компонента на длине l δ_m -го решета модуля – из выражения

$$\varepsilon_{\delta m j} = \frac{\sum_{p=1}^l q_{\delta mp} a_{\delta mj} \varepsilon_{\delta mj}(q_{\delta mp}, L)}{\sum_j Q a_{\delta j} \frac{\int_{\delta=1}^r f_Q(H) dH}{\int_{\delta=1}^c f_Q(H) dH} \prod_{i=0}^{m-1} (1 - \varepsilon_{\delta ij}) a_{ij} l}. \quad (29)$$

Полнота просеивания j -го компонента ε_{mj} через все m -е решета k ярусов определяется из выражения

$$\varepsilon_{mj} = \sum_{\delta=1}^k \varepsilon_{\delta mj} \frac{\int_{\delta=1}^{r-1} f_Q(H) dH}{\int_{\delta=1}^c f_Q(H) dH}. \quad (30)$$

Полнота просеивания j -го компонента ε_j через все решета k -ярусного решетного модуля

$$\varepsilon_j = \varepsilon_{(n-1)0j} + [1 - \varepsilon_{(n-1)0j}] \varepsilon_{nj}, \quad (31)$$

где $\varepsilon_{(n-1)0j}$ – полнота просеивания j -го компонента через все $(n-1)$ последовательные решета в k ярусах.

Полнота схода $\varepsilon_{CX\delta mj}$ j -го компонента со всего δ_m -го решета

$$\varepsilon_{CX\delta mj} = \frac{\sum_{p=1}^l q_{\delta mp} a_j \varepsilon_{CX\delta mj}(q_{\delta mp})}{q_{\delta m} a_j l}, \quad (32)$$

а со всех m -х решет k -ярусного решетного модуля

$$\varepsilon_{CXmj} = \sum_{\delta=1}^k P_{\Gamma Q} \varepsilon_{CX\delta mj}. \quad (33)$$

Полученные выражения (19)-(33) позволяют оценить проход j -х $q_{п\delta mj}$ и всех $q_{п\delta m}$ компонентов сыпучего материала через δm -е решета отдельных ярусов и всех k ярусов $Q_{п\delta mj}$, $Q_{п\delta m}$ и содержание j -х компонентов в проходе каждого m -го решета δ -го яруса $b_{\delta mj}$ и всех m -х ярусов b_{mj} [1].

Входное воздействие на второй пневмоканал определяется вектором $\vec{F}_{п2}$, активные средства – вектором $\vec{A}_{п2}$ (рис.1).

Математическая модель оценки показателей функционирования второго пневмоканала аналогична (9)-(12) при подаче зернового материала в пневмосепаратор 2, равной выходу очищенного в решетном модуле зерна. Проведенные исследования показали, что построенные математические модели с 95-процентной (полнота выделения сорных примесей – 90%) достоверностью адекватно описывают процесс сепарации в воздушно-решетной зерноочистительной машине [1].

Параметрический синтез. Параметрический синтез функциональной схемы и задаваемой техническим заданием вариации величин аргументов векторов входных $\vec{F}$ (4) и управляющих $\vec{A}$ (5) воздействий проводится с использованием соответствующих математических моделей методом нелинейного программирования – методом сканирования с ограничениями, так как отсутствует унимодальность функции цели (8) и нелинейные ограничения (2)-(3).

На втором иерархическом уровне синтезируется функциональная подсистема решетного модуля (РМ) с делителем зернового потока (ДЗП) для ВРЗОМ.

Для синтезированных рациональных параметров рассматриваемой структуры РМ (например, схема РМ, число решетных полотен, форма и размеры отверстий решет, кинематические параметры: частота, амплитуда колебаний, угол наклона решет к горизонту, угол направленности их колебаний) проводится многомерный анализ процесса функционирования РМ при различных величинах вектора выходных $\vec{F}_p$ (19) и управляющих $\vec{A}_p$ (20) воздействий, определяемых выходными показателями функционирования ПС.

Эффективность сепарации зерновых (пшеница, рис) и семян подсолнечника с учетом ограничений размеров решетных полотен (ТУ 23.2.2068-89), изготавливаемых в России, а также приводов решетных модулей и систем их очистки от забивания отверстий выявлена для одноярусных трехрешетных модулей.

Определен рациональный решетный модуль с параллельной и последовательной схемами сепарации зернового материала, функциональные показатели которых соответствуют заданным, для очистки зерна с учетом проведенного параметрического и структурного синтеза комплексных решетных модулей [1].

С использованием математической модели (1)-(33) был разработан алгоритм программ для ЭВМ ПК, позволяющий проводить параметрический синтез (8) с учетом принятых ограничений (2)-(3) и значений аргументов векторов $\vec{F}$, $\vec{A}$, $\vec{A}_p$, $\vec{B}_m$ [1].

Для проведения многомерного анализа оценки основных показателей функционирования обоснованного варианта ВРЗОМ (рис.3) при вариации аргументов вектора $\vec{F}$ (рис.1) осуществлено моделирование процесса системной сепарации зерна.

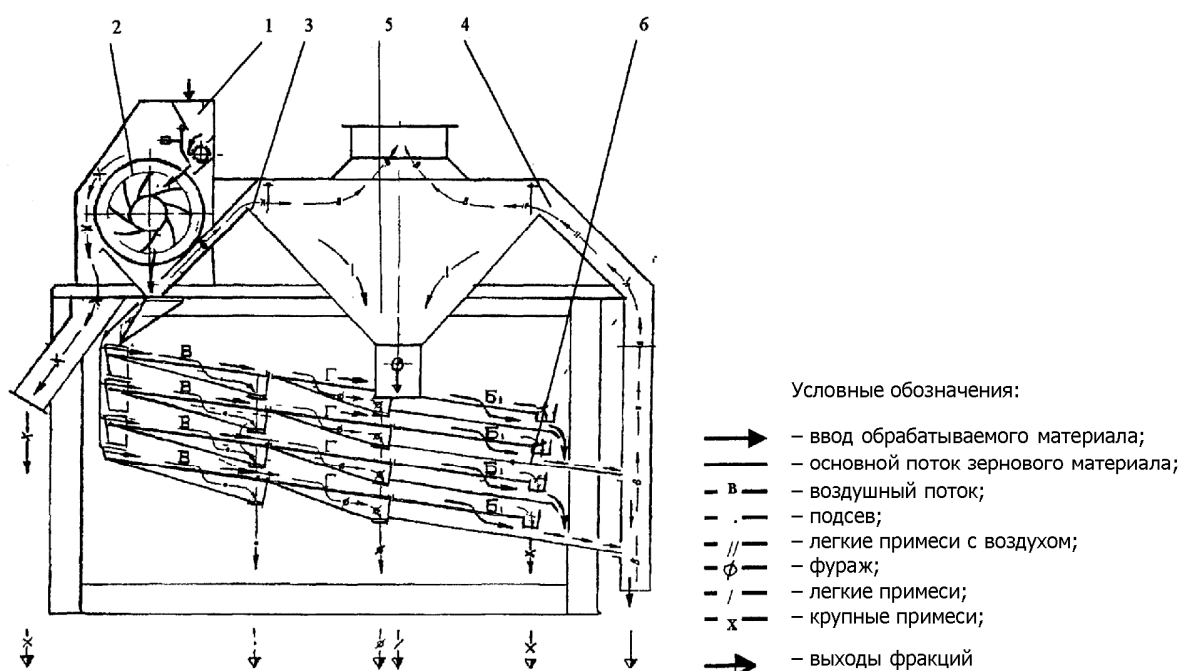


Рис.3. Технологическая схема воздушно-решетной зерноочистительной машины:
1 – камера приемная; 2 – скеллератор барабанный; 3, 4 – каналы аспирационные;
5 – камера осадочная; 6 – 4-ярусный решетный модуль

При моделировании приняты следующие допущения: плотность распределения вероятности поступления зернового материала по ширине решетного модуля подчиняется нормальному закону с коэффициентом вариации 20,26%; плотность вероятности распределения зернового материала по высоте решетных ярусов характеризуется коэффициентом вариации $\lambda_Q(H)$, изменяющимся в пределах от 0 до 54,4%.

Результаты моделирования. Выявлено (рис.4,а), что в рассмотренном интервале подач изменение коэффициента вариации неравномерности поступления зернового материала на отдельные решетные ярусы несущественно влияет на выделение из него крупных сорных примесей и дробленой соломы.

Полнота выделения мелких сорных примесей $\varepsilon_{\text{всм}}$ (рис.4,б) в интервале подач от 2,775 до 4,635 кг/с незначительно уменьшается при изменении коэффициента вариации от 0 до 54,41%. Для интервала подач 4,635-8,58 кг/с $\varepsilon_{\text{всм}}$ незначительно снижается при изменении коэффициента вариации от 0 до 23%. При дальнейшем увеличении $\lambda_Q(H)$ происходит существенное снижение полноты выделения мелких сорных зерновых примесей. Агропоказатель $b_c < 1\%$ (b_c – содержание сорных примесей в очищенном зерне) выполняется на всем рассматриваемом диапазоне вариации подач Q и $\lambda_Q(H)$ (рис.5,а).

Существенное влияние изменения коэффициента $\lambda_Q(H)$ и подачи оказывают на выделение из рассматриваемого материала зерновых примесей $\varepsilon_{\text{впз}}$ на всем интервале изменения подач. Например, для $Q = 3,705$ кг/с при изменении $\lambda_Q(H)$ от 0 до 54,4% $\varepsilon_{\text{впз}}$ снижается на 5%, а для $Q = 8,115$ кг/с при изменении $\lambda_Q(H)$ в том же интервале $\varepsilon_{\text{впз}}$ снижается на 7%. При этом агропоказатель $b_{\text{пз}} < 2\%$ (содержание зерновых примесей в очищенном зерне) выполняется при различных значениях $\lambda_Q(H)$ для разных подач. Так, при $\lambda_Q(H) = 24\%$ максимально допустимая по-

дача составляет 6,495 кг/с (23,2 т/ч). Для $Q = 5,65$ кг/с и более увеличение $\lambda_Q(H)$ существенно влияет на потери зерна в фуражные и неиспользуемые отходы. Так, для $Q = 6,495$ кг/с максимально допустимое значение $\lambda_Q(H)$ составляет 35,66%, а для $Q = 8,115$ кг/с $\lambda_Q(H)_{\max} = 18,1\%$.

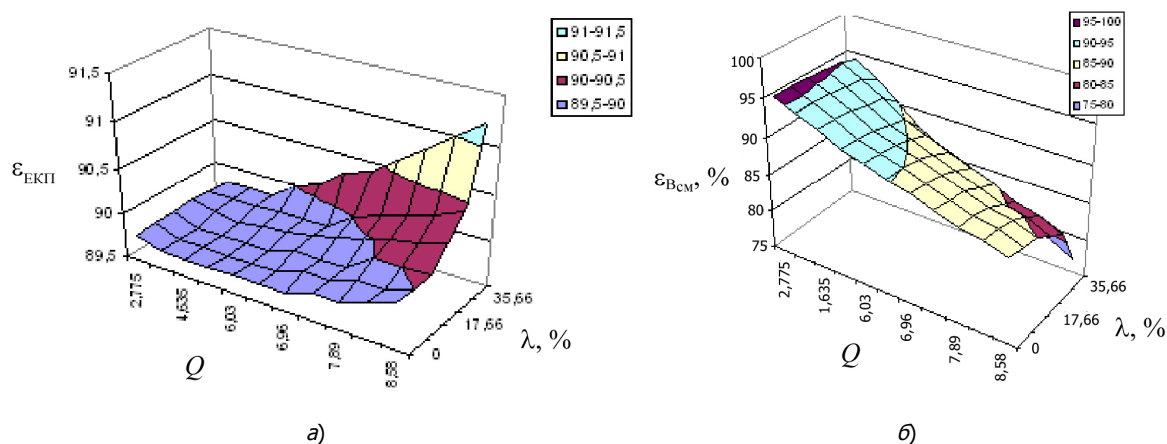


Рис.4. Зависимость полноты выделения компонентов из зернового материала, очищенного воздушно-решетной машиной от подачи Q зернового материала в машину и величины коэффициента вариации λ неравномерности поступления зернового материала на отдельные решетные ярусы: а – крупных $\varepsilon_{\text{ЕКП}}$ и б – мелких сорных $\varepsilon_{\text{ВсМ}}$

Выявлена усредненная допустимая неравномерность поступления зернового материала на решетные ярусы в пределах $\lambda_Q(H) = 28\text{--}30\%$. При синтезе основных параметров зерноочистительной машины для различных основных величин Q и $f_Q(H)$ усредненные рациональные параметры: $V_b = 6$ м/с, $n = 7,92$ об/с, $b_1 = 1,7$ мм, $b_2 = 2,0$ мм, $b_3 = 3,6$ мм.

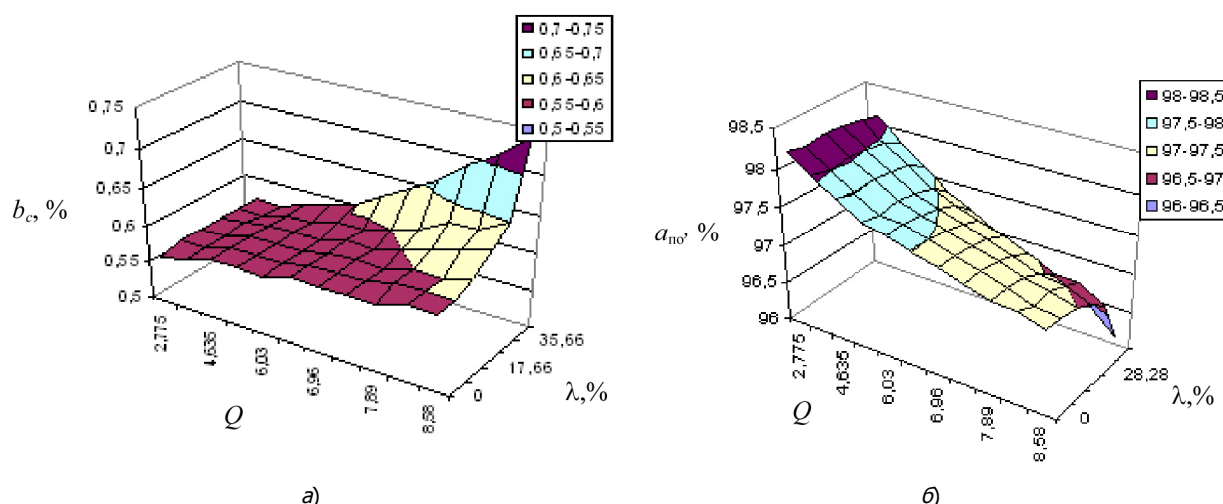


Рис.5. Зависимость содержания в зерне, очищенном воздушно-решетной машиной, сорных примесей b_c (а) и чистоты $a_{\text{по}}$ (б) зерна от подачи Q зернового материала в машину и величины коэффициента вариации λ неравномерности поступления зернового материала на отдельные решетные ярусы

Выводы. Проведенное моделирование с использованием методов параметрического синтеза позволило проанализировать количественные зависимости показателей функционирования воздушно-решетной зерноочистительной машины при широкой вариации факторов, воздействующих на этот процесс для принятых условий и технологических ограничений, и синтезировать основные параметры ее работы [1].

Библиографический список

1. Ермольев Ю.И. Проектирование технологических процессов и воздушно-решетных и решетных зерноочистительных машин / Ю.И. Ермольев, А.В. Бутовченко, М.Н. Московский, М.В. Шелков. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 638 с.

2. Ермольев Ю.И. Технологические основы интенсификации процесса сепарации зерна воздушно-решетными зерноочистительными машинами и агрегатами: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Ростов н/Д, 1990. – 345 с.

Материал поступил в редакцию 20.10.10

References

1. Ermol'ev Yu.I. Proektirovanie tehnologicheskikh processov i vozduшно-reshetnykh i reshetnykh zernoochistitel'nykh mashin / Yu.I. Ermol'ev, A.V. Butovchenko, M.N. Moskovskii, M.V. Shelkov. – Rostov n/D: Izdatel'skii centr DGTU, 2010. – 638 s. – In Russian.

2. Ermol'ev Yu.I. Tehnologicheskie osnovy intensivifikatsii processa separatsii zerna vozduшно-reshetnymi zernoochistitel'nymi mashinami i agregatami: dis.... d-ra tehn. nauk: 05.20.01. – Rostov n/D, 1990. – 345 s. – In Russian.

Y.I. ERMOLYEV

MODELING AIR-NET WINNOWER MACHINE

The article gives mathematical model of the air-net winnower machine (grain separator), conditions and results of modeling this process are shown.

Key words: process, separation characteristics, mathematical model, modeling results.

ЕРМОЛЬЕВ Юрий Иванович (р. 1943), заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины и оборудование» Донского государственного технического университета, доктор технических наук (1991), профессор (1992). Окончил Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения (1969).

Область научных интересов: проблема системной сепарации сыпучих гетерогенных сред сельскохозяйственного назначения, направленная на создание новых современных технологий и технических средств для поточной сепарации зерновых и других сельхозматериалов.

Автор более 200 публикаций, в том числе 4 монографии. Имеет 14 авторских свидетельств и патентов.

Yury I. ERMOLYEV (1943), Head of the Agricultural Machinery and Equipment Department, Don State Technical University. PhD in Science (1991), Professor (1992). He graduated from Rostov-on-Don Institute of Agricultural Engineering (1969).

Research interests: problem of granular materials system separation of granular heterogeneous agricultural environments, creation of new technologies and technological tools for straightline separation of grain and other agricultural materials.

Author of over 200 publications, 4 monographs, 14 certificates of authorship and patents.