

УДК 631.362.3

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВОГО ВОРОХА

В. М. ХАЛАНСКИЙ
(Кафедра с.-х. машин)

В разработанной на период 1981—1990 гг. системе машин для комплексной механизации растениеводства предусматривается создание зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 10—12 кг хлебной массы в 1 с и стационарных ворохоочистителей для обработки зернового вороха, содержащего 40—50 % незерновых компонентов, а также модификации комбайна для уборки семенников трав с минимальными потерями.

Решение указанных задач во многом зависит от изыскания путей повышения эффективности сепарации зерна из мелкосорного вороха. Определенный интерес представляют новые принципы разделения зерносорного вороха на компоненты в воздушном потоке, совершающем поступательное, вращательное или сложное движение.

В связи с этим в нашей стране заметно активизировались исследования с целью определения возможности использования существующих и создания новых пневмосепараторов для выделения зерна из мелкого зернового вороха. На кафедре сельскохозяйственных машин Тимирязевской академии ведется разработка пневмоцентробежных сепараторов многоцелевого назначения. Ниже приводятся результаты этой работы, выполненной в 1981—1985 гг.

Классификация пневмосепараторов

Конструкции современных пневмосепараторов зерносорного вороха предусматривают разделение вороха на компоненты по аэродинамическим свойствам в чистом виде или в комбинации с другими способа-

ми. В последние годы появилось много новых идей, предложений и оригинальных решений, выходящих за рамки традиционных представлений о процессах и явлениях, происходящих при пневмосепарации, и открывающих новые технические возможности использования этого способа.

Существующие системы классификации не охватывают всего многообразия пневмоочисток, являются неполными, а в ряде случаев противоречивыми, номенклатура классифицируемых объектов замыкается традиционными системами. Все это затрудняет выбор наиболее перспективного направления и тем более прогнозирование путей создания новых пневмосепараторов зерносорного вороха. Нами была разработана новая классификация данных пневмосепараторов. В качестве главного признака, отражающего пневмосепарацию как динамический процесс, использован параметр, характеризующий динамику процесса и действие на частицу внешних сил. По этому признаку синтезировано 5 классов пневмосепараторов (рис. 1): пневмогравитационные, пневмоимпульсные с поступательным ленточным ускорителем, пневмоимпульсные с вращательным роторным ускорителем, пневмоцентробежные с вращающейся средой и пневмоцентробежные с вращающейся камерой сепарации.

В пневмогравитационных сепараторах (класс Z_1) на частицу вороха действуют сила тяжести G и аэродинамическая сила R . Направление аэродинамической силы может меняться в зависимости от направления движения воздушного потока. В таких сепараторах скорость ввода материала в камеру сепарации не превышает 1—2 м/с,

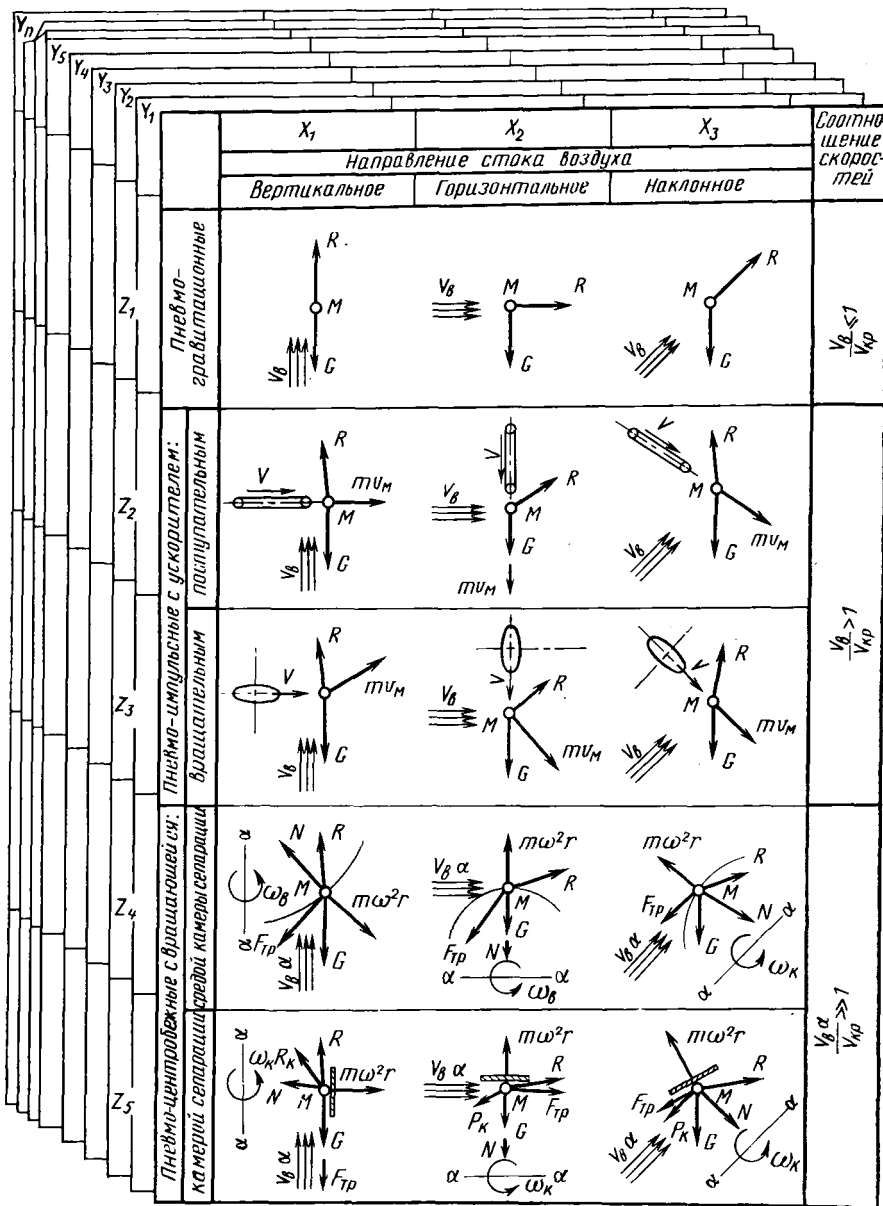


Рис. 1. Классификационная матрица пневмосепараторов зернового вороха.

и скорость воздушного потока V_B должна быть меньше критической скорости зерна $U_{кр}$, т. е. соотношение $\lambda = V_B / U_{кр} < 1$. В связи с этим рабочий процесс пневмогравитационных сепараторов невозможно интенсифицировать.

В пневмоимпульсных сепараторах (классы Z_2 и Z_3) ворох вбрасывается в камеру сепарации ленточным или роторным метателем. На частицу вороха действуют также сила тяжести и аэродинамическая сила. Скорость ввода материала в камеру сепарации может быть сколь угодно большая, а следовательно, частица будет иметь запас кинетической энергии для преодоления сопротивления воздуха. В таких сепараторах значение λ может быть больше 1. Увеличивая скорость воздуха и скорость вбрасывания, можно интенсифицировать рабочий

процесс. Однако при этом возрастают размеры камеры сепарации.

В пневмоцентробежных сепараторах (классы Z_4 и Z_5) на частицы вороха действуют сила тяжести G , аэродинамическая сила R , центробежная сила $P_{ц}$, а при движении частицы по вращающейся поверхности — Кориолисова сила P_K . Придавая частицам вороха вращательное движение с любой угловой скоростью, можно увеличить скорость воздушного потока до значений, при которых соотношение λ может быть значительно больше 1. Камера сепарации имеет кольцеобразную форму. Поэтому габариты ПЦС могут быть значительно меньше, чем у пневмоимпульсных, при одинаковой их пропускной способности.

По направлению стока воздушного потока выделено три группы сепараторов: с вертикальным X_1 , горизонтальным X_2 и

наклонным X_3 воздушным потоком. В качестве признака подгрупп Y признано целесообразным использовать способ усиления делимости смеси на компоненты в воздушном потоке. Классификация в данном случае ведется по дополнительным воздействиям на ворох, позволяющим повысить эффективность процесса пневмосепарации. Это предварительное расслоение вороха (сегрегация) Y_1 , динамическая отсадка на пальцевых решетках Y_2 , разделение по длине частиц Y_3 , ориентация частиц в потоке воздуха Y_4 , многократное воздействие воздушного потока с возрастающей интенсивностью Y_5 и другие способы Y_i усиления делимости смеси.

Используя предложенную классификацию, можно синтезировать новые конструкции пневмосепараторов, наделяя их необходимыми свойствами. Примером такого синтеза является пневмоцентрибежный сепаратор (ПЦС), в котором реализован следующий ряд признаков: $Z_4, X_1, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ (Устройство для пневматической очистки зерновых смесей. Авт. свид. № 721131: Бюл. изобрет., № 10, 1980).

Сепаратор состоит из цилиндрического корпуса, загрузочного устройства, роторного ускорителя, конусного экрана-отражателя, составленного из нескольких конических колец с пальцевыми решетками, и вентилятора. Ускоритель выполнен в виде вращающегося конфузора, на наружной поверхности которого закреплены лопасти. Работает он следующим образом: зерновой ворох, заброшенный шнеком загрузочного устройства в корпус сепаратора, захватывается лопастями ускорителя и раскручивается в высокоскоростной вращающийся поток. Под действием сил тяжести и давления воздуха, стекающего вниз, ворох сходит по внутренней поверхности цилиндра корпуса на верхнее конусное кольцо экрана-отражателя. Переходя с одного кольца на другое, ворох продолжает вращаться по внутренней поверхности экрана-отражателя и многократно продувается потоком воздуха, всасываемого вентилятором через кольцевые зазоры между конусными кольцами. Примеси с большей парусностью уносятся потоком воздуха по трубопроводу в половосборник. Перепады между кольцами обеспечивают динамическую отсадку вороха, а пальцевые решетки способствуют отводу длинных соломистых примесей в центральную зону восходящего потока воздуха и гарантированному выносу их воздушным потоком. Чистое зерно через горловину нижнего конуса сходит вниз, в бункер.

Использование вращающегося ротора позволило управлять процессом раскручивания вороха и подачи его в камеру сепарации. Регулировкой режима ротора можно изменять модуль и вектор скорости ввода вороха в камеру сепарации, ограниченную конусным экраном-отражателем. Для обоснования параметров и режима работы такого сепаратора были проведены теоретические и экспериментальные исследования на физической модели, диаметр корпуса которой равнялся 0,65 м.

Моделирование процессов разгона и разделения зернового вороха

В цилиндрическом корпусе ПЦС частицы вороха движутся по винтовым траекториям,

расходящимся веером от зоны загрузки, т. е. имеет место их рассеивание. За показатель рассеивания K_p при сходе вороха с нижней кромки цилиндра примем отношение L_{cx}/L , где L_{cx} — длина дуги, на которой ворох сходит с нижней кромки цилиндра, L — длина его окружности. Очевидно, что при $L_{cx}=L$ показатель рассеивания равен 1. В этом случае ворох сходит в камеру сепарации по всему периметру корпуса и эффективность сепарации достигает максимума. При $K_p < 1$ ворох подается в сектор, а при $K_p > 1$ происходит наложение потоков вороха в секторе камеры сепарации. И в первом, и во втором случаях эффективность сепарации снижается. Поэтому в расчетах подбираем параметры сепаратора, при которых K_p стремится к единице. Данная величина находится в прямой зависимости от конструктивных параметров и частоты вращения ротора, высоты цилиндра зоны разгона и аэродинамических свойств компонентов вороха. Одной из задач исследования является определение зависимости показателя K_p от высоты цилиндра, скорости U и угла ввода вороха в камеру разгона θ , скорости V и угла наклона к горизонту вектора воздушного потока γ .

Рассмотрим движение частицы M вороха (рис. 2) после ее отделения от лопасти, установленной к образующей под углом φ . Предположим, что скорость частицы после ее отделения от лопастей равна окружной скорости лопасти и частица отделяется от лопасти по нормали, мгновенно достигает поверхности неподвижного цилиндра и движется по ней безотрывно ($N > 1$), воздух в цилиндре движется с постоянной скоростью V под углом γ к горизонтالي φ . При движении по внутренней поверхности цилиндра на частицу M действуют аэродинамическая сила R , центробежная P_c , сила трения F , нормального давления N и тяжести G .

Дифференциальное уравнение абсолютно го движения частицы в этом случае будет иметь вид

$$m \bar{a} = G + P_c + F + R + N, \quad (1)$$

где m — масса частицы, \bar{a} — ее абсолютное ускорение.

Спроектируем уравнение (1) на оси r, ρ и Z цилиндрической системы координат

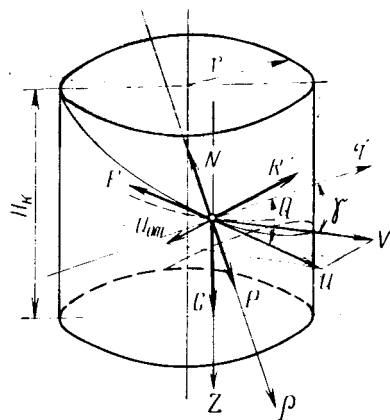


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу в камере разгона.

и получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m \frac{dU_{\tau}}{dt} = R_{\tau} - F_{\tau} \\ m \frac{dU_{\rho}}{dt} = P_{\rho} - N \\ m \frac{dU_Z}{dt} = G - R_Z - F_Z, \end{cases} \quad (2)$$

где t — время, с.

Выразим силы через соответствующие величины:

$$\begin{aligned} R_{\tau} &= k\rho_B S \sqrt{(V_{\tau} - U_{\tau})^2 + (V_Z - U_Z)^2} \times \\ &\quad \times (V_{\tau} - U_{\tau}); \\ R_Z &= k\rho_B S V \sqrt{(V_{\tau} - U_{\tau})^2 + (V_Z - U_Z)^2} \times \\ &\quad \times (V_Z - U_Z); \\ P_{\rho} &= m (U_{\tau}^2 / \rho), \end{aligned} \quad (3)$$

где k — коэффициент сопротивления; ρ_B — плотность воздуха; S — миделево сечение частицы; V_{τ} и V_Z — проекция скорости воздушного потока на оси τ и Z ; U_{τ} и U_Z — проекция абсолютной скорости частицы на оси τ и Z ; ρ — текущая координата.

$$F_{\tau} = Nf (U_{\tau}/U) \text{ и } F_Z = Nf (U_Z/U),$$

где f — коэффициент трения частицы о поверхность цилиндра.

Учитывая, что в цилиндре $\rho = r = \text{const}$, $U_{\rho} = 0$, $a_{\rho} = 0$, $N_{\rho} = P_{\rho}$, исключаем второе уравнение из системы (2). После преобразований, учитывая, что коэффициент парусности $k_{\Pi} = \frac{k\rho_B S}{m}$, получим систе-

му дифференциальных уравнений второго порядка, которая характеризует процесс безотрывного движения частицы по поверхности цилиндра во вращающемся воздушном потоке.

$$\begin{cases} \tau'' = \frac{k_{\Pi}}{r} \sqrt{(V_{\tau} - r\tau')^2 + (V_Z - Z')^2} \times \\ \quad \times (V_{\tau} - r\tau') - \frac{fr^2 (\tau')^3}{\sqrt{(r\tau')^2 + (z')^2}} \\ Z'' = g - k_{\Pi} \sqrt{(V_{\tau} - r\tau')^2 + (V_Z - Z')^2} \times \\ \quad \times (V_Z - Z') + \frac{frZ' (\tau')^2}{\sqrt{(r\tau')^2 + (Z')^2}}. \end{cases} \quad (4)$$

Полученная система решена на ЭВМ СМ-3 с использованием метода Рунге — Кутты третьего порядка. Шаг интегрирования $\Delta t = 0,02$ с.

Движение частицы по цилиндру сепаратора анализировано с помощью уравнений (4) при следующих значениях параметров: диаметр корпуса $D = 0,650$ м, $0,850$ и $1,000$ м; скорость воздушного потока $V = 10, 12, 14$ и 16 м/с; угол наклона вектора скорости воздушного потока к горизонтали $\gamma = 0^\circ, 10^\circ$ и 20° ; коэффициент парусности $k_{\Pi} = 0,075$ и $17,44$ м $^{-1}$.

Установлено, что степень возрастания K_p по высоте цилиндра зависит от его диаметра: с увеличением последнего она снижается. Следовательно, отношение диаметра цилиндра D к его оптимальной высо-

те H уменьшается с увеличением D . Поэтому выбирать эти параметры на основании простого геометрического подобия нельзя. Следует пользоваться номограммой.

На показатель рассеивания наибольшее влияние оказывает угол γ . С его увеличением в интервале $0-10^\circ$ при $H = 0,3 \div 0,6$ м K_p уменьшается. При дальнейшем возрастании угла данный показатель изменяется незначительно. В случае, когда $H = 0,6 \div 0,8$ м, при увеличении γ от $7,5$ до 20° K_p практически не уменьшается. Это означает, что показатель рассеивания по высоте корпуса возрастает, но интенсивность этого возрастания снижается. Чем больше γ , тем больше высота корпуса, при которой K_p будет равным 1.

Учитывая изложенное выше и исходя из конструктивных соображений, угол γ должен быть в пределах $5-10^\circ$. Экспериментально установлено, что для этого лопасти необходимо установить к образующей ротора под углом $8-16^\circ$.

Модуль скорости воздушного потока оказывает незначительное влияние на показатель рассеивания. С увеличением V от 10 до 16 м/с значение K_p при H , равной 0,2; 0,4 и 0,6 м, соответственно изменяется от 0,07 до 0,12, от 0,31 до 0,42 и от 0,62 до 0,82, т. е. возрастает незначительно.

Основываясь на том, что скорость наклонного воздушного потока, при которой наблюдается наибольшее рассеивание зерновой массы, равна $9-10$ м/с (средней геометрической крайних значений критических скоростей), а также учитывая условие минимального травмирования зерна при ударе о лопасти ротора, можно принять скорость закрученного воздушного потока, равную $10-12$ м/с. Установлено, что в кольцевом канале данного ПЦС скорость воздушного потока V , равная $10-12$ м/с, соответствует частоте вращения ротора $330-400$ об/мин.

По нашим расчетам, у пневмоцентробежного сепаратора диаметром $0,650$ м высота ротора $H_p = 0,400 \div 0,450$ м; количество лопастей $i = 6 \div 8$ шт.; угол установки лопастей относительно радиуса ротора $\beta = 0^\circ$; угол установки лопастей относительно образующей ротора $\gamma_d = 8 \div 16^\circ$; частота вращения ротора $n_p = 330 \div 400$ мин $^{-1}$.

Для определения основных закономерностей процесса разделения вороха в камере сепарации, ограниченной конусным экраном-отражателем, составим математическую модель движения отдельной частицы вороха, приняв ее за материальную точку массой m , наделив ее реальными физическими свойствами: критической скоростью $U_{кр}$, коэффициентом трения частицы по поверхности конуса f .

Предположим, что частица M массой m (рис. 3) вбрасывается с начальной скоростью U_0 под углом θ в камеру сепарации и движется по внутренней поверхности конуса, преодолевая сопротивление воздушного потока, который вращается относительно оси OZ с постоянной угловой скоростью ω . Через перфорированную стенку конуса вентилятором всасывается дополнительный воздух. Поэтому вращающийся воздушный поток стекает по направлению к вентилятору, установленному в точке O (на оси вращения выше зоны сепарации). В этих усло-

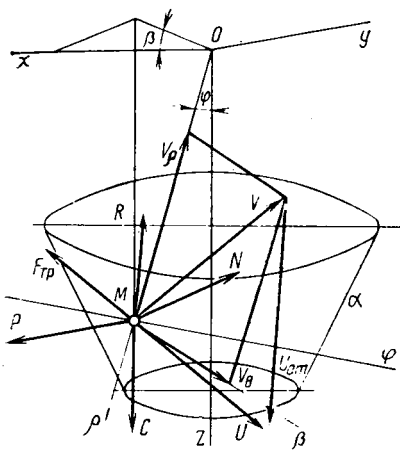


Рис. 3. Схема сил, действующих на частицу в камере сепарации.

виях частица вовлекается воздушным потоком во вращение вокруг оси OZ , в результате чего совершает по поверхности конуса винтовые движения со скоростью U . Тогда на частицу будут действовать следующие силы: сила тяжести $G = mg$, сила аэродинамического сопротивления $R = k\rho_b S(U - V)^2$, центробежная сила $P = m\omega_m^2 r$, сила нормального давления N и сила трения $F = Nf$. Дифференциальное уравнение абсолютного движения частицы в векторной форме будет иметь вид

$$m\bar{a} = \bar{G} + \bar{R} + \bar{P} + \bar{F} + \bar{N}, \quad (5)$$

где \bar{a} — абсолютное ускорение частицы. Спроектировав уравнение (5) на координатные оси ρ , φ и β сферической системы координат, после соответствующих преобразований и подстановок получим систему нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих движение частицы по поверхности конуса в условиях вращающейся воздушной среды.

$$\left\{ \begin{aligned} \rho'' &= g \cos \varphi - \frac{g}{U_{кр}^2} U_{отр}^2 - \\ &- \frac{N}{m} \cdot \frac{f\rho'}{U} - \frac{N}{m} \sin(\alpha + \varphi); \\ \varphi'' &= -\frac{g}{\rho} \sin \varphi + \frac{1}{\rho} \times \\ &\times 2\rho\beta'^2 \sin \varphi \cos \varphi - 3\rho'\varphi' + \\ &- \frac{g}{\rho U_{кр}^2} U_{от\varphi}^2 + \frac{N}{m} \cdot \frac{f\varphi'}{U} - \\ &- \frac{N}{m} \cdot \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\rho}; \\ \beta'' &= -\frac{\rho'\beta'}{\rho} - \varphi'\beta' \cdot \text{ctg} \varphi - \\ &- \frac{g}{\rho U_{кр}^2 \sin \varphi} U_{от\beta}^2 - \frac{N}{m} \cdot \frac{f\beta'}{U}; \end{aligned} \right. \quad (6)$$

$$U = \sqrt{\rho'^2 + \rho^2 \varphi'^2 + \rho^2 \sin^2 \varphi \beta'^2};$$

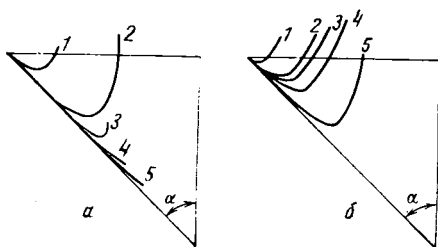


Рис. 4. Траектории движения частиц вороха в камере сепарации.

a — при расходе воздуха $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициент скважности $0,4$; b — соответственно при $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ и $0,2$; $1 - U_{кр} = 1,5 \text{ м/с}$; $2 - 4,0$; $3 - 4,6$; $4 - 6$; $5 - 10 \text{ м/с}$.

$$U_{от\rho}^2 = \sqrt{(V_\rho - \rho')^2 + (V_\varphi - \rho\varphi')^2 + (V_\beta - \rho \sin \varphi \beta')^2} \times (V_\rho - \rho');$$

$$U_{от\varphi}^2 = \sqrt{(V_\rho - \rho')^2 + (V_\varphi - \rho\varphi')^2 + (V_\beta - \rho \sin \varphi \beta')^2} \cdot (V_\varphi - \rho\varphi'); \quad (7)$$

$$U_{от\beta}^2 = \sqrt{(V_\rho - \rho')^2 + (V_\varphi - \rho\varphi')^2 + (V_\beta - \rho \sin \varphi \beta')^2} \cdot (V_\beta - \rho \sin \varphi \beta');$$

$$\frac{N}{m} = g \sin \alpha - \frac{g}{U_{кр}^2} [U_{от\rho}^2 \sin(\alpha + \varphi) +$$

$$+ U_{от\varphi}^2 \cos(\alpha + \varphi)] + \rho' \beta' \sin \varphi \cos \alpha;$$

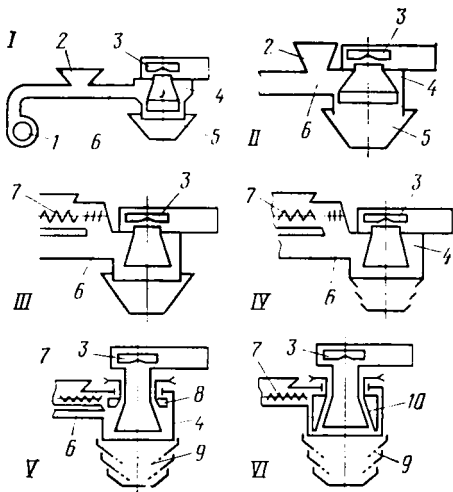
Скорость V_ρ стока воздушного потока в точке нахождения частицы M определяли исходя из условия, что весь объем воздуха Q проходит через сферическую поверхность, ограниченную телесным углом φ_0 , радиус которой равен расстоянию от точки M до точки O — центра стока воздуха.

$$V_\rho = \frac{Q}{2\pi\rho^2(1 - \cos \varphi_0)\psi}, \quad (8)$$

где Q — производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; φ_0 — угол между осями ρ и Z в момент нахождения точки m на верхней кромке конуса; ψ — коэффициент скважности вороха, находящегося на внутренней поверхности конуса.

Решение системы уравнений (6) совместно с уравнениями (7) и (8) проведено на ЭВМ СМ-3, для чего применили программу интегрирования методом Рунге — Кутты. Шаг интегрирования $0,01 \text{ с}$. Были рассчитаны параметры траектории для пяти характерных частиц, критическая скорость которых равна $1,5$; $4,0$; $4,6$; $6,0$ и $10,0 \text{ м/с}$ и которые представляют основные компоненты зернового вороха: полу, солому и зерно. При расчетах численные значения основных конструктивно-технологических показателей варьировали в следующих пределах: скорость U_0 вбрасывания вороха в камеру сепарации — $3-7 \text{ м/с}$, угол вбрасывания θ — $10^\circ-50^\circ$, угол полураствора конуса экрана-отражателя α — $37,5-52,5^\circ$, диаметр верхнего основания конуса — $0,65-1,0 \text{ м}$, производительность вентилято-

Удельная пропускная способность
ПЦС (кг/с·м)



Тип сепаратора	Содержание полова, %		
	33	60	85
I	2,0—2,25	—	—
II	2,5—3,0	—	—
III	3,0—3,5	1,5—1,65	—
IV	5,0—6,0	2,5—2,75	0,85—1,0
V	6,0—7,0	3,3—3,8	1,5—1,75
VI	9,0—10,0	5,0—5,5	2,5—3,0

Рис. 5. Конструктивные схемы исследованных пневмоцентробежных сепараторов. 1 и 3 — вентиляторы; 2 — бункер; 4 — корпус; 5 — экран-отражатель; 6 — пневмотранспортер; 7 — загрузочное устройство; 8 и 10 — роторные ускорители; 9 — пальцевая решетка.

ра $Q = 1,0-6 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициент скаживания вороха $\psi = 0,2-0,8$, коэффициент трения $f = 0,23-0,7$, угловая скорость вращения потока $\omega = 0-15 \text{ с}^{-1}$, угол $\varphi = 6-18^\circ$.

В качестве примера на рис. 4 приведены результаты расчета траекторий движения частицы вороха по поверхности конуса, диаметр большего основания которого равен $0,65 \text{ м}$ при угле $\alpha = 45^\circ$. Ворох вбрасывается под углом $\theta = 30^\circ$ со скоростью $U_0 = 5 \text{ м/с}$.

Из рис. 4 видно, что в камере сепарации траектории частиц основных компонентов вороха не совпадают, а имеет место их расщепление, что свидетельствует о возможности их разделения. При этом $K_p = (\rho_{\max} \cdot \cos \varphi_{\max} - \rho_{\min} \cdot \cos \varphi_{\min})/h$, где ρ_{\max} и ρ_{\min} — расстояние от точки перегиба траекторий крайних компонентов вороха (полова и полновесного зерна) до центра O стока воздуха; φ_{\max} и φ_{\min} — углы между радиусами — векторами ρ_{\max} и ρ_{\min} и осью OZ ; h — высота конуса (расстояние от вершины конуса до основания).

Очевидно, что при $K_p \rightarrow 1$ создаются наиболее благоприятные условия для разделения зернового вороха на компоненты; легкие частицы будут уноситься воздухом, а тяжелые — сходить вниз (рис. 4, а). При $K_p \rightarrow 0$ создаются неблагоприятные условия для разделения вороха: точки перегиба траекторий частицы 1 (полова) и частицы 3 (шуплое зерно) сближаются, что затрудняет отдельный отвод их из зоны сепарации.

Обработка результатов моделирования позволила определить граничные значения конструктивно-технологических параметров камеры сепарации, при которых $K_p \rightarrow 1$: угол $\alpha = 40-47,5^\circ$; угол $\theta = 10-15^\circ$; скорость вбрасывания вороха $U_0 = 5-6 \text{ м/с}$. Производительность вентилятора, при которой $K_p \rightarrow 1$, зависит от диаметра основания конуса D_k .

Например, для пневмосепаратора с $D_k =$

$= 0,65 \text{ м}$ производительность вентилятора при обработке вороха пшеницы $Q = 1,5-1,7 \text{ м}^3/\text{с}$, при $D_k = 1 \text{ м}$ $Q = 2,2-2,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Результаты экспериментальных исследований, выполненных на физической модели с $D_k = 0,65 \text{ м}$, подтвердили адекватность математической модели реальному процессу. Минимальные потери зерна при обработке вороха пшеницы получены при использовании конуса с углом $\alpha = 45^\circ$, скорости вбрасывания $U_0 = 6-7 \text{ м/с}$, угле вбрасывания $\theta = 10-12,5^\circ$.

Для обоснования компоновочной схемы было изготовлено 6 сепараторов разных типов и проведены их сравнительные испытания при обработке зерносоломистого вороха пшеницы.

У ПЦС I типа (рис. 5) корпус комбинированный коническо-цилиндрический, есть конусная камера сепарации, пневмотранспортер и пневматическое загрузочное устройство. ПЦС II типа отличается от первого отсутствием пневмотранспортера, ворох подается в загрузочное устройство, расположенное вблизи корпуса. У остальных пневмосепараторов имеется цилиндрическая камера разгона, механическое загрузочное устройство, но они отличаются конфигурацией камеры сепарации и способом раскручивания вороха во вращающийся поток. У ПЦС III типа камера сепарации конусная, а у ПЦС IV, V и VI типов — каскадная, причем у ПЦС V и VI типов на каскадах установлены пальцевые решетки.

В ПЦС I — IV типов ворох раскручивается воздушным потоком, нагнетаемым в камеру разгона вентилятором (на рис. 5 не показан). В ПЦС V типа он раскручивается потоком воздуха и вращающимся ротором, в ПЦС VI типа — лопастями вращающегося ротора, который является частью конфузора.

Исходный зерновой ворох составляли путем смешивания в необходимом соотношении (по массе) зерна пшеницы сорта Мироновская 808 и полова, собранной за комбайном СК-5 «Нива». Испытания сравнимых ПЦС проводили на ворохе, содержащем 33%, 60 и 85% соломистых примесей. ПЦС оценивали по удельной пропускной способности сепаратора, отнесенной к диаметру корпуса (кг/с·м), при допустимых агротребованиями уровне потерь зерна (не более 0,5%) и его чистоте (не ниже 95%).

Установлено, что удельная пропускная способность ПЦС зависит от содержания в ворохе соломистых фракций (таблица).

У ПЦС VI типа сепарирующий эффект был наиболее высоким. Этот сепаратор

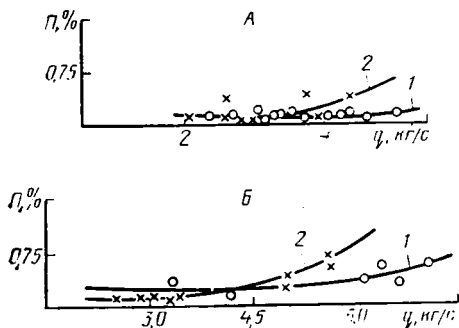


Рис. 6. Зависимость потерь зерна в полове от подачи вороха.

А — пшеница; В — ячмень; 1 — опытная установка; 2 — эталон СК-6-II «Колос».

может успешно применяться при выделении зерна из вороха, содержащего от 30 до 85 % соломистых примесей и, следовательно, использоваться в системе очистки зерноуборочного комбайна и стационарного ворохоочистителя. С целью обоснования конструктивно-технологических параметров и режимов работы данного сепаратора были проведены лабораторные испытания на ворохе ячменя, овса, семенников клевера и люцерны.

Полевые испытания ПЦС вели в системе двухпоточной очистки макетного образца комбайна с комбинированным молотильно-сепарирующим устройством, включающим бильный молотильный аппарат, поперечный шнек — сепаратор и продольный роторный соломосепаратор с домолачивающей зоной; в системе двухпоточной очистки комбайна СК-5А «Нива» с автономным домолачивающим устройством, а также в системе однопоточной очистки опытной установки. соз-

данной на базе комбайна СК-6-II «Колос».

Использование ПЦС, диаметр основания корпуса которого равнялся 0,65 м, для дополнительной очистки при обработке вороха, поступающего от соломосепаратора и колосового шнека и содержащего до 85 % незерновых компонентов, снижает потери зерна в полове и обеспечивает повышение пропускной способности очистки комбайна при уборке зерновых культур в сравнении с СК-6-II «Колос» в 1,22—1,53 раза (рис. 6). Особенно эффективно применение дополнительной пневмоцентробежной очистки на комбайне, предназначенном для уборки семенников трав. Сбор семян при использовании такого комбайна на 25—50 % больше, чем при уборке серийным комбайном СК-5А «Нива», оборудованным приспособлением 54-108. В системе однопоточной очистки данный ПЦС обеспечивает обработку вороха, содержащего до 35 % соломистых примесей, с подачей до 4,5 кг/с, т. е. может заменить ветрощетную очистку комбайна класса 5—6 кг/с.

Разработан и изготовлен стационарный ПЦС-1, диаметр основания которого равен 1,0 м, для обработки неветяного вороха в системе поточной технологии уборки зерновых культур. Предварительные испытания показали, что данный сепаратор обеспечивает обработку вороха, содержащего до 50 % соломистых фракций при подаче до 10 кг/с.

Таким образом, выполненная поисковая научно-исследовательская работа завершилась созданием принципиально нового пневмоцентробежного сепаратора оригинальной конструкции. Его можно рекомендовать для использования на зерноуборочных комбайнах и стационарных ворохоочистителях.

Статья поступила 16 октября 1985 г.

SUMMARY

A new classification of pneumatic separators for grain pile has been worked out. The article contains results of modelling the particle movement in accelerating and separating chambers of the pneumatic centrifugal separator, its schemes and optimal parameters, describes results of testing pneumatic separators of the new type in the system of two-way cleaning of grain combine harvesters and stationary pile cleaner with the capacity of 10 kg/sec.