

Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції  
 Processing and storage of agricultural products



УДК 621.928.13

Моделирование динамики зерновой смеси при сепарировании  
 на рифленом решете вибросепаратора

Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанский, Ф.М.Харченко, С.А.Харченко<sup>1</sup>

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
 им. П.Василенко, (г. Харьков, Украина), <sup>1</sup>kharchenko\_mtf@ukr.net

Получена модель динамики сходовой фракции зерновой смеси по решетам с интенсификаторами – активаторами на основании гидроанalogии, при этом среда рассмотрена как послойная с различной вязкостью

**Ключевые слова:** динамика, зерновая смесь, сепарация, решето, вибрация, фракция, производительность, эффективность, скорость.

**Постановка проблемы и ее актуальность.**

Используемая зерно-очистительная техника имеет недостаточную пропускную способность и не оказывает технологически оптимального воздействия на обрабатываемый зерновой материал – кукурузу. Это приводит к снижению качества процессов сепарирования и потерям зерна.

Перспективным направлением повышения эффективности процесса сепарирования является интенсификация этапа просеивания путем применения решет с интенсификаторами – активаторами (рис.1). Для этого на месте части отверстий решета, со смещением и без, устанавливаются рифли – интенсификаторы – активаторами, которые поворачивают частицы зерновой смеси (ЗС) и ориентируют их в отверстия.

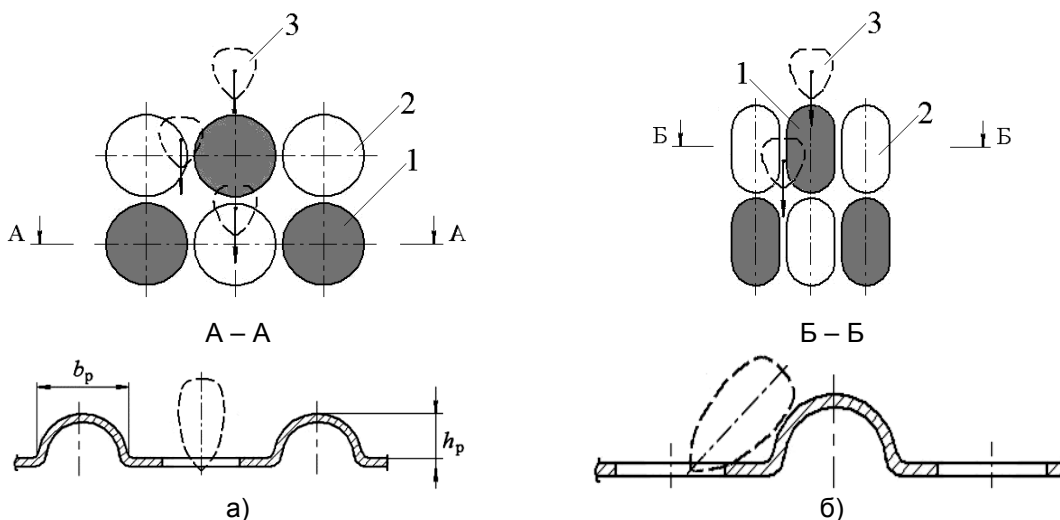


Рис. 1. Разработанные решета с интенсификаторами-активаторами:  
 а) – с круглыми рифлями; б) – с продольными рифлями: 1 – рифли; 2 – отверстия решета;  
 3 – семена кукурузы; → – направление движения семян

Данные решета позволяют, не изменяя паспортных кинематических режимов серийных сепараторов, повысить их производительность при требуемом качестве.

На сегодня отсутствуют теоретические исследования динамики ЗС по решетам с интенсификаторами – активаторами при сепарации зерновой смеси различной толщины слоя, что соответствует очистке вороха, семенного и продовольственного материала кукурузы.

Заметим, что гидродинамическая модель движения сходовой фракции с постоянным коэффициентом вязкости развита в работах [1, 2]. В отличие от указанных работ предлагается другая постановка и решение краевой задачи, при которых учитывается влияние на процесс динамики частиц ЗС отверстий и рифлей на поверхности разработанных решет.

Сепарирование семенных материалов на виброцентробежном сепараторе требует использования малой загрузки сепаратора, при котором зерновая масса перемещается тонким слоем (однослойная смесь) по поверхности решета. Загрузка виброцентробежных сепараторов, при которой зерновая масса перемещается двумя слоями (двухслойная смесь) обеспечивает полноценное сепарирование продовольственного зерна. Движение толстого кольцевого слоя зерна (трехслойная смесь) по цилиндрической поверхности решета относится к сепарации зернового вороха.

В случае моделирования движения двух- и трехслойной ЗС по цилиндрической поверхности решета следует учитывать переменность динамического коэффициента вязкости по толщине слоя.

**Цель работы:** математическое моделирование динамики зерновой смеси кукурузы на решетках с интенсификаторами – активаторами для определения возможностей повышения эффективности процесса сепарирования на зерновых сепараторах.

Следуя [1, 3], скорость осесимметричного движения сходовой фракции  $u(r)$  считаем зависящей от радиальной координаты  $r$ , отсчитываемой от оси вращения решета с угловой скоростью вращения  $\Omega$  (рис. 2). Согласно теории псевдооживленной сыпучей среды с постоянным динамическим коэффициентом вязкости эта скорость является решением дифференциального уравнения [4]:

$$\frac{d^2 u_i}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du_i}{dr} = N_i, \quad (1)$$

в котором

$$N_i = -\frac{1}{\mu_i} \left( \frac{\Delta P}{l} + \rho g \right), \quad (2)$$

где  $\Delta P/l$  – изменение давления, приходящееся на единицу высоты сепарируемого слоя ЗС, имеющего плотность  $\rho$ ;  $i$  – соответствующий слой ЗС.

Усредненный динамический коэффициент вязкости  $i$ -того зернового слоя определяем по формуле [5, 6]:

$$\mu_i = \frac{F_{iT}}{12\omega r_0 \sqrt{(A^*)^2 - \left( \frac{\pi F_{iT}}{2m\gamma\omega^2} \right)^2}}, \quad (3)$$

где  $F_{iT}$  – сила трения, действующая на частицу  $i$ -того зернового слоя при колебаниях зерновой смеси;  $A^*$ ,  $\omega$  – амплитуда и частота вертикальных колебаний решета (рис. 2);  $r_0, m$  – усредненные значения радиуса и массы одного зерна в сходовой фракции, движущейся кольцевым слоем толщины  $h$ ;  $\gamma$  – коэффициент присоединения массы к движущейся частице.

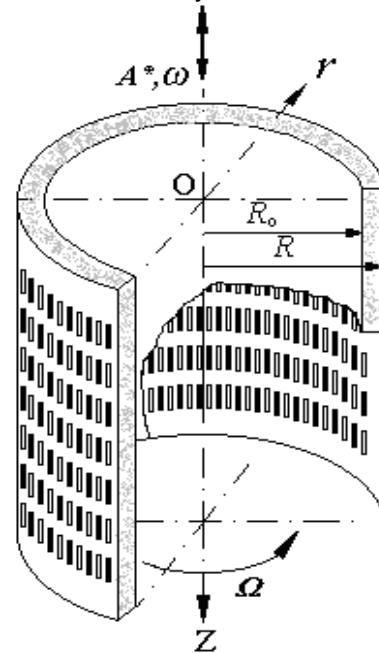


Рис. 2. Расчетная схема разработанного цилиндрического решета

Динамика слоя сходовой фракции зерновой смеси при сепарировании семенного зерна. При сепарировании семенных материалов на виброцентробежном сепараторе используют вариант малой загрузки, при котором зерновая масса перемещается тонким слоем по поверхности решета. В таком режиме сепарации определение параметров движения сходовой фракции можно провести на основе модели псевдооживленной сыпучей среды с усредненным постоянным значением динамического коэффициента вязкости.

На внутренней поверхности движущегося слоя  $r = R_0 = R - h$  нет касательных напряжений. Поэтому первым граничным условием к (1) является:

$$\frac{du}{dr} = 0 \text{ при } r = R_0. \quad (4)$$

На поверхности решета  $r = R$  есть силы взаимодействия сходовой фракции с решетом. К ним относится сила сухого трения, которую считаем независимой от скорости  $u(R)$ . Ей отвечает усредненное касательное напряжение:

$$\tau_{TP} = \lambda_2 = f_0 p_1 (1 - \varepsilon).$$

Здесь  $p_1 = \rho h R \Omega^2$  – давление у поверхности решета;  $f_0$  – динамический коэффициент трения зерен кукурузы о поверхность решета;  $\varepsilon$  – коэффициент «живого сечения» решета, который определяем по формуле:

$$\varepsilon = \frac{n_0 S_0}{2\pi R l} \cdot 100\%,$$

где  $n_0$  – количество отверстий в решете;  $S_0$  – площадь одного отверстия.

На поверхности решета происходит также взаимодействие движущегося слоя с интенсификаторами-направителями, представляющими собой выпуклые рифлы между отверстиями.

Силу действия одного рифля принимаем пропорциональной площади его поперечного сечения, давлению  $p_1$  и первой степени скорости движения фракции, т.е. в виде:

$$F_{pu} = K h_p b_p p_1 u(R). \quad (5)$$

Здесь  $h_p, b_p$  – высота и ширина поперечного сечения рифля, условно принятого прямоугольным;  $K$  – коэффициент рифления, учитывающий влияние рифлей, их форму и зависящий от вида сепарируемого материала.

Силе (5) соответствует усредненное касательное напряжение:

$$\tau_{pu} = \lambda_1 u(R),$$

где  $\lambda_1 = \frac{K h_p b_p p_1 n_p}{2\pi R l}$ ;  $n_p$  – количество рифлей на решете.

Вышеизложенное приводит ко второму граничному условию:

$$-\mu \frac{du}{dr} = \lambda_1 u + \lambda_2 \text{ при } r = R. \quad (6)$$

Общим решением (1) является сумма

$$u(r) = \frac{1}{4} N r^2 + c_1 \ln r + c_2, \quad (7)$$

в которой  $c_1$  и  $c_2$  – произвольные постоянные, которые с учетом граничных условий (4), (6) равны:

$$c_1 = -\frac{1}{2} N R_0^2,$$

$$c_2 = -\frac{\mu N}{2R\lambda_1} (R^2 - R_0^2) - \frac{NR^2}{4} - c_1 \ln R - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

Учитывая решение (7), значения констант  $c_1$  и  $c_2$ , получаем уравнение скорости движения сходовой фракции:

$$u(r) = \frac{N}{2} \left[ \frac{r^2 - R^2}{2} + R_0^2 \ln \frac{R}{r} - \frac{\mu}{R\lambda_1} (R^2 - R_0^2) - \frac{2\lambda_2}{N\lambda_1} \right].$$

Объемный расход (производительность сепаратора) находим интегрированием:

$$Q = 2\pi \int_{R_0}^R r u(r) dr.$$

Вычисление интеграла приводит к формуле [7]:

$$Q = \frac{\pi N}{2} \left\{ (R^2 - R_0^2) \xi + R_0^4 \ln \frac{R_0}{R} \right\}, \quad (8)$$

$$\xi = \frac{3R_0^2 - R^2}{4} - \frac{\mu}{R\lambda_1} (R^2 - R_0^2) - \frac{2\lambda_2}{N\lambda_1}.$$

Для решения задачи динамики двухслойной ЗС принимаем упрощенный вариант модели, в которой кольцевой слой переменной вязкости разделяется на два однородных кольцевых подслоя с разными динамическими коэффициентами вязкости. У подслоя, который ближе к поверхности решета, коэффициент вязкости больше, чем у подслоя, который граничит со свободной поверхностью зерновой массы. Такая модель ориентирована на расчет движения сходовой фракции при загрузке вибросепаратора на сепарировании продовольственного зерна. Заметим, что разделение движущейся по решетку массы зерна на отдельные слои приведено в [8] и других работах.

Радиальную координату  $r$  (рис. 3) отсчитываем от вертикальной оси решета. Движущемуся кольцевому слою зерна толщиной  $h$  ставим в соответствие промежутки  $r \in [R_0; R]$ , где  $R$  – радиус решета;  $R_0 = (R - h)$  – радиус свободной поверхности слоя. Разделим его на два подслоя. Первый толщиной  $h_1$  граничит со свободной поверхностью, так что в нем  $r \in [R_0; R_1]$ ,  $R_1 = R_0 + h_1$ .

Второй подслоем имеет толщину  $h_2 = h - h_1$  и граничит с поверхностью решета, ему соответствует  $r \in [R_1; R]$ , что показано на рис. 3.

Обозначим коэффициенты динамической вязкости псевдожидкости в первом подслое через  $\mu_1$ , а во втором – через  $\mu_2$ . Их будем вычислять по (3), где сила трения определяется по формуле:

$$F_{IT} = \frac{1}{2} \xi f \rho (\pi_0 \Omega)^2 (x_i^2 - R_0^2);$$

$$x_1 = R_0 + r_0; \quad x_2 = R - r_0; \quad i = \overline{1, 2}.$$

Скорости движения частиц в подслоях  $u_1(r)$  и  $u_2(r)$  находим, решая дифференциальные уравнения (1), в которых  $N_i = -\rho g / \mu_i$ . Дополним по аналогии их граничными условиями.

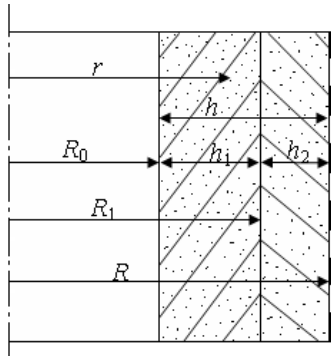


Рис. 3. Расчетная схема двухслойной модели динамики ЗС

Общие решения уравнений (1) имеют вид:

$$u_1(r) = \frac{N_1}{4} r^2 + c_1 \ln \frac{r}{R} + c_2,$$

$$u_2(r) = \frac{N_2}{4} r^2 + c_3 \ln \frac{r}{R} + c_4. \quad (9)$$

Входящие в них произвольные постоянные  $c_1, c_2, c_3, c_4$  находим из граничных условий:

$$c_1 = -\frac{N_1}{2} R_0^2; \quad c_2 = c_4 + \frac{N_2 - N_1}{2} \left( \frac{R_1^2}{2} - R_0^2 \ln \frac{R_1}{R} \right);$$

$$c_3 = -\frac{N_2}{2} R_0^2; \quad c_4 = -\frac{N_2}{4} R^2 - \frac{\mu_2 N_2}{2 \lambda_1 R} (R^2 - R_0^2) - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

а остальные выражения констант остаются прежними.

Объемный расход (производительность) определяем интегрированием

$$Q = 2\pi \left( \int_{R_0}^{R_1} r u_1(r) dr + \int_{R_1}^R r u_2(r) dr \right).$$

Выполнив его, с учетом (9), получаем

$$Q = \pi \left\{ (R_1^2 - R_0^2) \left[ \frac{N_1}{8} (R_1^2 + R_0^2) + c_2 - \frac{c_1}{2} \right] + \right.$$

$$+ c_1 \left( R_1^2 \ln \frac{R_1}{R} - R_0^2 \ln \frac{R_0}{R} \right) + (R^2 - R_1^2) \times$$

$$\left. \times \left[ \frac{N_2}{8} (R^2 + R_1^2) + c_4 - \frac{c_3}{2} \right] - c_3 R_1^2 \ln \frac{R_1}{R} \right\}. \quad (10)$$

Среднюю скорость движения сходовой фракции определяем по формуле:

$$u_{cp} = \frac{Q}{\pi(R^2 - R_0^2)}. \quad (11)$$

Для моделирования процесса сепарирования при полной загрузке сепаратора – сепарировании зернового вороха, как и ранее предлагается приближенное аналитическое решение. Оно построено на разделении толстого кольцевого слоя зерна на три однородных подслоя с различными динамическими коэффициентами вязкости. У подслоя, который граничит с поверхностью решета вязкость значительно больше, чем в подслое, который граничит со свободной поверхностью сходовой фракции.

Разделим толщину кольцевого слоя псевдожидкости  $h$  на три кольцевых подслоя с толщинами  $h_1, h_2, h_3$  (рис.4). Из радиусов граничных поверхностей слоя отметим радиус решета  $R$  и радиус внутренней свободной поверхности  $R_0$ . На границе раздела первого и второго подслоев радиальная координата  $r$ , отсчитываемая от оси решета, имеет значение  $r = R_1 = R_0 + h_1$ . На границе раздела второго и третьего подслоев:  $r = R_2 = R_1 + h_2 = R - h_3$ .

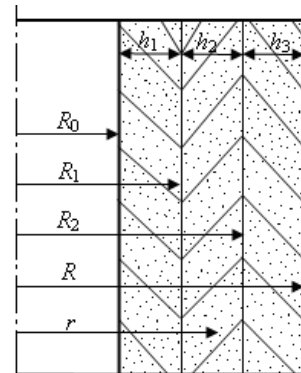


Рис. 4. Расчетная схема трехслойной модели динамики ЗС

Обозначим динамические коэффициенты вязкости псевдожидкости в подслоях через  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  и определим их значения по (3), где сила трения равна:

$$F_{Ti} = \frac{\xi}{2} f \rho (\pi r_0 \Omega)^2 (x_i^2 - R_0^2);$$

$$x_1 = R_0 + r_0; \quad x_3 = R - r_0;$$

$$x_2 = \frac{1}{2}(x_1 + x_3); \quad i = \overline{1, 2, 3}.$$

Скорости движения псевдожидкости в подслоях  $u_i(r)$  определяем решая дифференциальные уравнения [1], в которых  $N_i = -\rho g / \mu_i$ .

С точностью до произвольных постоянных  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$  решения уравнений имеют вид:

$$\begin{aligned} u_1(r) &= \frac{1}{4} N_1 r^2 + c_1 \ln \frac{r}{R} + c_2; \\ u_2(r) &= \frac{1}{4} N_2 r^2 + c_3 \ln \frac{r}{R} + c_4; \\ u_3(r) &= \frac{1}{4} N_3 r^2 + c_5 \ln \frac{r}{R} + c_6. \end{aligned} \quad (12)$$

Для определения произвольных постоянных воспользуемся граничными условиями.

На поверхности решета учитываем усредненные касательные напряжения, обусловленные силами взаимодействия движущихся зерен с рифлями и силой трения.

Тогда получаем значения констант:

$$\begin{aligned} c_1 &= -\frac{N_1}{2} R_0^2; \quad c_2 = c_4 + \frac{N_2 - N_1}{2} \left( \frac{R_1^2}{2} - R_0^2 \ln \frac{R_1}{R} \right); \\ c_3 &= -\frac{N_2}{2} R_0^2; \quad c_4 = c_6 + \frac{N_3 - N_2}{2} \left( \frac{R_2^2}{2} - R_0^2 \ln \frac{R_2}{R} \right); \\ c_5 &= -\frac{N_3}{2} R_0^2; \quad c_6 = -\frac{N_3 R^2}{4} - \frac{\mu_3 N_3}{2R\lambda_1} (R^2 - R_0^2) - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \end{aligned} \quad (13)$$

чем завершаем построение аналитического решения краевой задачи для уравнений (1).

Интегрируя скорости, находим объемный расход (производительность сепаратора):

$$Q = 2\pi \left( \int_{R_0}^{R_1} r u_1(r) dr + \int_{R_1}^{R_2} r u_2(r) dr + \int_{R_2}^R r u_3(r) dr \right).$$

Вычисление интеграла приводит к формуле [9]:

$$\begin{aligned} Q &= \pi \left\{ (R_1^2 - R_0^2) \left[ \frac{N_1}{8} (R_1^2 + R_0^2) + c_2 - \frac{c_1}{2} \right] + \right. \\ &+ c_1 \left( R_1^2 \ln \frac{R_1}{R} - R_0^2 \ln \frac{R_0}{R} \right) + (R_2^2 - R_1^2) \times \\ &\times \left[ \frac{N_2}{8} (R_2^2 + R_1^2) + c_4 - \frac{c_3}{2} \right] + \\ &+ c_3 \left( R_2^2 \ln \frac{R_2}{R} - R_1^2 \ln \frac{R_1}{R} \right) + (R^2 - R_2^2) \times \\ &\times \left. \left[ \frac{N_3}{8} (R_2^2 + R^2) + c_6 - \frac{c_5}{2} \right] - c_5 R_2^2 \ln \frac{R_2}{R} \right\}. \end{aligned} \quad (14)$$

Среднюю скорость движения сходовой фракции определяем по (11).

Численные расчеты динамики ПС проведены для ЗС кукурузы со следующими средними значениями физико-механических характеристик [10, 11]:  $f = 0,53$ ;  $\rho = 730 \text{ кг/м}^3$ ;  $r_0 = 0,0037 \text{ м}$ ;  $m = 0,0003 \text{ кг}$ . Цилиндрическое решето имеет параметры:  $R = 0,3075 \text{ м}$ ;  $l = 0,5 \text{ м}$ ;  $b_p = 0,004 \text{ м}$ ;  $n_0 = n_p = 1736 \text{ шт}$  и вращается с паспортной угловой скоростью  $\Omega = 11,77 \text{ с}^{-1}$ . Рассматривалось

два паспортных режима осевых колебаний решета:  $\omega = 75,9 \text{ с}^{-1}$ ,  $A^* = 0,008 \text{ м}$ ;  $\omega = 96,9 \text{ с}^{-1}$ ,  $A^* = 0,006 \text{ м}$ . Коэффициент рифления варьировался в диапазоне  $K = 10 \dots 100 \text{ с/м}$ . Значение коэффициента  $K$  изменялось при  $\xi = 0,7$ ,  $\gamma = 2$ .

Расчеты для малой загрузки (семенное зерно) проведены при толщине слоя  $h = 0,004 \text{ м}$ . Численными расчетами получены зависимости средней скорости движения сходовой фракции ЗС от коэффициента рифления решет при различных загрузках (рис.5).

Параметр  $K$  заметно влияет среднюю скорость движения сходовой фракции (рис. 5), а значит и на производительность. Повышение значений коэффициента рифления в исследуемом диапазоне ( $K = 10 \dots 100 \text{ с/м}$ ) уменьшает среднюю скорость на 31-33% (до 0,36...0,38 м/с) при сепарировании семенного материала, на 36-45% (до 0,59...0,6 м/с) при сепарировании продовольственного зерна, на 18,6% (до 0,71 м/с) при сепарировании вороха.

Интегральный коэффициент рифления несет в себе комплекс, который учитывает взаимодействие смеси с рифлями, с учетом параметров и формы рифлей, свойств смеси ориентирования зерен в отверстия.

Для количественной оценки влияния высоты разработанных рифлей на характеристики движения ЗС проведены вычисления и построены зависимости удельной производительности и средней скорости движения слоя сходовой фракции ЗС от высоты рифлей (рис. 6).

Анализом зависимостей (рис. 6) установлено, что с увеличением высоты рифлей до 0,0025 м средняя скорость движения сходовой фракции повышается на 21...22,2% (до 0,39...0,4 м/с) при сепарировании семенного материала, на 10 – 12% (до 0,65...0,66 м/с) при сепарировании продовольственного зерна, на 11,1% (0,75 м/с) при сепарировании вороха.

Увеличение высоты рифлей свыше 0,0025 м ведет к снижению средней скорости движения ЗС на 5-10%. Это объясняется дополнительным сопротивлением движению ЗС по решету.

Таким образом, с учетом диапазона значений сепарирующего параметра – ширины частиц кукурузы (0,005...0,011 м), технологических возможностей выполнения рифленных решет, анализа зависимостей (рис. 6) рациональный диапазон варьирования высоты рифлей составит  $h_p = 0,0023 \dots 0,003 \text{ м}$ . При данном диапазоне высот рифли будут воздействовать на все частицы кукурузы с разной шириной, поворачивать и направлять их в отверстия.

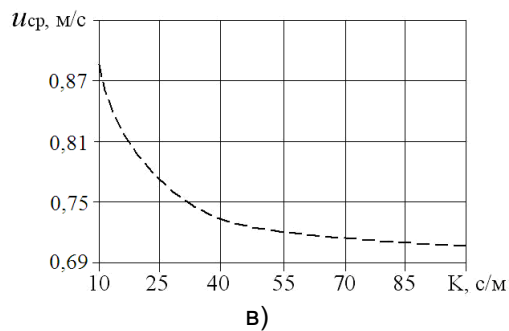
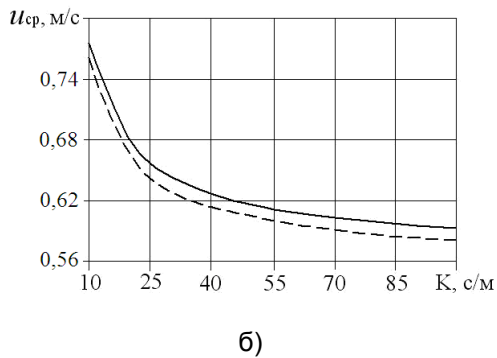
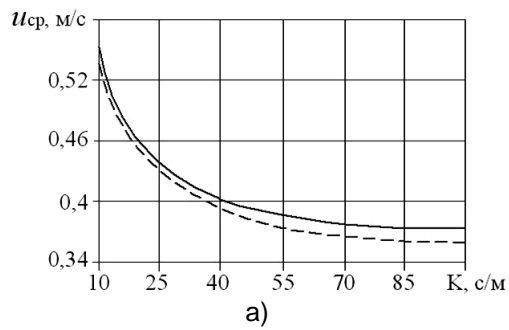


Рис.5. Зависимости средней скорости движения сходовой фракции ЗС от коэффициента рифления решет: а) – при сепарировании семенного зерна кукурузы ( $h = 0,004$  м); б) – при сепарировании продовольственного зерна ( $h = 0,008$  м); в) – при сепарировании зернового вороха ( $h = 0,012$  м);  
 ————  $A^* = 0,008$  м,  $\omega = 75,9$  с<sup>-1</sup>;  
 - - - - -  $A^* = 0,006$  м,  $\omega = 96,9$  с<sup>-1</sup>  
 ( $f_0 = 0,25$ ;  $S_0 = 1,25 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>;  $l = 0,5$  м;  
 $h_p = 0,0025$  м;  $b_p = 0,004$  м;  $n_0 = n_p = 1736$  шт)

**Выводы.** В результате исследований создана математическая модель динамики слоя сходовой фракции при сепарировании семенного и продовольственного зерна, зернового вороха кукурузы. В результате математического моделирования получены закономерности средних скоростей движения слоя сходовой фракции зерновой смеси кукурузы, с учетом коэффици-

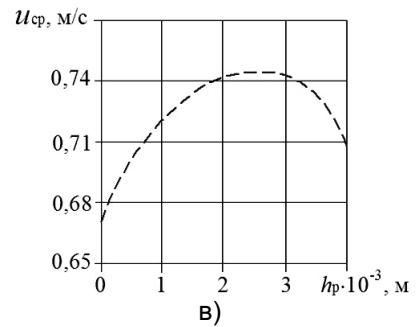
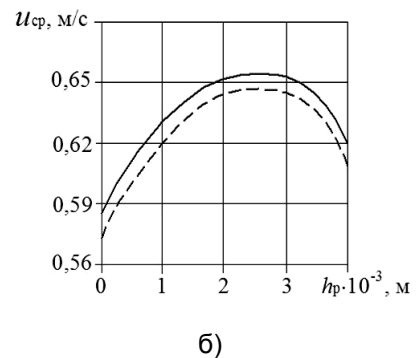
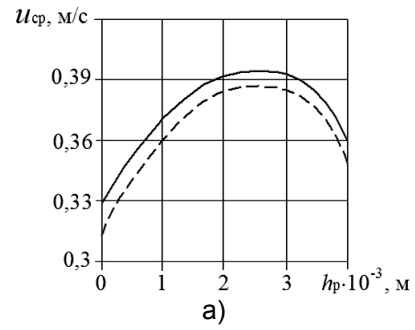


Рис. 6. Зависимости средней скорости движения слоя сходовой фракции ЗС кукурузы от высоты рифлей: а) – при сепарировании семенного зерна кукурузы ( $h = 0,004$  м); б) – при сепарировании продовольственного зерна ( $h = 0,008$  м); в) – при сепарировании зернового вороха ( $h = 0,012$  м);  
 ————  $A^* = 0,008$  м,  $\omega = 75,9$  с<sup>-1</sup>;  
 - - - - -  $A^* = 0,006$  м,  $\omega = 96,9$  с<sup>-1</sup>  
 ( $f_0 = 0,25$ ;  $S_0 = 1,25 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>;  $l = 0,5$  м;  
 $b_p = 0,004$  м;  $n_0 = n_p = 1736$  шт)

ента рифления, высоты интенсификаторов-активаторов разработанных решет.

В результате проведенных теоретических исследований выявлена и доказана реальная возможность существенной интенсификации процесса сепарирования зерновых смесей кукурузы путем применения разработанных решет с интенсификаторами-активаторами.

### Литература

1. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л.Н.Тищенко. – Харьков: Основа, 2004. – 224с.
2. Тищенко Л.Н. К определению гидродинамических характеристик псевдооживленных сыпучих сред при работе виброцентробежных сепараторов / Л.Н. Тищенко // Экология и с.х. техника. Сб. н. тр. СЗНИИМЭСХ. – СПб. Павловск: СЗНИИМЭСХ, 2000. – Т. 1. – С. 70 – 73.
3. Тищенко Л.Н. Гидродинамические характеристики псевдооживленных сыпучих сред при виброцентробежном сепарировании на зерноперерабатывающих предприятиях / Л.Н. Тищенко // Вісник ХДТУСГ. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. – Харків: ХДТУСГ, 2001. – Вип. 5. – С. 13 - 33.
4. Тищенко Л.Н. Определение динамических характеристик полотна цилиндрического решета на основе конечно-элементных моделей / Л.Н. Тищенко // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2003. – Вип. 60. – С. 315 - 323.
5. Тищенко Л.Н. К расчету вязкости псевдооживленной сыпучей зерновой смеси при виброцентробежном сепарировании / Л.Н. Тищенко, Ф.М. Абдуева, В.П. Ольшанский // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 58. – С. 44 - 51.
6. Тищенко Л.Н. Сравнение двух способов вычисления коэффициента вибро-вязкости псевдооживленной зерновой смеси при виброцент-

робежном сепарировании / Л.Н. Тищенко, Ф.М. Абдуева, В.П. Ольшанский // Вібрації в техніці та технологіях. –2008. – №1. – С. 96 -100.

7. Тищенко Л.Н. К исследованию движения зерновой смеси по модернизированным решетам виброцентробежного сепаратора при малой загрузке / Л.Н. Тищенко, Ф.М. Абдуева, В.П. Ольшанский // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія: технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – № 87. – С. 366 - 373.

8. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демской, М.А. Борискин. – М., 1980. – 304 с.

9. Гортинский В.В. Послойное движение продуктов на плоских ситах / В.В. Гортинский // Труды ВНИИЗ. – М., 1963. – Вып.42. – С. 19 - 27.

10. Тищенко Л.Н. Модель трехслойного движения сходовой фракции зерновой смеси по решету виброцентробежного сепаратора / Л.Н. Тищенко, Ф.М. Абдуева, В.П. Ольшанский // Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 96. – С. 405-415.

11. Дринча В.М. Проблема качества семян и пути его повышения сепарирующими рабочими органами / И.Г. Воронов, И.Е. Кожуховский, П.П. Колышев, Г.Т. Павловский // Международный сельскохозяйственный журнал. – М.: – 1995. – №3. – С. 37 - 39.

12. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демской, М.А. Борискин. – М., 1980. – 304 с.

### Анотація

#### Модельовання динаміки зернової суміші при сепарації на рифленому решеті вібросепаратора

Л.М.Тищенко, В.П.Ольшанський, Ф.М.Харченко, С.О.Харченко

*Одержана модель динаміки сходової фракції зернової суміші по решетам з інтенсифікаторами-активаторами на основі гідроаналогії, при цьому середовище розглянуто як шарове з різною в'язкістю.*

**Ключові слова:** динаміка, зернова суміш, сепарація, решето, вібрація, фракція, продуктивність, ефективність, швидкість.

### Abstract

#### Design of dynamics of grain mixture at a separation on the riffled sieve of vibroseparator

L.N.Tishchenko, V.P.Olshanskiy, F.M.Kharchenko, S.A.Kharchenko

*Obtained the model of dynamics of follows faction of grain mixture on sieves with intensifiers-activators based on hydrodynamics, here an environment is considered as a layer with different viscosity.*

**Keywords:** dynamics, grain mixture, separation, sieve, vibration, faction, performance, efficiency, speed.

Представлено: В.Н.Бакум / Presented by: V.N.Bakum

Рецензент: А.В.Богомолов / Reviewer: A.V.Bogomolov

Подано до редакції / Received: 5.12.2014