

---

УДК 631.362:532

Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.

### **РАСЧЁТ ПОТОКА ПСЕВДООЖИЖЕННОЙ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ НА ВИБРОРЕШЕТЕ**

**Проблема.** Движение зерновых смесей по наклонным поверхностям решёт происходит при механическом вибросепарировании зерна, которое является распространённым видом его послеуборочной переработки. На перфорированных рабочих поверхностях виброрешёт происходит не только отделение проходовой фракции от смеси, а осуществляется также транспортирование сыпучей среды по наклонной плоскости. Вычисление скорости транспортирования имеет важное практическое значение для определения рациональной загрузки решета, с которой связана производительность процесса сепарирования.

**Краткий обзор последних исследований и публикаций.** Значительная часть имеющихся публикаций по рассматриваемой проблеме вошла в обзорную часть монографии [1]. Не повторяя опубликованного там анализа выделим крупные работы [2,3,4], связанные с исследованием движения отдельной частицы (зерна) по вибрирующей поверхности. Из последних работ этого направления отметим [5,6,7]. Значительно меньше

публикацій, в яких аналіз руху суміші, як зв'язаного множинства частинок, проводиться на базі рівнянь динаміки гранулюваної сыпучої середовища [8,9]. В останнє час наметилась тенденція при дослідженні сепарування використовувати аналогію в рухах в'язкої рідини і сыпучої середовища в умовах вібрацій [1,10,11,12]. Ця аналогія використовується в даній статті.

**Цілью роботи** є отримання прикладних формул для розрахування швидкості руху зернової суміші по робочій поверхні нахилного віброрешета і оцінки продуктивності процесу сепарування з урахуванням зміни товщини рухомого шару по довжині решета.

**Изложение содержания исследования.** Розглядаючи стаціонарний потік суміші по решету, виходимо з першого спрощеного рівняння в системі Нав'є-Стокса [13]

$$u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = g \sin \theta + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2}, \quad (1)$$

де  $u_1$  - проекція швидкості потоку на вісь  $ox$ , паралельну площині решета, яке нахилене під кутом  $\theta$  до горизонту, як показано на рис.1;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $\mu$  і  $\rho$  - середня в'язкість і густина зернової суміші.

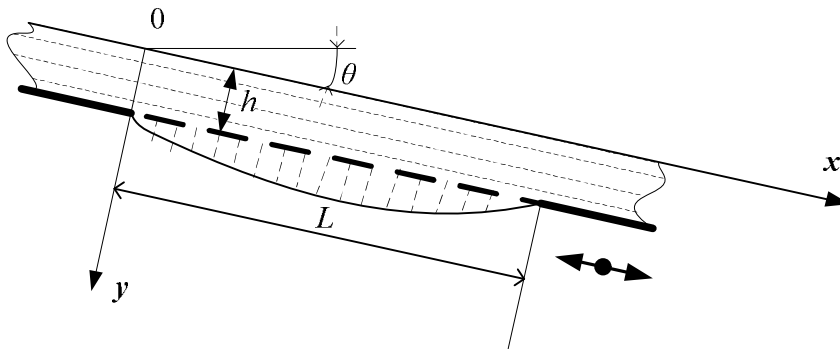


Рисунок 1 - Розрахункова схема

По аналогії з спрощеннями, які приймають при розрахуванні пограншару [14] або теорії Бернуллі для потоку рідини в трубі, далі перейдемо до усередненої швидкості  $u = u(x)$  по висоті шару  $h$  з допомогою виражень

$$u_{cp} = u = h^{-1} \int_0^h u_1(y) dy; \quad u_1(y) = \frac{3u}{2h^2} (h^2 - y^2). \quad (2)$$

Вирази (2) задовольняють звичайним граничним умовам гідромеханіки:

$$u_1(h) = 0; \quad \frac{\partial u_1}{\partial y} = 0 \text{ при } y = 0.$$

Підставив (2) в (1) і проінтегрувавши результат підстановки по  $y$  від 0 до  $h$ , отримуємо диференціальне рівняння:

$$\frac{6}{5}u \frac{du}{dx} + \frac{3\mu}{\rho h^2}u = g \sin \theta. \quad (3)$$

Если в (3) положить  $\frac{du}{dx} = 0$ , то, без учёта изменения средней скорости по длине решета, придём к следующей формуле удельной производительности:

$$\bar{Q} = uh = \frac{\rho gh^3}{3\mu} \sin \theta.$$

Она совпадает с теми формулами, что опубликованы в работах [1,13]. Так, что процедура усреднения скорости по высоте слоя приводит к известным теоретическим результатам.

Коэффициент вибровязкости смеси  $\mu$  зависит от частоты  $\omega$  и амплитуды  $A^*$  продольных колебаний решета. Используя формулу вычисления  $\mu$  из работы [10], уравнение (3) преобразуем к виду:

$$u \frac{du}{dx} + \frac{a}{h}u = g_1, \quad (4)$$

где  $a = \frac{5b}{48\rho\omega r_0 \sqrt{(A^*)^2 - 0,25(b\delta h_0)^2}}$ ;  $b = \xi f (\pi r_0)^2 \rho g \cos \theta$ ;  $\delta = \frac{\pi}{4M\omega^2}$ ;

$\xi = 0,7$ ;  $g_1 = \frac{5}{6}g \sin \theta$ ;  $f$  - коэффициент внутреннего сухого трения в смеси;  $r_0, M$  - средний радиус и масса частиц, образующих смесь;  $h_0$  - начальная высота слоя зерна.

Если учитывать отделение части зерна от общей массы на рабочей плоскости решета, то в установившемся процессе сепарирования должно выполняться условие сохранения объёма смеси:

$$h_0 u_0 = h(x)u(x) - \varepsilon \int_0^x v(x)dx,$$

где  $v(x)$  - скорость прохождения отделяющейся фракции через решето;  $u_0$  - средняя скорость подачи смеси на рабочую плоскость с коэффициентом живого сечения  $\varepsilon$ .

Поэтому высота движущегося слоя смеси будет функцией координаты  $x$ :

$$h(x) = \frac{h_0 u_0 - \varepsilon \int_0^x v(\xi)d\xi}{u(x)}. \quad (5)$$

Используя эту зависимость, уравнение (4) преобразуем к виду:

$$u \frac{du}{dx} + \frac{au^2}{h_0u_0 - \varepsilon \int_0^x \nu(\xi) d\xi} = g_1. \quad (6)$$

Уравнение (6) будем решать при начальном условии:

$$u(0) = u_0. \quad (7)$$

Режим загрузки решета определяется произведением  $u_0h_0$ . От него зависит не только начальное условие (7), а и коэффициент в уравнении (6).

Если объём отделяющейся фракции мал по сравнению с общим объёмом смеси, т.е. соблюдается неравенство

$$\varepsilon \int_0^L \nu(\xi) d\xi \ll h_0u_0,$$

где  $L$  - длина рабочей плоскости решета, то вместо (6) можно решать приближённое уравнение:

$$u \frac{du}{dx} + \frac{au^2}{h_0u_0} \left( 1 + \frac{\varepsilon}{h_0u_0} \int_0^x \nu(\xi) d\xi \right) = g_1. \quad (8)$$

Вводя различные допущения о распределении скорости прохождения отделяющейся фракции через отверстия в решете, найдём решение (8), удовлетворяющее (7).

1. Построим сначала простейшее решение без учёта разделения фракций. Для него  $\nu(x) \equiv 0$  и (8) принимает вид:

2.

$$u \frac{du}{dx} + \frac{a}{h_0u_0} u^2 = g_1.$$

Решением этого уравнения при начальном условии (7) является:

$$u(x) = \left[ u_0(u_0 - u_*) \exp\left(-\frac{2ax}{h_0u_0}\right) + u_0u_* \right]^{1/2}. \quad (9)$$

Здесь  $u_* = \frac{h_0g_1}{a}$ .

Из (9) следует, что с ростом  $x$  скорость  $u(x)$  убывает при  $u_0 > u_*$ , возрастает при  $u_0 < u_*$  и остаётся постоянной, когда  $u_0 = u_*$ . Асимптотическим значением скорости на бесконечности является  $\sqrt{u_0u_*}$ . Таким образом, транспортирование смеси без разделения на фракции может происходить с постоянной скоростью, а, следовательно,

и с постоянной толщиной слоя, если  $u_0 = u_*$ . В случае переменной скорости транспортирования толщина слоя смеси меняется по  $x$  в соответствии с (5) и (9).

3. Обобщим полученные выше результаты. Приняв скорость отделения проходовой фракции на решетке  $U$  постоянной и равной  $U_{II}$ , вместо (8), получаем уравнение Бернулли:

4.

$$\frac{du}{dx} + (1 + \lambda x)u = \frac{g_1}{u}, \quad (10)$$

в котором  $c = \frac{a}{h_0 u_0}$ ;  $\lambda = \frac{\varepsilon U_{II}}{h_0 u_0}$ .

Задав скорость в виде произведения двух неизвестных функций:

$$u(x) = \xi(x)\eta(x), \quad (11)$$

для их определения из (10) получаем два уравнения первого порядка:

$$\frac{d\eta}{\eta} = -c(1 + \lambda x)dx; \quad \xi d\xi = \frac{g_1}{\eta^2} dx. \quad (12)$$

Интегрирование этих соотношений, с учётом (7), даёт:

$$\eta(x) = \exp\left[-c\left(x + \frac{1}{2}\lambda x^2\right)\right]; \quad \xi^2(x) = u_0^2 + 2g_1 \int_0^x \exp\left[c(2x + \lambda x^2)\right] dx.$$

Последний интеграл выражаем через затабулированный интеграл вероятностей мнимого аргумента  $erfi(z)$ . Поскольку [16]:

$$\int_0^z \exp(x^2) dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} erfi(z),$$

то

$$\xi^2 = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{c\lambda}} g_1 \exp\left(-\frac{c}{\lambda}\right) \left[ erfi\left(\sqrt{\frac{c}{\lambda}}(\lambda x + 1)\right) - erfi\left(\sqrt{\frac{c}{\lambda}}\right) \right] + u_0^2.$$

Тогда, с учётом (11), получаем:

$$u(x) = \exp\left[-c\left(x + \frac{1}{2}\lambda x^2 + \frac{1}{2\lambda}\right)\right] \left\{ u_0^2 \exp\left(\frac{c}{\lambda}\right) + \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{\lambda c}} g_1 \times \left[ erfi\left(\sqrt{\frac{c}{\lambda}}(\lambda x + 1)\right) - erfi\left(\sqrt{\frac{c}{\lambda}}\right) \right] \right\}^{1/2}. \quad (13)$$

Для вычисления  $u(x)$  по (13) можно использовать таблицы интеграла вероятностей мнимого аргумента из [17] или таблицы связанного с ним интеграла Досона из [18].

После определения  $u(x)$  несложно рассчитать зависимость  $h(x)$ . При постоянном  $v = v_{II}$  формула (5) принимает компактный вид:

$$h(x) = \frac{1}{u(x)} (h_0 u_0 - \varepsilon v_{II} x),$$

который удобен для расчётов.

В этом случае также весьма просто вычислить удельные производительности решета по проходовой  $\bar{Q}_{II}$  и сходовой  $\bar{Q}_c$  фракциям, поскольку

$$\bar{Q}_{II} = \varepsilon v L; \quad \bar{Q}_c = h_0 u_0 - \varepsilon v L.$$

В отличие от простейшего случая  $v = 0$ , при  $v > 0$  характеристики движения  $u(x)$  и  $h(x)$  всегда зависят от  $x$ , т.е. исключено движение смеси с постоянной усреднённой скоростью в виде слоя постоянной толщины.

Используя асимптотическое поведение  $erfi(z)$  при большом значении аргумента [18]:

$$erfi(z) \xrightarrow{z \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{\pi} z} \exp(z^2),$$

предельным переходом  $\lambda \rightarrow 0$  из (13) можно получить (9).

Заметим, что в статье [15] решение (6) при  $v = v_{II} = const$  построено в элементарных функциях, поэтому представляет интерес сравнить численные результаты, к которым приводит (13) и упомянутое решение в элементарных функциях.

Из практики сепарирования известно, что интенсивность отделения проходовой фракции меняется по длине решета, причем имеет максимум ниже середины рабочей плоскости. Поэтому рассмотрим далее аппроксимацию, отражающую это свойство.

5. Следуя [11], зададим  $v(x)$  отрезком синусоиды

$$v(x) = v_{II} \sin \frac{\alpha x}{L}, \tag{14}$$

где  $v_{II}$  - максимальное значение скорости;  $\alpha$  - постоянный безразмерный параметр из промежутка  $\alpha \in (0,5\pi; \pi)$ .

Уравнение (8), с учётом (14), принимает вид:

$$\frac{du}{dx} + c[1 + \delta(1 - \cos(\beta x))]u = \frac{g_1}{u}. \tag{15}$$

В нём  $\beta = \alpha L^{-1}$ ;  $\delta = \varepsilon \nu_{II} (\beta u_0 h_0)^{-1}$ .

Его решение ищем в виде произведения (11). Подставив (11) в (15), для определения неизвестных  $\xi(x)$  и  $\eta(x)$ , получаем уравнения, аналогичные (12):

$$\frac{d\eta}{\eta} = -c[1 + \delta(1 - \cos(\beta x))]dx; \quad \xi d\eta = \frac{g_1}{\eta^2} dx.$$

Интегрируя первое из них находим

$$\eta = \exp(-lx + d \sin(\beta x)),$$

причём  $l = c(1 + \delta)$ ;  $d = \delta c \beta^{-1}$ .

Интеграл второго уравнения, записанный с учётом (7),

$$\xi^2 = u_0^2 + 2g_1 \int_0^x \exp(2lt) \exp(-2d \sin(\beta t)) dt,$$

не выражается в элементарных функциях. Но его можно представить в виде ряда с помощью формул [16], [18]:

$$\exp(-2d \sin(\beta t)) = 2 \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k [(1 - 0,5\delta_{ko}) I_{2k}(2d) \cos(2k\beta t) - I_{2k+1}(2d) \sin((2k+1)\beta t)];$$

$$\int_0^x \exp(2lt) \cos(2k\beta t) dt = \frac{F_k(x) - F_k(0)}{(2l)^2 + (2k\beta)^2};$$

$$\int_0^x \exp(2lt) \sin((2k+1)\beta t) dt = \frac{S_k(x) - S_k(0)}{(2l)^2 + (2k+1)^2 \beta^2};$$

$$F_k(x) = \exp(2lx) [2l \cos(2k\beta x) + 2k\beta \sin(2k\beta x)];$$

$$S_k(x) = \exp(2lx) [2l \sin((2k+1)\beta x) - (2k+1)\beta \cos((2k+1)\beta x)],$$

в которых  $\delta_{ko}$  - символ Кронекера;  $I_n(2d)$  - модифицированная функция Бесселя индекса  $n$ .

Этот способ интегрирования приводит к решению:

$$u(x) = \exp[-lx + d \sin(\beta x)] \left\{ u_0^2 + 2g_1 \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left\{ \frac{(2 - \delta_{ko}) I_{2k}(2d)}{(2l)^2 + (2k\beta)^2} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times [F_k(x) - 2l] - \frac{2I_{2k+1}(2d)}{(2l)^2 + (2k+1)^2 \beta^2} [S_k(x) + (2k+1)\beta] \right\} \right\}^{1/2}. \quad (16)$$

Учитывая (5), (14) и (16), для вычисления толщины движущегося слоя, а также пропускной способности решета, получаем формулы:

$$h(x) = \left[ u_0 h_0 - \frac{\varepsilon v_{II}}{\beta} (1 - \cos(\beta x)) \right] \frac{1}{u(x)}; \quad (17)$$

$$\bar{Q}_{II} = \frac{\varepsilon v_{II}}{\beta} (1 - \cos(\beta L)); \quad \bar{Q}_c = u_0 h_0 - \bar{Q}_{II}.$$

В пределе, когда  $v_{II} \rightarrow 0$ , к нулю стремятся также  $\delta$  и  $d$ . Ряд в (16) обрывается, поскольку  $I_0(0) = 1$ ,  $I_n(0) = 0$  при  $n > 0$ . Из решения (16) следует элементарное решение (9).

**Результаты расчётов и их анализ.** Проанализируем результаты расчётов, проведённых для слоя зерна пшеницы при:  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ ;  $f = 0,47$ ;  $r_0 = 0,001825 \text{ м}$ ;  $M = 0,00004 \text{ кг}$ ;  $\theta = 5^\circ$ ;  $L = 0,79 \text{ м}$ ;  $\varepsilon = 0,4$ ;  $u_0 = 0,4 \text{ м/с}$ ;  $h_0 = 0,008 \text{ м}$ ;  $v_{II} = 0,002 \text{ м/с}$ . Рассматривали два режима колебаний решета с амплитудой  $A^* = 0,0075 \text{ м}$  и частотами  $\omega = \omega_1 = 41,86 \text{ с}^{-1}$  и  $\omega = \omega_2 = 52,33 \text{ с}^{-1}$ .

Результаты вычисления  $u(x)$  в различных сечениях слоя  $x = \text{const}$ , с помощью решения [15] и по формуле (13), при  $\omega = 41,86 \text{ с}^{-1}$  представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения  $u(x)$ , вычисленные двумя способами при  $\omega = 41,86 \text{ с}^{-1}$

$x$ , м	0,10	0,25	0,40	0,55	0,70	0,79
$u(x)$ , м/с; реш. [15]	0,36	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31
$u(x)$ , м/с; фор. [13]	0,34	0,32	0,31	0,31	0,30	0,30

Расхождение результатов расчёта небольшое, что подтверждает возможность моделирования движения с помощью уравнения (8), когда объём отделяющейся фракции мал по сравнению с движущимся объёмом смеси на решете.

В табл. 2 записаны значения  $u(x)$ , вычисленные по формуле (13) при  $\omega = \omega_1$  и  $\omega = \omega_2$  для  $v_{II} = 0,003 \text{ м/с}$ .

Таблица 2

Значения  $u(x)$ , полученные для  $\omega = \omega_1$  и  $\omega = \omega_2$  при  $v_{II} = 0,003 \text{ м/с}$

$x$ , м	0,10	0,25	0,40	0,55	0,70	0,79
$u(x)$ , м/с; $\omega = \omega_1$	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,29
$u(x)$ , м/с; $\omega = \omega_2$	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33

Анализ значений  $u(x)$  в табл. 2 показывает, что переход к большей частоте колебаний решета увеличил среднюю скорость потока смеси. Это объясняется тем, что с увеличением  $\omega$  уменьшается вибровязкость смеси.



Для оценки сходимости ряда в формуле (16) проведены вычисления  $u(x)$  при  $v_{II} = 0,002$  м/с;  $\omega = 41,86$  с<sup>-1</sup> и прежних остальных исходных данных, с различным числом членов  $k$  в частичной сумме. Результаты вычисления  $u(x)$  в зависимости от  $k$  указаны в табл. 3. Для сравнения во второй строке таблицы записаны значения  $u(x)$ , полученные численным решением задачи Коши для уравнения (15) при начальном условии (7). Проведенные расчёты показывают, что четыре члена частичной суммы ряда в (16) обеспечивают высокую точность вычисления  $u(x)$ .

Таблица 3

Значения  $u(x)$ , полученные различными способами при  $\omega = 41,86$  с<sup>-1</sup>

$x$ , м	0,10	0,25	0,40	0,55	0,70	0,79
$u(x)$ , м/с; числ. (15)	0,390	0,380	0,365	0,347	0,329	0,319
$u(x)$ , м/с; по (16) при $k = 1$	0,380	0,343	0,339	0,378	0,387	0,361
$u(x)$ , м/с; по (16) при $k = 2$	0,381	0,380	0,365	0,347	0,330	0,319
$u(x)$ , м/с; по (16) при $k = 3$	0,390	0,380	0,365	0,347	0,329	0,319

О влиянии  $v_{II}$  на изменение  $u(x)$  позволяют судить графики на рис. 2, рассчитанные с помощью (16). С увеличением  $v_{II}$  быстрее убывает  $u(x)$  по длине решета. Это объясняется различным изменением высоты движущегося слоя смеси, вследствие отделения от неё проходовой фракции чрез отверстия на рабочей плоскости решета.

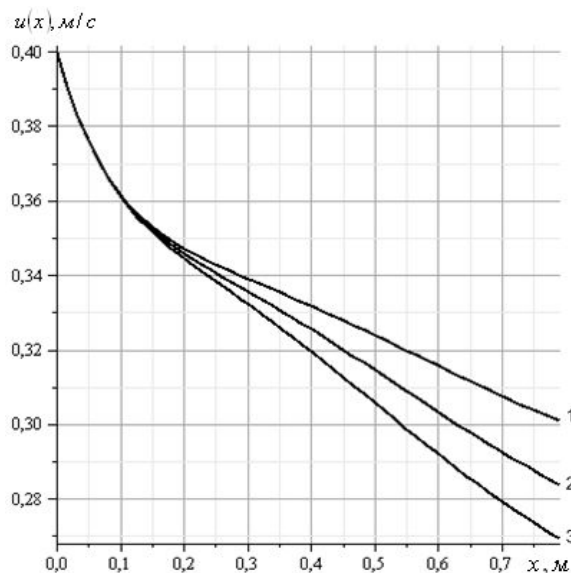


Рисунок 2 - Зависимости  $u(x)$  для различных значений  $v_{II}$ :  
 1 -  $v_{II} = 0,002$  м/с; 2 -  $v_{II} = 0,003$  м/с; 3 -  $v_{II} = 0,004$  м/с при  $\omega = 41,86$  с<sup>-1</sup>

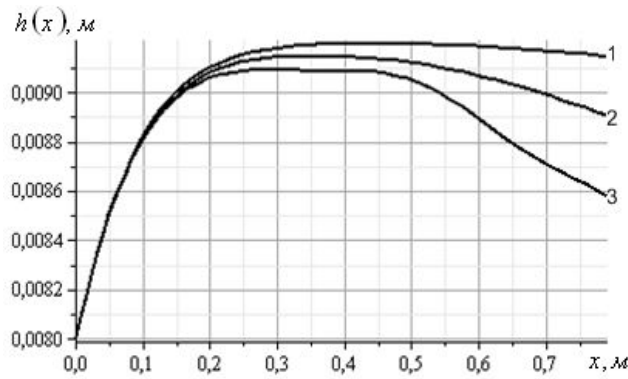


Рисунок 3 - Залежності  $h(x)$  для різних значень  $v_{II}$  :

1 -  $v_{II} = 0,002$  м/с; 2 -  $v_{II} = 0,003$  м/с; 3 -  $v_{II} = 0,004$  м/с при  $\omega = 41,86$  с<sup>-1</sup>

Рассчитанные по формулам (16), (17), графики изменения  $h(x)$  представлены на рис. 3. У верхней части рабочей плоскости решета с уменьшением  $u(x)$  увеличивается толщина слоя  $h(x)$ . Но после достижения максимума в области интенсивного сепарирования фракций до конца рабочей плоскости происходит уменьшение толщины движущегося слоя “обеднённой” смеси, вызванное уменьшением её объёма.

Итак, в отличие от имеющихся математических моделей, изложенная теория позволяет учитывать влияние разделения фракций на изменение характеристик движения смеси по длине решета.

Литература: 1.Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна. Харьков: Основа, 2004. – 224с. 2. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М.: Наука, 1964. – 410 с. 3. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. Изд. второе. – М.: Колос, 1980. – 304 с. 4. Заика П.М. Вибрационное перемещение твёрдых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах. – Киев: УСХА, 1998. – 625с. 5. Манчинський Ю.О., Бакум М.В., Горбатовський О.М., Кравцов М.М. Математична модель руху компонентів насінневих сумішей по робочій площині // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 156 – 162. 6. Тараймович І.В., Дідух В.Ф., Дударев І.М. Дослідження процесу сепарації вороху насіння льону на коливальному решеті // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75. – Т.1 – С. 134 – 141. 7. Белов М.И., Романенко В.Н., Славкин В.И. Математическая модель движения частицы по решету очистки // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2008. - № 8. – С. 33 – 36. 8. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. К исследованию движения зерновой смеси на решете под действием вибрации // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2002. – Вип. 8. – С. 329-336. 9. Тищенко Л.Н., Мияйло А.В., Пивень М.В., Харченко С.А. Исследование послойного движения зерновых смесей на плоских вибрационных решетах // Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2007. Вип. – 59. – С. 69-76. 10. Тищенко Л.Н., Кучеренко С.И., Ольшанский В.П., Зайцев О.Б. Модель однослойного движения зерновой смеси по наклонному рифленому решету // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 74. – С. 28-39. 11. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. О движении зернового слоя на плоском наклонном виброрешете // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Луцьк: ЛНТУ, 2009. – Вип. 18. – С. 460-468. 12. Ольшанский В.П., Кучеренко С.И., Бурлака

В.В., Ольшанский С.В. Уточненная гидродинамическая модель движения зерновой смеси по плоскому виброрешету // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – С. 226-233. 13. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 847 с. 14. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 712 с. 15. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Определение скорости зерновой смеси при решётном вибросепарировании // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 170-175. 16. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1962. – 1100 с. 17. Янке Е., Эмде Ф., Лёш Ф. Специальные функции. – М. Наука, 1977. – 344 с. 18. Абрамовиц А., Стиган И. Справочник по специальным функциям (с формулами, графиками и математическими таблицами). – М.: Наука, 1979. – 832 с.

Тищенко Л.М., Ольшанський В.П., Ольшанський С.В.

**РОЗРАХУНОК ПОТОКУ ПСЕВДОРОЗРІДЖЕНОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ НА  
ВІБРОРЕШЕТІ**

Виведено наближені формули для обчислення усередненої швидкості транспортування та продуктивності сепарування зернової суміші на плоскому нахиленому решеті в режимі його поздовжніх коливань у своїй площині. Рух суміші описується спрощеним рівнянням ламінарного потоку плоского шару рідини, динамічна в'язкість якої залежить від параметрів вібрацій решета. Визначено зміну товщини шару зерна по довжині решета, яке зумовлене зміною швидкості потоку та відділенням на перфорованій поверхні проходової фракції від зернової маси, що рухається.

Tishchenko L.N., Olshanskii V.P., Olshanskii S.V.

**ACCAUNT OF A FLOW OF A PSEUDOLIQUIFY GRAIN MIX ON A VIBROSIEVE**

The approached formulas for calculations of the average velocity of transportation and productivity of separation of a grain mix on a flat inclined sieve in a mode of its longitudinal fluctuations in the plane are deduced. The motion of a mix is described by the simplified equation laminar of current of a flat layer of a liquid, which dynamic viscosity depends on parameters of a vibrations sieve. The change thickness of a layer of a grain on a length sieve, caused by change of velocity of a flow and branch on the punched surface of a passing fraction from driven grain mass is determined.

---