



Тищенко Л. Н.

Пивень М. В.

*Харьковский
национальный
технический
университет
сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Tishchenko L. N.

Piven M. V.

*Kharkiv Petro Vasylenko
National Technical
University of Agriculture*

УДК 621.928.13

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРОСЛОЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛОСКОРЕШЕТНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРАХ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований внутрислоевых процессов в плоскорешетных вибрационных зерновых сепараторах.

В режимах высоких удельных загрузок эффективность процесса сепарирования снижается, вследствие увеличения толщины слоя смеси. Для повышения эффективности сепарирования целесообразно интенсифицировать внутрислоевые процессы путем увеличения пористости и градиента скорости смеси по глубине слоя с помощью разрыхлителей. Разработаны новые конструкции решет, на рабочих поверхностях которых, на поперечных перемычках, закреплены разрыхлители в виде ребер и рифлей. При вибрациях решет, ребра и рифли разрыхляют зерновую смесь, увеличивают скорость послойного движения.

Установлены закономерности пористости и скорости послойного движения зерновой смеси в зависимости от кинематических параметров решета, удельных загрузок, конструктивных параметров разрыхлителей, физико-механических свойств смеси.

Ключевые слова: *сегрегация, зерновые смеси, разрыхлители, пористость, скорость, сепаратор.*

Постановка

Эффективность сепарирования зерновых смесей (ЗС), в режимах высоких удельных загрузок, определяется интенсивностью сегрегации – поступлением проходových частиц из слоя к решетку. Их продвижение сквозь слой происходит путем проникновения через поры между сходящими частицами. Обязательным условием западания проходových частиц в поры является сдвиг элементарных слоев ЗС друг относительно друга. Следовательно, от величины пор и скорости сдвига слоев будет зависеть интенсивность сегрегации. Таким образом, исследование закономерностей внутрислоевых процессов, таких как изменение пористости и скорости послойного движения ЗС является актуальной задачей.

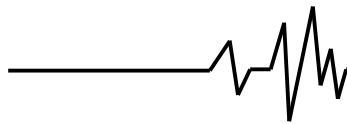
Анализ последних исследований и публикаций. Интенсификация процесса сегрегации путем увеличения пористости и скорости послойного движения может быть достигнута оптимизацией кинематических режимов работы решета [1, 2]. Однако,

проблемы.

кинематические режимы оптимальные для сегрегации, не являются таковыми для просеивания частиц сквозь отверстия. Применение восходящего воздушного потока увеличивает степень разрыхленности слоя и способствует быстрому выделению из него частиц [3,4]. Однако восходящий воздушный поток препятствует прохождению семян через отверстия и значительно усложняет конструкцию машины. Поэтому разрыхлять ЗС и интенсифицировать послойное движение необходимо способом, не затрудняющим просеивание семян.

Наиболее рационально интенсифицировать сегрегацию применением разрыхлителей ЗС [5]. Они разрыхляют смесь и не препятствуют прохождению зерен сквозь отверстия решета. Однако, в литературе отсутствуют исследования закономерностей внутрислоевых процессов в плоскорешетных зерновых сепараторах с разрыхлителями.

Цель – исследование закономерностей внутрислоевых процессов в плоскорешетных



зерновых сепараторах с разрыхлителями.

Методика исследований. Исследования внутрислойных процессов выполнялись на

лабораторном плоскорешетном вибрационном сепараторе (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальный плоскорешетный вибрационный сепаратор

Пористость ЗС определялась по методике, основанной на специальной математической обработке изображения зерен слоя в состоянии разрыхления [6]. Для получения изображения слоя смеси производилась фотосъемка процесса через прозрачную боковую стенку сепаратора. Скорости перемещения элементарных слоев ЗС определялись с помощью видеосъемки процесса через прозрачную боковую стенку. Для этого в зерновую смесь, на различной глубине, вводили окрашенные частицы. По известным расстоянию и времени вычисляли скорости элементарных слоев. Материалом исследования являлась ЗС озимой пшеницы, сорта "Мироновская - 30".

Результаты исследований.

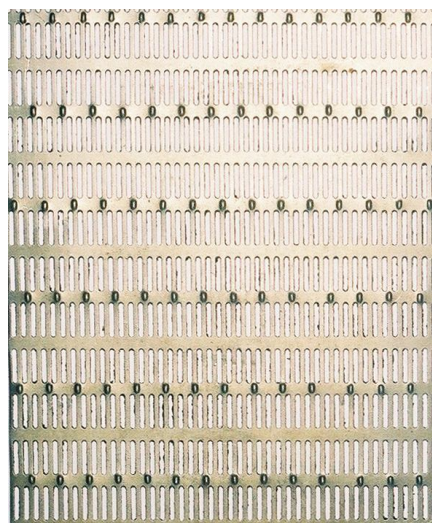
Лабораторией послеуборочной обработки зерна ХНТУСХ имени Петра Василенко

разработаны новые конструкции решет (рис.2). На рабочей поверхности решет, на поперечных перемычках, расположены разрыхлители в виде наваренных ребер или выштампованных продолговатых рифлей. При работе решета, ребра и рифли сообщают воздействия ЗС, разрыхляют ее и оказывают дополнительное сопротивление нижнему элементарному слою, увеличивая интенсивность послойного движения.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось определение влияния кинематических параметров решета, его удельных нагрузок, конструктивных параметров разрыхлителей, физико-механических свойств ЗС на закономерности изменения пористости и скорости послойного движения смеси.



а)



б)

Рис. 2 Разработанные решета: а) с разрыхлителями в виде ребер; б) в виде рифлей



Графические зависимости пористости ε ЗС от кинематических параметров и удельных нагрузок плоского решета приведены на рис. 3,4.

Из графиков следует, что с увеличением частоты колебаний решета $\omega_{\text{кол}}$, углов направленности колебаний β и наклона решета θ пористость увеличивается. Причем наибольшие значения получены при увеличении угла направленности колебаний β решета. При увеличении удельной загрузки решета – пористость снижается.

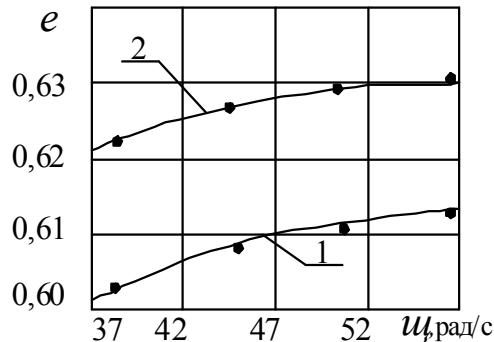


Рис. 3. Зависимости пористости ε ЗС от круговой частоты колебаний $\omega_{\text{кол}}$ и угла наклона к горизонту θ плоского виброрешета: 1 – $\theta=8^\circ$; 2 – $\theta=14^\circ$; ($q=60 \text{ кг/час}\cdot\text{дм}^2$)

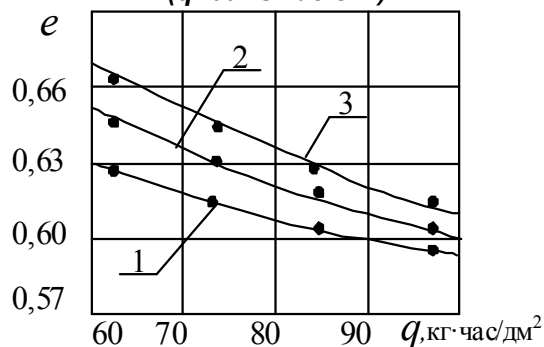


Рис. 4. Зависимости пористости ε ЗС от угла направленности колебаний и удельной загрузки q плоского виброрешета: 1 – $\beta=-8^\circ$; 2 – $\beta=0^\circ$; 3 – $\beta=+10^\circ$; ($\omega_{\text{кол}}=52,33 \text{ рад/с}$; $\theta=8^\circ$; $q=60 \text{ кг/час}\cdot\text{дм}^2$)

Зависимости пористости от глубины слоя, конструктивных параметров ребер и рифлей представлены на рис. 5. Конструктивные параметры ребер и рифлей оценивались соотношением $d_{\text{реб}}/l_{\text{реб}}$, $h_{\text{риф}}/l_{\text{риф}}$. С увеличением данных соотношений диаметр ребер $d_{\text{реб}}$ и высота рифлей $h_{\text{риф}}$ возрастают, а расстояния между ними $l_{\text{реб}}$, $l_{\text{риф}}$ уменьшаются. Глубина слоя определяется безразмерной величиной y^* , равной отношению расстояния между свободной поверхностью слоя и рассматриваемым элементарным слоем к общей толщине слоя. Так, свободной

поверхности слоя соответствует $y^*=0$, а поверхности решета $y^*=1$.

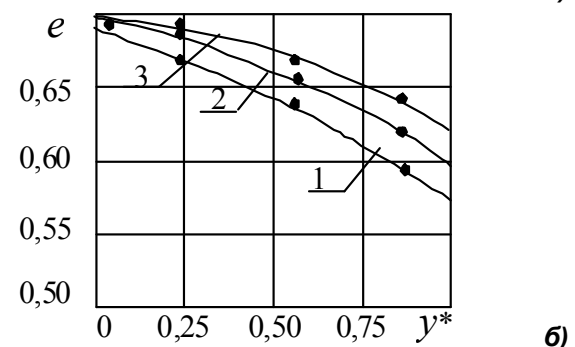
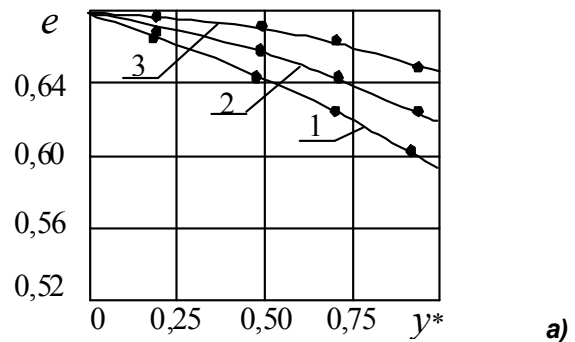


Рис. 5. Зависимости пористости ε ЗС от глубины и конструктивных параметров разрыхлителей: а) ребер; б) рифлей; 1 – серийное решето; 2 – $d_{\text{реб}}/l_{\text{реб}}=h_{\text{риф}}/l_{\text{риф}}=0,03$; 3 – $d_{\text{реб}}/l_{\text{реб}}=h_{\text{риф}}/l_{\text{риф}}=0,06$; ($q=60 \text{ кг/час}\cdot\text{дм}^2$; $\omega_{\text{кол}}=52,33 \text{ рад/с}$; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

Пористость ЗС уменьшается с глубиной и имеет нелинейный характер. Это объясняется увеличением давления вышележащих слоев. Из графиков видно, что с увеличением конструктивных параметров ребер и рифлей (увеличением соотношений $d_{\text{реб}}/l_{\text{реб}}$, $h_{\text{риф}}/l_{\text{риф}}$), пористость значительно увеличивается и выравнивается по глубине слоя. Это объясняется большим разрыхляющим воздействием ребер и рифлей на смесь, причем наибольшие значения достигнуты на оребренном решете.

На рис. 6 представлены графические зависимости пористости от размера и формы частиц. Как видно из графиков, пористость смеси, состоящей из шарообразных частиц, меньше, чем смеси из эллипсообразных. Это объясняется тем, что во время движения эллипсообразные частицы под действием столкновений друг с другом, поворачиваются вокруг своих осей, образуя поры и разрыхляя смесь. Шарообразные частицы под действием столкновений не изменяют свое и положение других частиц. С уменьшением размеров частиц пористость уменьшается, вследствие лучшего заполнения межчастичного пространства и плотной их укладки.

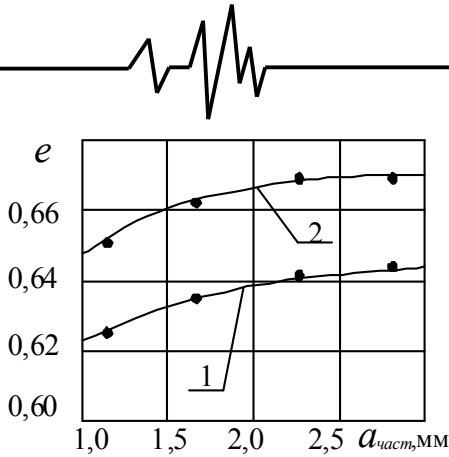


Рис. 6. Зависимости пористости ϵ ЗС от размера и формы частиц ЗС: 1 – шарообразные частицы; 2 – эллипсообразные; ($q=60$ кг/час·дм²; $\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

Установлены предельные значения пористости ϵ , соответствующие наступлению виброкипения. При $\epsilon \geq 0,70 \dots 0,72$ частицы начинают совершать интенсивные малоупорядоченные движения внутри занимаемого объема с отдельными выбросами частиц над поверхностью слоя. Для исключения виброкипения ЗС удельная загрузка разработанных решет должна быть $q > 20$ кг/час·дм².

Покадровой дешифровкой видеосъемки движения ЗС установлено наличие градиента скоростей по глубине слоя, что свидетельствует о послойном характере перемещения. Каждый элементарный слой движется по отношению к соседнему, и движение слоев между собой является сдвиговым. Элементарные слои перемещаются параллельно поверхности решета со скоростью, зависящей от глубины потока.

На рис. 7,8 представлены графические зависимости скорости ЗС по глубине слоя от кинематических параметров решета.

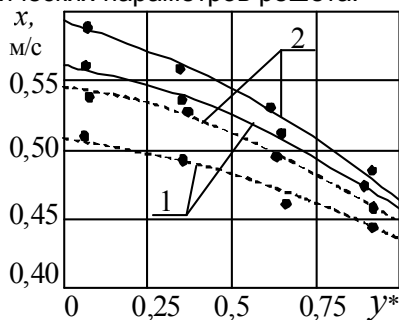


Рис. 7. Зависимости скорости ЗС x по глубине слоя y^* от круговой частоты колебаний $\omega_{кол}$ и угла наклона θ плоского решета: 1 – $\omega_{кол}=41,86$ рад/с; 2 – $\omega_{кол}=52,33$ рад/с; - - - - - $\theta=8^\circ$, $\beta=-8^\circ$; — — — — — $\theta=14^\circ$, $\beta=-14^\circ$; ($q=60$ кг/час·дм²)

Для плоского решета, совершающего колебания в своей плоскости ($\beta = -\theta$), с увеличением круговой частоты колебаний,

скорость движения смеси увеличивается, а различие скоростей по глубине слоя при этом возрастает незначительно. Увеличение угла наклона плоского решета к горизонту приводит к возрастанию скоростей верхних элементарных слоев вследствие увеличения составляющей силы тяжести, направленной вдоль решета.

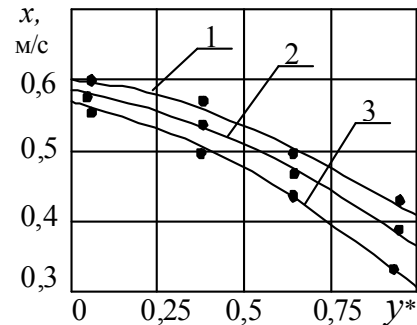


Рис. 8. Зависимости скорости x ЗС по глубине слоя y^* от угла направления колебаний β плоского решета: 1 – $\beta = -8^\circ$; 2 – $\beta = 0^\circ$; 3 – $\beta = +10^\circ$; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $q=60$ кг/час·дм²)

С увеличением угла направленности колебаний β плоского решета возрастает нормальная составляющая ускорения вибрационного движения. Различие скоростей по глубине слоя возрастает, их профиль становится более искривленным. Численные значения скорости меньше, чем при колебаниях решета в своей плоскости.

На рис.9 представлены зависимости скорости ЗС от глубины слоя и величины удельных нагрузок плоского решета. Как видно из графиков, увеличение удельной загрузки приводит к снижению скорости ЗС и уменьшению интенсивности послойного движения (уменьшению градиента скоростей). Это объясняется увеличением толщины слоя и возрастанием давления вышележащих элементарных слоев, тормозящих смесь.

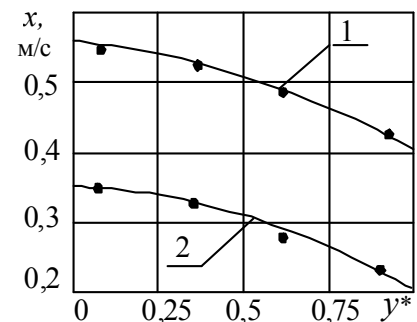
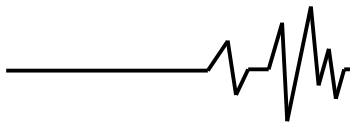


Рис. 9. Зависимости скорости ЗС x по глубине слоя от удельной загрузки: 1 – $q=60$ кг/час·дм², 2 – $q=80$ кг/час·дм² ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

На рис.10 представлены зависимости скорости ЗС по глубине слоя от конструктивных



параметров ребер и рифлей. Из графиков видно, что с увеличением соотношений $d_{реб}/l_{реб}$, $h_{риф}/l_{риф}$ происходит незначительное снижение скорости слоя, но заметно увеличивается скорость послойного движения, а ее профиль становится более искривленным. Это объясняется увеличением сопротивления нижнему элементарному слою и сообщением дополнительных воздействий в ЗС. В результате этого смесь разрыхляется, площадь контактирующих поверхностей между частицами уменьшается, что приводит к уменьшению сопротивления сдвигу элементарных слоев и увеличению скорости их перемещения. Дальнейшее увеличение $d_{реб}$ и $h_{риф}$ приводит к тому, что не все частицы нижнего элементарного слоя могут преодолеть их, образуя малоподвижную зону на поверхности решета. Для исключения образования заторов диаметр ребер и высота рифлей должны быть: $d_{реб} \leq 1,5$ мм, $h_{риф} \leq 1,5$ мм, расстояние между рифлями $l^* \geq 14$ мм. Минимальное расстояние между ребрами и рядами рифлей равно расстоянию между двумя соседними перемычками, на которых они располагаются $l_{реб} = l_{риф} = 21$ мм. Длина рифлей ограничивается шириной перемычки $a_{риф} = 3...4$ мм, ширина рифлей составляет $b_{риф} = 1,5...2$ мм.

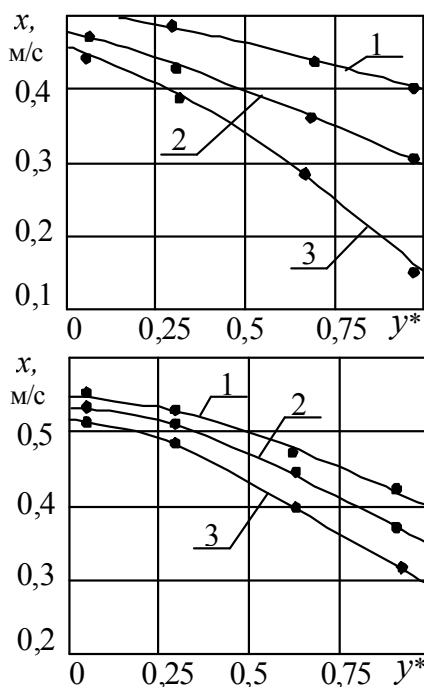


Рис. 10. Зависимости скорости ЗС и по глубине слоя от конструктивных параметров разрыхлителей: а) ребер; б) рифлей; 1 – серийное решето, 2 – $d_{реб}/l_{реб} = h_{риф}/l_{риф} = 0,03$, 3 – $d_{реб}/l_{реб} = h_{риф}/l_{риф} = 0,06$, ($q = 60$ кг/час·дм²; $\omega_{кол} = 52,33$ рад/с; $\theta = 8^\circ$; $\beta = -8^\circ$);

На рис. 11 представлены зависимости скорости ЗС от формы и размеров частиц. Из графиков видно, что при уменьшении размеров частиц и приближении их формы к шарообразной возрастает интенсивность послойного движения. С увеличением размера частиц скорость ЗС незначительно возрастает.

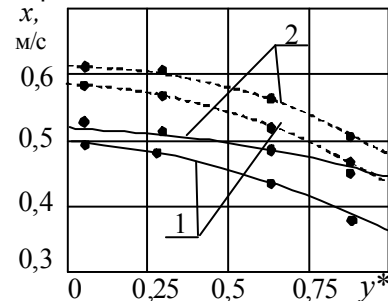


Рис. 11. Зависимости скорости ЗС и от формы и размеров частиц $a_{част}$:

— шарообразные;
 - - - эллипсообразные;
 1 – $a_{част} = 2,0$ мм; 2 – $a_{част} = 4,0$ мм; ($q = 60$ кг/час дм²; $\omega_{кол} = 52,33$ рад/с; $\theta = 8^\circ$; $\beta = -8^\circ$)

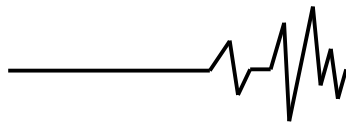
Выводы

1. Анализом зависимостей установлено, что пористость ϵ и скорость u ЗС уменьшаются с глубиной и характер этих зависимостей нелинейный. Применение разрыхлителей увеличивает пористость и выравнивает ее по глубине слоя, при этом скорость смеси незначительно уменьшается, но градиент скорости по глубине слоя увеличивается;

2. Определены значения пористости $\epsilon = 0,70...0,72$ соответствующие наступлению виброкипения ЗС и минимальное значение удельной загрузки $q \geq 20$ кг/час·дм² разработанных решет, исключающее виброкипение. Для преодоления частицами нижнего элементарного слоя ребер и рифлей, их размеры ограничиваются значениями: $d_{реб} \leq 1,5$ мм, $h_{риф} \leq 1,5$ мм, $l_{реб} = l_{риф} = 21$ мм, $l^* \geq 14$ мм.

Список использованных источников

1. Заика П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства / П.М.Заика. – М.: МИИСП, 1981. – 141 с.
2. Заика П.М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / П.М.Заика. – К.: УСХА, 1998. – 625 с.
3. Петренко Н.Н. О возможности использования пульсирующего воздушного потока для воздушно-решетной очистки зернового вороха / Н.Н. Петренко, И.В. Марченко, К.Н. Марченко // Зб. наук. праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – Вип.32. – С. 117 – 121.



4. Петренко Н.Н. Анализ процесса сепарации зерна на решете в среде пульсирующего воздушного потока / Н.Н.Петренко, И.В.Марченко, К.Н.Марченко // Сб. наук. праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип.33. – С. 141 – 143.

5. Сито: А.с. 1567285 СССР, МКИ В07В1/00 / И.А. Гурин, Г.И. Никитин, А.П. Филлипов (СССР). – №4454912/25-03; Заявл. 05.07.88; Оpubл. 30.05.90, Бюл. №20. – 3 с.

6. Лехциер Л.Р., Соловьев В.И. Определение разрыхленности постели отсадочной машины по фотографическому изображению / Л.Р. Лехциер, В.И. Соловьев // Обогащение полезных ископаемых. – 1980. – Вып. 27. – С. 21 – 23.

Список источников в транслитерации

1. Zaika P.M. Vibratsionnyye semyaochistitel'nyye mashiny i ustroystva / P.M.Zaika. – М.: МИИП, 1981. – 141 с.

2. Zaika P.M. Vibratsionnoye peremeshcheniye tverdykh i syuchikh tel v sel'skokhozyaystvennykh mashinakh / P.M.Zaika. – М.: USKHA, 1998. – 625 с.

3. Petrenko N.N. V vozmozhnosti ispol'zovaniya pul'siruyushchego vozduhnogo potoka dlya vozdušno-reshetnoy ochistki zernovogo vorokha / N.N. Petrenko, I.V. Marchenko, K.N. Marchenko // Sb. nauk. rabot Kirovogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – Kirovograd: KGTU, 2002. – Vip.32. – S. 117 – 121.

4. Petrenko N.N. Analiz protsessy separatsii zerna na reshete v srede pul'siruyushchego vozduhnogo potoka / N.N.Petrenko, I.V.Marchenko, K.N.Marchenko // Sb. nauk. rabot Kirovogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – Kirovograd: KGTU, 2003. – Vip.33. – S. 141 – 143.

5. Сито: А.с. 1567285 СССР, МКИ В07В1/00 / И.А. Гурин, Г.И. Никитин, А. П. Филипов (СССР). – №4454912 / 25-03; Заявл. 05.07.88; Оpubл. 30.05.90, Бюл. №20. – 3 с.

6. Lekhtsiyer L.R., Solov'yev V.I. Opredeleniye razrykhlennost' posteli otsadochnoy mashiny po Fotograficheskiy izobrazheniyu / L.R. Lekhtsiyer, V.I. Solov'yev // Obogashcheniye poleznykh iskopayemykh. – 1980. – Vyp. 27. – S. 21 – 23.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОШАРОВИХ ПРОЦЕСІВ В ПЛОСКОРЕШЕТНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СЕПАРАТОРАХ

Анотація. У статті представлені результати експериментальних досліджень

внутрішньошарових процесів в плоскорешетних вібраційних зернових сепараторах.

В режимах високих питомих завантажень ефективність процесу сепарування знижується, внаслідок збільшення товщини шару суміші. Для підвищення ефективності сепарування, необхідно інтенсифікувати внутрішньошарові процеси шляхом збільшення пористості і градієнту швидкості суміші по глибині шару за допомогою розпушувачів. Розроблені нові конструкції решіт, на робочих поверхнях яких, на поперечних перетинках, закріплені розпушувачі у вигляді ребер та рифлів. При вібраціях решіт, ребра та рифлі розпушують зернову суміш, збільшують швидкість пошарового руху.

Встановлені закономірності пористості та швидкості пошарового руху зернової суміші в залежності від кінематичних параметрів решета, питомих завантажень, конструктивних параметрів розпушувачів, фізико-механічних властивостей суміші.

Ключові слова: сегрегація, зернові суміші, розпушувачі, пористість, швидкість, сепаратор.

EXPERIMENTAL STUDIES OF INTERLAYER PROCESSES OF GRAIN MIXTURES SEPARATED BY FLAT SIEVES VIBRATING SEPARATOR

Annotation. The paper presents results of experimental studies of interlayer processes of grain mixtures separated by flat sieves vibrating separator.

In the modes of the high specific loading efficiency of process goes down, because of increase of thickness of layer of mixture. For the increase of efficiency of separation it is expedient to intensify the interlayer processes by the increase of porosity and gradient of speed of mixture on the depth of layer by means of looseners. The new constructions of sieves are worked out, on the working surfaces of that, on transversal bridges, looseners as ribs and rifles are envisaged. At the vibrations of sieves, ribs and rifles make light grain mixture, increase the the velocity of the layer movement.

The dependencies of the porosity and layer movement speed from cinematic parameters of flat vibrating sieves, parameters of mixture looseners, thickness and depth of layer, physico-mechanical properties of grain mixtures have been established.

Key words: segregation, grain mixtures, looseners, porosity, speed, separator.