

УДК 621.928.13

Эффективность сепарирования зерновых смесей плоскими виброрешетами с разрыхлителями

М.В. Пивень

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко (г. Харьков, Украина), m.v.piven@gmail.com

В статье представлены результаты экспериментальных исследований эффективности процесса сепарирования зерновых смесей плоскими вибрационными решетками с разрыхлителями. Разрыхлители выполнены в виде ребер и рифлей и установлены на поперечных перемычках рабочей поверхности решета. При вибрациях решета, ребра и рифли разрыхляют зерновую смесь, увеличивают пористость и скорость послойного движения, что интенсифицирует сегрегацию и процесс сепарирования. Исследования проведены на лабораторном вибрационном сепараторе на очистке зерновых смесей пшеницы и ячменя.

Установлено влияние конструктивных параметров разрыхлителей, удельных нагрузок решета, размеров проходных частиц на эффективность сегрегации. Для паспортных режимов работы вибрационных сепараторов обоснованы конструктивные параметры разрыхлителей. Установлено, что применение разработанных разрыхлителей интенсифицирует процесс сегрегации и повышает его эффективность на 30%. Проведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследования процесса сегрегации.

Удельная производительность вибрационного сепаратора с разработанными решетками на очистке семенного и продовольственного зерна возросла на 20-25%.

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

Введение. При сепарировании зерновой смеси (ЗС) толстым слоем на решетке, в режимах высоких удельных нагрузок, эффективность процесса зависит преимущественно от интенсивности сегрегации. Если мелкие частицы, за время пребывания смеси на рабочем органе, не успеют выделиться из слоя и достигнуть поверхности решета, они не смогут просеяться через его отверстия. К тому же интенсивность продвижения частиц сквозь слой к решетку в 10 раз меньше пропускной способности его отверстий [1]. В результате засоренность зернового материала возрастает, качество разделения снижается. Таким образом, повышение эффективности сепарирования путем интенсификации сегрегации является актуальной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ исследований процесса сепарирования представленный в работе [2] показывает, что интенсификация сегрегации осуществляется сообщением ЗС дополнительных механических воздействий, увеличением частоты колебаний решета, применением восходящего воздушного потока. Однако перечисленные способы ухудшают процесс просеивания семян сквозь отверстия решета, и, тем самым, снижают эффективность сепарирования ЗС. Кроме того, оптимальные кинематические режимы работы решета для сегрегации и просеиваемости не соответствуют друг другу. Наиболее рационально

интенсифицировать сегрегацию применением разрыхлителей ЗС. Они сообщают дополнительные воздействия в смесь, разрыхляют ее и не препятствуют прохождению зерен сквозь отверстия решета.

В работе [3] разработана математическая модель процесса сегрегации ЗС при сепарировании плоскими вибрационными решетками с разрыхлителями, в виде наваренных на поперечных перемычках ребер или выштампованных продолговатых рифлей. В модели учтено влияние пористости и скорости послойного движения на процесс сегрегации.

В работах [4, 5] исследовано динамику проходовой частицы в слое ЗС. Получены траектории внутрислоевого движения, закономерности *нормальной и продольной составляющих скорости* проходных частиц. Исследовано влияние кинематических параметров решета, удельной нагрузки, глубины слоя, конструктивных параметров разрыхлителей, физико-механических свойств частиц на скорость их движения в слое ЗС.

Эффективность процесса сегрегации ЗС на плоском виброрешете исследована в работе [6]. Определены значения пористости и градиента скорости ЗС обеспечивающие наибольшую эффективность процесса. Установлено, что *применение разработанных разрыхлителей интенсифицирует сегрегацию и повышает ее эффек-*

тивность на 35...40%. Для паспортных режимов работы вибрационных сепараторов обоснованы конструктивные параметры разрыхлителей.

Однако, данные результаты получены путем теоретических исследований и не подтверждены экспериментально. Отсутствуют исследования влияния разрыхлителей на производительность процесса сепарирования.

Цель работы – проведение экспериментальных исследований эффективности процесса сепарирования ЗС плоскими решетками с разрыхлителями на лабораторном вибросепараторе.

Результаты исследований. Исследование процесса сепарирования ЗС выполнялось на лабораторном плоскорешетном вибрационном сепараторе (рис.1, 2).

Он состоит из решетного стана 7, который посредством подвесок 11 закреплен на раме 10. Боковая стенка 9 решетного стана изготовлена из оргстекла, на которой нанесена координатная сетка. Решетному стану сообщаются колебания в вертикальной плоскости посредством вращающейся эксцентриковой шайбы 4, соединенной с ним шатуном 6. Эксцентриковая шайба установлена на валу 3, который приводится во вращение через ременную передачу от вариатора 2, установленного на валу электродвигателя 1. ЗС из бункера 5 подается на приемный участок решетного стана и далее на решето 14. Сход с решета поступает в лоток 12, проход – в лоток 13. Для очистки отверстий решета от застрявших зерен в решетном стане установлен шариковый очиститель 8. В лабораторном сепараторе осуществляется независимое регулирование следующих параметров: частоты и амплитуды колебаний; угла наклона решета к горизонту; угла направленности колебаний; удельной загрузки решета.

Для проведения исследований приняты следующие значения кинематических и режимных параметров, рекомендуемых в работе [7]: амплитуда колебаний решета $r_{\text{кол}}=0,0075$ м; круговая частота колебаний решета $\omega_{\text{кол}}=52,33$ рад/с; угол наклона решета к горизонту $\theta=8^\circ$; угол направленности колебаний $\beta=-8^\circ$; длина решета $L=0,79$ м; удельная загрузка решета $q=60...90$ кг/час·дм².

Разработанные оребренное и рифленое решета представлены на рис. 3,а,б. Они изготовлены из серийных решетных полотен марок 2а-1.7×16-3-0.8 и 2а-2.2×16-3-0.8, согласно ТУ 23.2.2068-94. Решето состоит из листового полотна, прямоугольных отверстий размером 1,7×16 мм² – для подсевных решет и 2,2×16 мм² – для сортировальных, продольных и поперечных переемычек. Габаритные размеры плоского решета: ширина $B=990$ мм, длина $L=790$ мм, толщина 0,8 мм. Материал решета – холоднокатаная листовая сталь по ГОСТ 16523-97.

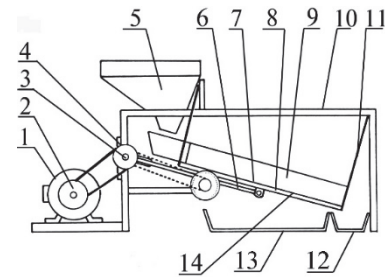


Рис. 1. Конструктивная схема экспериментального плоскорешетного вибрационного сепаратора: 1 – электродвигатель; 2 – вариатор; 3 – вал; 4 – шайба эксцентриковая; 5 – бункер; 6 – шатун; 7 – стан решетный; 8 – очиститель шариковый; 9 – стенка прозрачная боковая; 10 – рама; 11 – подвески; 12, 13 – лотки; 14 – решето

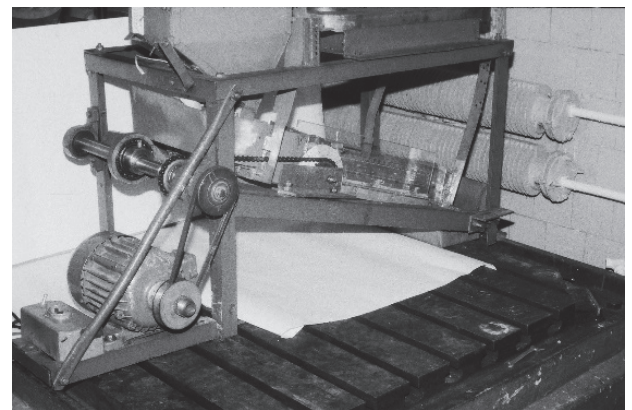


Рис. 2. Лабораторный плоскорешетный вибрационный сепаратор

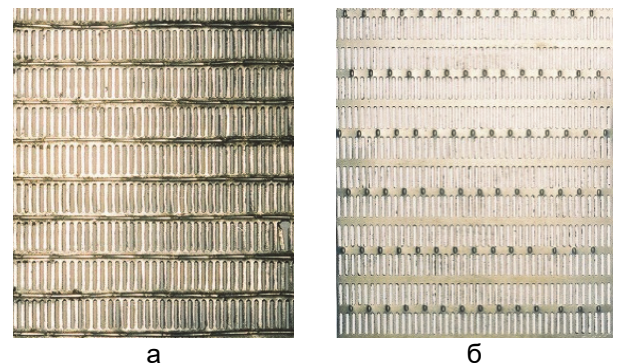


Рис. 3. Разработанные решета с разрыхлителями: а) ребрами; б) рифлями

На рабочей поверхности оребренного решета, на поперечных переемычках, закреплены ребра в виде наваренных металлических проволок диаметром $d_{\text{реб}}$ с расстоянием между ними $l_{\text{реб}}$. Использована стальная низкоуглеродистая проволока общего назначения по ГОСТ 3282-74,

материал проволоки Сталь 15 ГОСТ 1050-88. Закрепление проволоки осуществлялось электроконтактной сваркой по ГОСТ 15879-79. Для исследований были изготовлены опытные решета с диаметрами ребер $d_{реб}=0,5, 1,0, 1,5, 2,0$ мм и с расстояниями между ними $l_{реб}=21, 42, 63$ мм, что соответствует их установке на каждой поперечной перемычке, через одну и через две.

На рабочей поверхности рифленого решета, на его поперечных перемычках расположены продолговатые рифли, выполненные штамповкой. Продольная ось рифлей направлена вдоль движения ЗС. В поперечном сечении рифли имеют форму полукруга. Для исследования были изготовлены опытные решета со следующими конструктивными параметрами рифлей: высота $h_{риф}=0,5, 1,0, 1,35, 1,8$ мм; расстояния между рядами рифлей $l_{риф}=21, 42, 63$ мм; расстояния между рифлями в ряду $l'=16, 24, 32$ мм; длина рифлей $a_{риф}=4$ мм; ширина – $b_{риф}=2$ мм.

При работе решета, ребра и рифли сообщают воздействию ЗС, разрыхляют ее и оказывают дополнительное сопротивление нижнему элементарному слою, увеличивая интенсивность полойного движения.

Материалом исследования являлись ЗС мейства злаковых:

1. Озимая пшеница сорта “Мироновская-30”, урожая 2015 года (Каплуковское ЧСП, Краснокутского района, Харьковской области): сортовая чистота – 99,45%; семян основной культуры – 98,74%; отход – 1,26% в том числе семян других культурных растений в шт. на 1кг – 1, семян сорняков в шт. на 1кг – 2; влажность – 10,4%; масса 1000 семян – 39,2 г.

2. Ячмень сорта “Одесский-115”, урожая 2015 года (Каплуковское ЧСП, Краснокутского района Харьковской области): сортовая чистота – 100%; семян основной культуры – 99,18%; отход – 0,82% в том числе семян других культурных растений в шт. на 1кг – 9, семян сорняков в шт. на 1кг – нет; влажность – 10,3%; масса 1000 семян – 49,4 г.

Зерна этих культур были выровнены по размерам и представляли собой сходную фракцию – несущую среду для проходových частиц. В качестве проходových частиц использовалось дробленое и мелкое зерно разных размеров.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось: исследование влияния конструктивных параметров ребер и рифлей, удельных загрузок разработанных решет, размеров проходových частиц на эффективность сегрегации; сравнение зависимостей эффективности сегрегации полученных теоретическим и экспериментальным путем; определение удельной производительности разработанных решет на очистке посевного и продовольственного зерна.

Эффективность сегрегации определяется соотношением L/L_x , где L – длина решета, L_x – проекция траектории проходовой частицы на решето от свободной поверхности слоя на входе до соприкосновения с решетом. При $L_x=L$ все проходové частицы достигнут поверхности решета, и эффективность будет $\eta=1$ (100%). При $L_x>L$, не все частицы успеют выделиться из слоя и эффективность будет $\eta<1$. При $L_x<L$, все частицы выделяются из слоя на меньшей длине решета – $\eta>1$.

Исследование траекторий движения проходových частиц в слое смеси проводилось с помощью видеосъемки через прозрачную боковую стенку лабораторного вибросепаратора. Методика исследований изложена в работе [8].

На рис. 4 приведены графические зависимости эффективности сегрегации от конструктивных параметров ребер и рифлей. Из анализа графиков следует, что с увеличением диаметра ребер $d_{реб}$ эффективность η сначала возрастает, а затем уменьшается. Уменьшение эффективности объясняется увеличением воздействия ребер на смесь, что при небольших удельных загрузках, приводит к виброкипению смеси и ухудшению сегрегации. При уменьшении расстояния между ребрами $l_{реб}$ эффективность возрастает, при этом оптимальные значения диаметров ребер $d_{реб}$ уменьшаются. Наибольшая эффективность сегрегации достигается при большем количестве ребер меньшего диаметра.

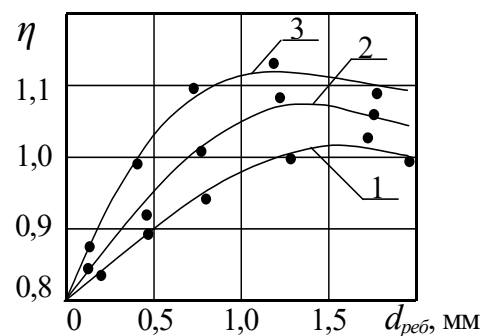


Рис. 4. Зависимости эффективности сегрегации η от конструктивных параметров ребер плоского решета: 1 – $l_{реб}=63$ мм; 2 – $l_{реб}=42$ мм; 3 – $l_{реб}=21$ мм; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$; $q=60$ кг/час·дм²)

Эффективность сегрегации зависит от величины удельной загрузки решета. Как видно из рис. 5, с повышением удельной загрузки эффективность снижается. Применение ребренных решет повышает эффективность сегрегации, при постоянной удельной загрузке, до 30%. Увеличение диаметра ребер более 1,5 мм не способствует дальнейшей интенсификации сегрегации,

так как, нижний элементарный слой сильно затормаживается, образуя малоподвижную зону.

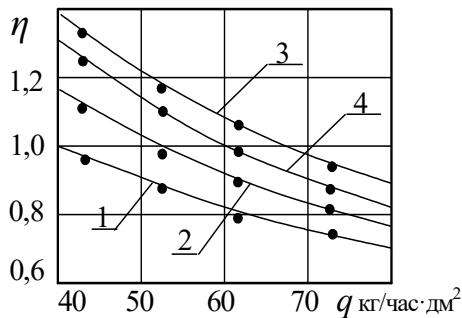


Рис. 5. Зависимости эффективности сегрегации η от удельной загрузки q плоского решета при разных диаметрах ребер: 1 – серийное решето; 2 – оребренное $d_{реб}=1,0$ мм, $l_{реб}=21$ мм; 3 – оребренное решето $d_{реб}=1,5$ мм, $l_{реб}=21$ мм; 4 – оребренное решето $d_{реб}=2,0$ мм, $l_{реб}=21$ мм; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

На рис. 6,7 приведены графические зависимости эффективности сегрегации от конструктивных параметров рифлей.

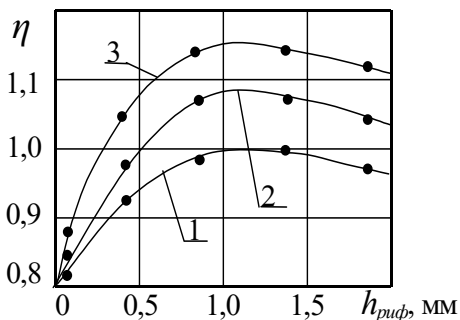


Рис. 6. Зависимости эффективности сегрегации η от конструктивных параметров рифлей плоского решета: 1 – $l_{риф}=63$ мм; 2 – $l_{риф}=42$ мм; 3 – $l_{риф}=21$ мм; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$; $l^*=16$ мм; $q=60$ кг/час·дм²)

С увеличением высоты рифлей $h_{риф}$ и уменьшением расстояний между ними l^* и их рядами $l_{риф}$ эффективность сегрегации возрастает (рис.6). Превышение высоты рифлей более $h_{риф} \geq 1,0$ мм приводит к уменьшению эффективности сегрегации, что объясняется снижением подвижности частиц. Так, частицы нижнего элементарного слоя при взаимодействии с рифлями надвигаются на них и опрокидываются, что обеспечивает увеличение подвижности. При высоте рифлей больше максимального значения, частицы только огибают рифли снижая свою подвижность. Оптимальные значения высоты рифлей $h_{риф}$ не зависят от расстояния между ними $l_{риф}$.

Повышение удельной загрузки рифленого решета приводит к снижению эффективности (рис.7), однако по сравнению с серийным она выше на 15-20%.

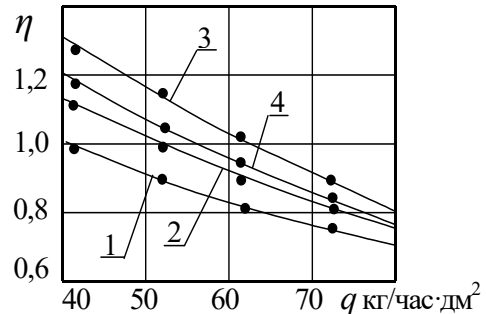


Рис. 7. Зависимости эффективности сегрегации η от удельной загрузки q плоского решета при разной высоте рифлей $h_{риф}$: 1 – серийное решето; 2 – рифленое $h_{риф}=0,5$ мм, $l_{риф}=21$ мм; 3 – рифленое $h_{риф}=1,0$ мм, $l_{риф}=21$ мм; 4 – рифленое $h_{риф}=1,35$ мм, $l_{риф}=21$ мм; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

Оптимальное расстояние между рифлями в ряду составляет $l^*=15...18$ мм (рис. 8). Расположение рифлей со смещением в каждом последующем ряду (в шахматном порядке) дополнительно повышает эффективность.

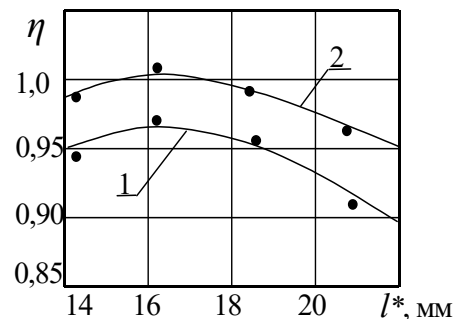


Рис. 8. Зависимости эффективности сегрегации η от расстояния между рифлями l^* и их расположения на плоском решете: 1 – без смещения; 2 – в шахматном порядке; ($\omega_{кол}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$; $h_{риф}=1,35$ мм; $q=60$ кг/час·дм²)

Для паспортных кинематических режимов работы плоского виброрешета установлены следующие оптимальные значения разрыхлителей: $d_{реб}=1,0...1,5$ мм, $l_{реб}=21$ мм, $h_{риф}=0,8...1,35$ мм, $l_{риф}=21$ мм, $l^*=15...18$ мм.

Эффективность сегрегации разработанными решетками зависит от размеров проходных частиц. Так, при малых размерах частиц эффективность сегрегации оребренным решето выше, чем рифленым, а при размерах близких к

сходовым – эффективность сегрегации рифленым решетом выше, чем оребренным (рис.9). Из этого следует, что ребра рационально применять на подсевном решете, проходными частицами которого являются мелкие примеси, а рифли – на сортировальном, проходными частицами которого являются зерна основной культуры меньших размеров.

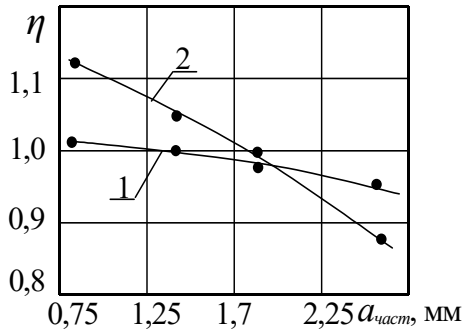


Рис. 9. Зависимости эффективности сегрегации η от размеров проходных частиц $a_{\text{част}}$ при сепарировании плоскими разработанными решетками: 1 – рифленое решето $h_{\text{риф}}=1,0$ мм, $l_{\text{риф}}=16$ мм, $l^*=16$ мм; 2 – оребренное $d_{\text{реб}}=1,35$ мм, $l_{\text{реб}}=21$ мм; ($\omega_{\text{кол}}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$; $q=60$ кг/час·дм²)

На рис. 10, приведены графические зависимости эффективности сегрегации плоских вибрационных решет, полученные расчетным и экспериментальным путем.

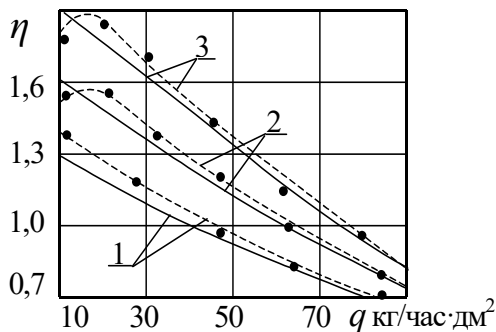


Рис. 10. Зависимости эффективности сегрегации η от удельных нагрузок решет: 1 – серийного, 2 – рифленого, 3 – оребренного; сплошная линия – теоретическая зависимость; пунктирная линия – экспериментальная зависимость

Как видно, наибольшее совпадение теоретических и экспериментальных результатов имеет место при удельных нагрузках, соответствующих толщине слоя $h=8...16$ мм. Это объясняется наличием внутрислойных процессов при такой толщине слоя, которые достаточно хорошо описываются разработанной математической

моделью [3]. При малых удельных нагрузках, когда толщина слоя смеси приближается к размеру зерна, внутрислойные процессы отсутствуют и расхождение между результатами возрастает.

Наличие экстремумов кривых 2, 3 объясняется интенсивным воздействием разрыхлителей на слой малой толщины и возникновением виброкипения смеси, а возрастание удельной загрузки исключает его, что повышает эффективность процесса до некоторого значения. Дальнейшее увеличение загрузки приводит к уплотнению слоя и снижению эффективности сегрегации.

Наиболее показательной характеристикой процесса решетного сепарирования является зависимость полноты выделения ε проходной фракции от удельной загрузки q сепарирующей поверхности. На рис.11 представлены зависимости полноты выделения ε_p проходной фракции ЗС пшеницы (кривая 1) и ячменя (кривая 2) от удельной загрузки серийных и разработанных плоских решет.

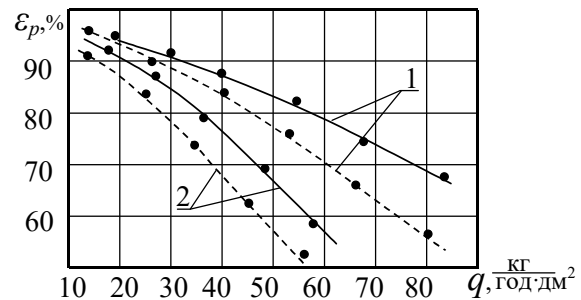


Рис. 11. Зависимости полноты разделения ε_p от удельной загрузки q плоскорешетного вибросепаратора: сплошная линия – с серийными решетками; пунктирная линия – с разработанными; 1 – озимая пшеница; 2 – ячмень; ($\omega_{\text{кол}}=52,33$ рад/с; $\theta=8^\circ$; $\beta=-8^\circ$)

С повышением удельной загрузки полнота выделения проходной фракции снижается. Однако разработанные решета допускают большие удельные загрузки в сравнении с серийными при одинаковой полноте выделения, а значит и большую производительность. При одинаковой удельной нагрузке полнота выделения разработанными решетками выше, чем серийными. При очистке посевного материала ($\varepsilon_p=90...95\%$) и продовольственного зерна ($\varepsilon_p=80\%$) удельные загрузки вибрационного сепаратора с разработанными решетками составляют: $q=26...32$ кг/час·дм² и $q=48...56$ кг/час·дм² – для ЗС озимой пшеницы; $q=16...22$ кг/час·дм² и $q=30...36$ кг/час·дм² – для ЗС ячменя.

Удельная нагрузка при заданной полноте разделения определяет удельную производи-

тельность процесса сепарирования. Как видно из рис. 11 удельная производительность плоскорешетного вибросепаратора с разработанными решетками возросла на 20...25%.

Выводы.

1. Для паспортных кинематических режимов работы плоского виброрешета установлены оптимальные конструктивные параметры разрыхлителей: диаметр ребер 1,0...1,5 мм, расстояния между ребрами 21 мм, высота рифлей 0,8...1,35 мм, расстояния между рядами рифлей 21 мм, расстояния между рифлями 15...18 мм. Ребра рационально устанавливать на подсевных решетках, а рифли – на сортировальных.

2. Наибольшее совпадение теоретических и экспериментальных результатов имеет место при толщине слоя смеси 8...16 мм, соответствующей возникновению внутрислоевых процессов.

3. Удельная производительность плоскорешетного вибросепаратора с разработанными решетками на очистке семенного и продовольственного зерна составляет: 26...32 кг/час·дм² и 48...56 кг/час·дм² – для ЗС озимой пшеницы; 16...22 кг/час·дм² и 30...36 кг/час·дм² – для ЗС ячменя. В целом, удельная производительность процесса сепарирования возросла на 20...25 %.

Литература

1. Миронов П.А. Обоснование параметров рабочего процесса и рациональной схемы виброцентробежного сепаратора семян: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Харьков, 1985. – 322 с.

2. Тищенко Л.Н., Мазоренко Д.И., Пивень М.В., Харченко С.А., Бредихин В.В., Мандрыка

А.В. Моделирование процессов зерновых сепараторов. – Харьков: Міськдрук, 2010. – 360 с.

3. Тищенко Л.Н., Пивень М.В., Харченко С.А. Математическая модель процесса сегрегации зерновых смесей при сепарировании плоскими вибрационными решетками // Механізація сільськогосподарського виробництва та переробки сільськогосподарської продукції. Вісник ХНТУСГ.- Харків: ХНТУСГ. – 2010. – Вип. 103. – С.12 -19.

4. Пивень М.В., Борщ Ю.П. Закономерности внутрислоевого движения частиц зерновой смеси при сепарировании плоскими вибрационными решетками // Хранение и переработка зерна. – 2012. – №4 (154). – С. 68 -73.

5. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. Исследования скоростей внутрислоевого движения частиц зерновой смеси сепарируемой вибрационным решетом // Всеукраинский научно-технический журнал. Вибрации в технике и технологиях. – 2016. – №3(83). – С. 219 - 224.

6. Пивень М.В. Обоснование процесса сепарирования зерновых смесей плоскими вибрационными решетками // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17. – № 7. – С. 163 -169.

7. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1981. – 260 с.

8. Тищенко Л.Н., Пивень М.В., Бредихин В.В. Исследование внутрислоевого движения частиц зерновых смесей // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСХ. – Харків: ХНТУСГ. – 2014. – Вип. 152. – С. 5 -11.

Анотація

Ефективність сепарування зернових сумішей плоскими віброрешетами з розпушувачами

М.В.Пивень

У статті представлені результати експериментальних досліджень ефективності процесу сепарування зернових сумішей плоскими вібраційними решетками з розпушувачами. Розпушувачі виконані у вигляді ребер та рифлів і встановлені на поперечних перемичках робочої поверхні решета. При вібраціях решета, ребра та рифлі розпушують зернову суміш, збільшують швидкість пошарового руху, що інтенсифікує сегрегацію і процес сепарування. Дослідження проведені на лабораторному вібраційному сепараторі при сепаруванні зернових сумішей пшениці та ячменю.

Встановлений вплив конструктивних параметрів розпушувачів, питомих завантажень решета, розмірів проходових частинок на ефективність сегрегації. Для паспортних режимів роботи вібраційних сепараторів обґрунтовані конструктивні параметри розпушувачів. Встановлено, що застосування розроблених розпушувачів інтенсифікує процес сегрегації і підвищує його ефективність на 30 %. Проведено порівняння теоретичних та експериментальних результатів дослідження процесу сегрегації.

Питома продуктивність вібраційного сепаратора з розробленими решетками на очищенні насінного і продовольчого зерна зросла на 20-25%.

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

Abstract**Efficiency of the grain mixtures separation performed
by flat vibration sieves with looseners****M.V. Piven**

The article presents the results of experimental studies of the efficiency of the grain mixtures separation process performed by flat vibration sieves with looseners. Looseners are made in the form of ribs and rifles and mounted on transversal bridges of the working surface of the sieve. At the vibrations of sieves, ribs and rifles make light grain mixture, increase the the velocity of the layer movement, that intensificare segregation and process of separation. The research was carried out on the laboratory vibration separator during the separation of grain mixtures of wheat and barley.

The influence of the structural parameters of looseners, specific loads of the sieve, the size of the particle paths on the efficiency of segregation have been established. For optimal mode of operation of flat sieve vibration separator constructional parameters of looseners have been substantiated. It is set that application of looseners intensifies a segregation process and specific efficiencies have been increased 30%. The theoretical and experimental results of the segregation process are compared.

Specific productivity of the vibration separator with developed sieves for cleaning seed and food grains have been increased 20-25%.

Keywords: *vibration, separator, grain mixtures, segregation, looseners, porosity.*

Представлено від редакції: О.І. Завгородній / Presented on editorial: O.I. Zavorodnii

Рецензент: В.В. Бредіхін / Reviewer: V.V. Bredihin

Подано до редакції / Received: 15.05.2017