

производстве республики должны внедряться компьютеризированные поточные технологии послеуборочной обработки зерна. Поточность работы и оптимизация параметров зерноочистительно-сушильного комплекса могут быть установлены на основании коэффициента использования производительности комплекса, который представляет собой отношение фактической производительности комплекса к номинальной.

17.09.13

Литература

1. Кубышев, В.А. Определение потребного количества машин для обработки зерна на токах / В.А. Кубышев, Ю.В. Панус // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1964. – Вып. 14. – С. 53–59.
2. Пути интенсификации процессов послеуборочной обработки зерна. Интенсификация процессов послеуборочной обработки зерна / В.А. Кубышев [и др.] // Тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1974. – Вып. 87. – С. 6–12.
3. Янко, В.М. Статистический метод расчета производительности машин / В.М. Янко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 11. – С. 9–12.
4. Креймерман, Г.И. Технологическое проектирование зернохранилищ / Г.И. Креймерман. – М.: Колос, 1970. – 187 с.
5. Краусп, В.Р. Метод определения оптимальных параметров послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп // Доклады ВАСХНИИ. – М., 1970. – № 2. – С. 49–52.
6. Елизаров, В.П. Оптимизация основных технологических параметров сельскохозяйственных комплексов послеуборочной обработки зерна: автореф. дис. ... докт. техн. наук / В.П. Елизаров. – М.: ВИМ, 1982. – 40 с.
7. Краусп, В.Р. Автоматизация послеуборочной обработки зерна / В.Р. Краусп. – М.: Машиностроение, 1975. – 225 с.
8. Маринич, Л.А. Оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна: каталог / Л.А. Маринич [и др.]; Минсельхозпрод РБ, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – 127 с.

УДК 631.365

В.П. Чеботарев, И.В. Барановский

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

А.В. Новиков, Т.А. Непарко

(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ СЕПАРИРОВАНИЯ

Введение

Основой сепарирования зерновых смесей является процесс разделения. Процесс разделения – это сортирование исходной зерновой смеси по величине какого-либо признака или параметра ее частиц на отдель-

ные компоненты. При классическом механическом сепарировании разделение компонентов зернового вороха осуществляется с помощью разделительных органов машин: сит, воздушных каналов, сито-воздушных устройств, ячеистых или фрикционных поверхностей на основе геометрических или физико-механических свойств зерен и других составляющих сепарируемого материала.

Основная часть

Для оценки возможности сепарирования зернового вороха применяются дифференциальные или интегральные кривые плотности распределения, а также гистограммы накопленных частот признака сортирования, которые представляют собой результат лабораторных исследований конкретного материала [1–3]. С помощью разделительной линии, проведенной на соответствующей кривой или гистограмме накопленных частот, в соответствии с установленным значением признака сепарирования определяются удаляемые из основного материала компоненты, например семена сорняков, дробленые и неполноценные зерна, солома, части стеблей, а также другие мелкие и легкие посторонние примеси. Определение абсолютной величины линии разделения в физических единицах измерений конкретного признака производится на основе соответствующего среднего показателя зерен в основном материале, а также на основе аналогичных показателей отделяемых компонентов. Для обеспечения выделения в соответствии с заданными требованиями к зерновому материалу используются верхняя L_{Rmin} и нижняя L_{Rmax} линии разделения (рисунок 68).

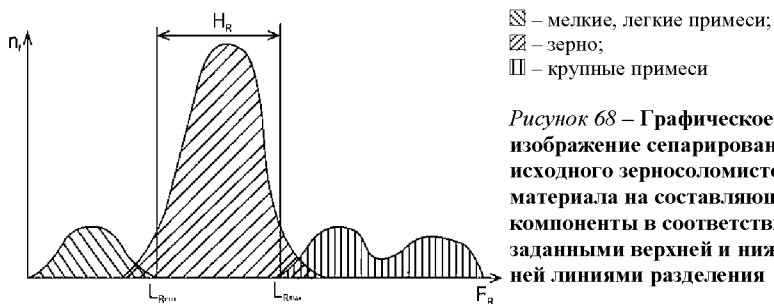


Рисунок 68 – Графическое изображение сепарирования исходного зерносорночного материала на составляющие компоненты в соответствии с заданными верхней и нижней линиями разделения

Расстояние между нижней и верхней линиями разделения определяет ширину H_R зоны расположения основного выделяемого материала, например зерна требуемого качества. Возможность разделения смеси различных частиц по какому-либо признаку F_R определяется взаимным расположением дифференциальных или интегральных кривых распределения для основного продукта и засоряющих фракций. Дифференциаль-

ная $P'_{\text{отх}}$ и интегральная $P_{\text{зер}}$ кривые распределения частиц отходов и зерна по параметру F_R изображены на рисунке 69. Между этими кривыми, например, для частиц отходов существуют следующие зависимости:

$$P_{\text{отх}}(F_R) = \int_{F_{R1}}^{F_{R2}} P'_{\text{отх}}(F_R) dF_R$$

или

$$P'_{\text{отх}} = \frac{dP_{\text{отх}}(F_R)}{dF_R}$$

На рисунке 69 построены также аналогичные кривые распределения для зерна. При расположении линии разделения L_R в соответствии с рисунком 69 при сортировании может быть выделено следующее количество частиц отходов (в долях единицы от общего количества таких частиц):

$$\Phi_{\text{отх}} = \int_{L_1}^{L_R} P'_{\text{отх}}(F_R) dF_R$$

При этом будет вынесено зерна (в долях единицы от общего количества зерна) следующее количество:

$$\Phi_{\text{зер}} = \int_{L_2}^{L_R} P'_{\text{зер}}(F_R) dF_R$$

Таким образом, соответствие процесса сепарирования заданным агротребованиям $\Pi_{\text{отх. доп}}$ и $\Pi_{\text{зер. доп}}$ определяется следующими условиями:

$$1 - \Phi_{\text{отх}} = \Pi_{\text{отх. доп}};$$

$$\Phi_{\text{зер}} < \Pi_{\text{зер. доп}}.$$

Параметры линии разделения определяют глубину сортировочного процесса.

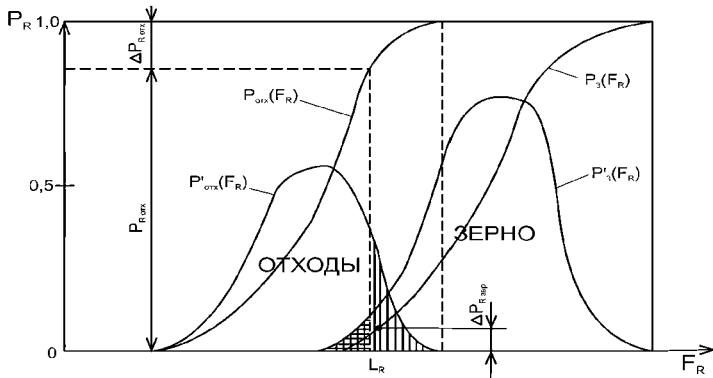


Рисунок 69 – Изображение процесса сепарирования по параметру F_R с помощью дифференциальных и интегральных кривых распределения

Используемая линия разделения L_R не представляет собой однозначной характеристики. В принципе, необходимо различать идеальную и реальную линии разделения для конкретной культуры и условий. Иде-

альная характеристика линии разделения представляет собой величину параметра признака разделения, соответствующую заданным требованиям к составу и качеству сортируемого материала (рисунок 69). В соответствии с физической величиной параметра разделения, например, если по агротребованиям необходимо разделить зерновую смесь по толщине зерновок до и более 2,5 мм, то продольные отверстия сита должны иметь разделительный размер 2,5 мм, и тогда все компоненты, имеющие толщину менее 2,5 мм, должны проходить через отверстия сита, то есть отделяться. В этом случае каждое зерно толщиной менее 2,5 мм должно иметь вероятность выделения $P_R = 1$, а у зерновок толщиной более 2,5 мм вероятность прохождения через отверстия должна равняться $P_R = 0$. Такое идеальное разделение может быть достигнуто только в идеальных условиях; например, при просеивании в течение 10 минут слоя зерна толщиной в одно зерно поверхность сита должна быть чистой, идеально ровной, ширина отверстий – строго 2,5 мм, оно не должно подвергаться вибрации. Или, например, при сепарации зернового материала в потоке воздуха должны быть абсолютно исключены отклонения профиля скоростей воздушного потока по всем сечениям канала аспирации. Выдержать такие условия при практической сепарации зернового материала невозможно, так как при этом следовало бы использовать машины с производительностью и параметрами, которые бы исключали их эффективную эксплуатацию. На практике сепарирование осуществляется с большими массовыми потоками, которые с помощью подбора оптимальных конструктивных и кинематических параметров работы разделительных элементов машин приближают процесс к идеальным условиям.

Реальная характеристика линий разделения – это характеристика работы разделительного элемента для заданных одинаковых условий с соответствующей производительностью. Реальную характеристику рассчитать нельзя, ее можно определить экспериментальным путем.

Кроме того, реальная характеристика интегральной плотности распределения или гистограммы накопленных частот признака сортирования обычно описывается логистической S-образной кривой. В процессе сепарирования отдельные частицы, которые имеют параметр признака разделения больше идеальной линии разделения, остаются в основном материале. И наоборот, частицы, которые имеют меньшие соответствующие параметры, чем установлены линией разделения, могут попасть в отделенную фракцию. В этом случае могут образовываться так называемые потери зерна проходом, еслиходом должно идти основное зерно, или, наоборот, сходом, если проходом должно идти основное зерно. Эти проблемы разделения касаются всех видов сортировальных процессов, причем возможны значительные колебания по отдельным признакам. Что касается количественной оценки, то она выражается в абсолютном эффекте разделения.

Интегральные кривые распределения показывают, с какой вероятностью могут быть отделены компоненты определенной величины одного качества или остаться в основном зерновом материале (рисунок 69). В принципе, для отделяемых (мелких составляющих) компонентов действительно то, что частицы в ближнем от линии разделения диапазоне (граничные зерна) будут отделены с малой вероятностью – 0,05...0,1, а очень маленькие, наоборот, будут отделены с большой вероятностью – 0,8...1. В отношении компонентов, которые имеют параметры признака больше значения, установленного линией разделения, имеют место следующие особенности процесса сепарирования:

- при увеличении полноты выделения отделяемых компонентов увеличиваются потери основного зерна;
- при обеспечении выполнения требований высокой чистоты отделения частиц в ближнем, превышающем линию раздела, диапазоне всегда будут происходить повышенные потери зерна (рисунок 70);
- незначительное снижение требований чистоты выделения частиц в ближнем, меньшем от линии раздела, диапазоне всегда будет происходить без существенных потерь зерна.

Изменение разделительного эффекта и потерь зерна при одинаковой пропускной способности в зависимости от вида интегральной кривой распределения представлено на рисунке 70.

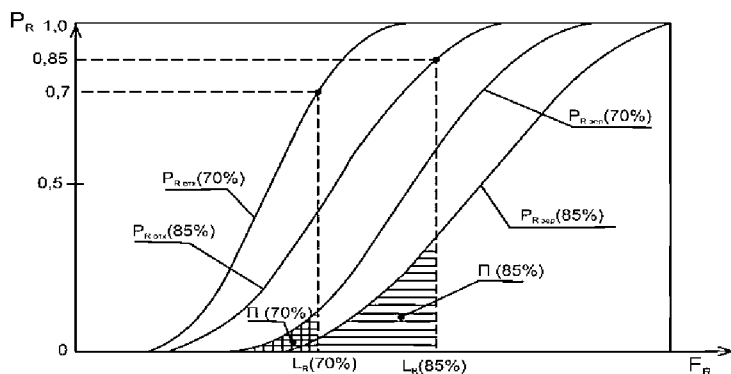


Рисунок 70 – Влияние степени разделения на потери зерна при одинаковой пропускной способности сепарирующего устройства

Кроме того, реальное разделение исходного материала представляет собой процесс, который не протекает постоянно. Вероятность разделения материала кроме протекания основного процесса сортирования по отличительному признаку зависит также от целого ряда других процессов и факторов. Одним из таких процессов в сортируемом слое является расслоение. Вначале, перед разделением, сепарируемая смесь поступает

на разделительный элемент, как правило, в виде слоя однородно перемешанных частиц компонентов внутри смеси. При движении слоя сепарируемого материала по ровной поверхности он расслаивается (образует отдельные слои) согласно следующим закономерностям.

Более мелкие частицы с одинаковой плотностью, поверхностью и формой по отношению к аналогичным, только более крупным, всегда при расслоении концентрируются в нижней части слоя. Частицы с относительно большей плотностью, но с одинаковыми размерами, поверхностью и формой концентрируются также в нижнем диапазоне слоя.

Относительно угловатые частицы с одинаковой плотностью, размерами и поверхностью по сравнению с частицами с более плавными, округлыми формами концентрируются в верхнем диапазоне слоя. Аналогично, относительно более шероховатые частицы концентрируются в верхнем диапазоне слоя. Представленные здесь факторы расслоения редко действуют каждый отдельно. За счет комбинированного их воздействия влияние отдельных факторов может повышаться или понижаться.

Аналогичны принципы расслоения слоя материала под воздействием потока воздуха (воздушная сепарация). Слой материала, который движется под влиянием потока воздуха, расслаивается в соответствии со скоростью витания компонентов. Представленные выше закономерности при этом остаются действительными, за одним лишь исключением: мелкие частицы с одинаковой плотностью и формой концентрируются в потоке воздуха в верхнем слое материала.

Знание процессов расслоения имеет значение для того, чтобы использовать на практике наиболее эффективные для этого процесса разделительные элементы. Они должны способствовать тому, чтобы процессы расслоения оказывали максимальное положительное воздействие на последующий процесс разделения. В принципе, разделение происходит тем полнее и быстрее, чем быстрее происходит расслоение. Например, мелкие частицы перемещаются в нижнюю часть слоя зерна, а легкие и большие – на его поверхность.

На скорость протекания процесса расслоения в соответствии с описанными выше закономерностями могут оказывать влияние также следующие факторы:

- влажность сепарируемого материала. Из-за присутствия влаги любой процесс расслоения замедляется, так как влага ухудшает текучесть и прсыпaeмость всего слоя материала;
- шероховатость поверхности материала. Она замедляет любой процесс расслоения из-за плохой текучести слоя материала;
- структурная неоднородность слоя материала. Слой материала из-за увеличения содержания в нем мелких и очень мелких частиц становится все более вязким, так как перенасыщаются полые пространства

между зернами, необходимые для расслоения. В результате частицы теряют свою подвижность, что затрудняет процесс расслоения.

Реальный процесс разделения находится под воздействием не только вышеуказанных факторов, но и удельной нагрузки на разделительный элемент – толщины подаваемого слоя материала. Большая пропускная способность означает большую высоту слоя материала, низкая пропускная способность – соответственно малую высоту слоя. С уменьшением пропускной способности во всех диапазонах качества зерна увеличивается вероятность разделения (рисунок 71).

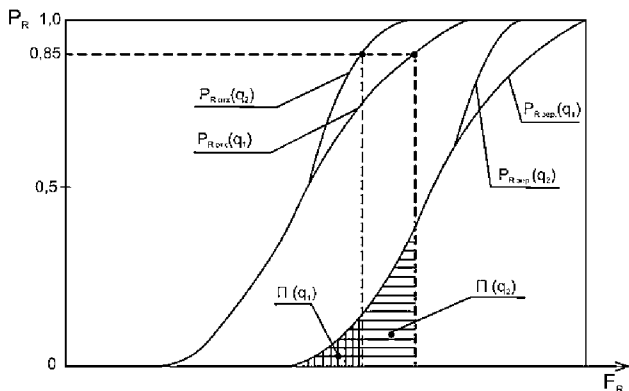


Рисунок 71 – Влияние пропускной способности на потери зерна при одинаковом эффекте разделения

При снижении пропускной способности уменьшаются потери зерна, а при ее увеличении вероятность разделения можно сохранить на том же уровне только при условии увеличения потерь зерна (рисунок 72).

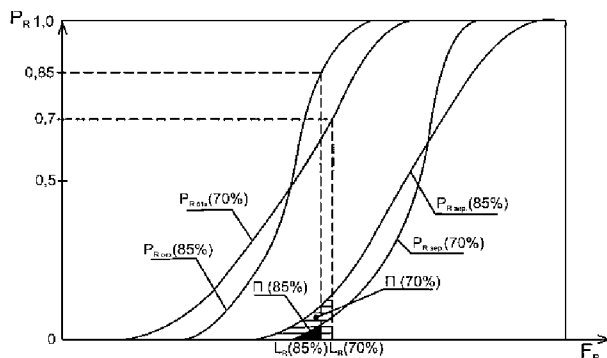


Рисунок 72 – Влияние степени разделения на потери зерна при одинаковой пропускной способности сепарирования

Очистка и сортирование зернового материала для повышения его качества не осуществляется на практике в ходе одной операции. В зависимости от вида культуры и степени очистки, которую должен иметь готовый зерновой материал, предъявляются различные требования к соответствующему процессу разделения, а особенно к производительности.

Производительность зерноочистительной машины характеризуется ее пропускной способностью и качеством работы, которого можно при этом достичь. Эти данные вынужденно ограничиваются определенным набором параметров из-за множества задач по очистке. Причиной тому – множество видов семян, которые необходимо очищать на практике, колебания качества и состава этих семян в зависимости от почвы, климата, сорта, условий прорастания, ухода и уборки урожая.

Производительность зерноочистительной машины определяется на основе номинальной пропускной способности машин Q_n . Эта номинальная пропускная способность изменяется в зависимости от различных условий, в результате чего на основе номинальной пропускной способности устанавливается соответствующая откорректированная пропускная способность Q_k для обработки конкретной партии материала.

Помимо показателя производительности процесса сепарации, качество его работы описывается также с помощью показателей эффективности разделения и потерь зерна. Эти показатели воспроизводимы только в установленных аналогичных условиях. В сельскохозяйственной практике в соответствии с теми же закономерностями для выполнения более высоких требований к процессу разделения используют реализованный (осуществимый) эффект разделения (E_r) и абсолютный эффект разделения (E_a).

Реализованный эффект разделения представляет собой процентное соотношение между отделенными и всеми подлежащими отделению компонентами одной той же линии раздела. Реализованный эффект позволяет определять качество разделения, пригодное для экспериментальной оценки. Необходимое условие для этого – воздействия на материал остаются постоянными, а при анализе подготавливаемого материала используют те же линии раздела, что и в машине. Реализованный эффект разделения сильно зависит от делимости подлежащих отделению компонентов и их чистоты. Обе величины не учитываются в этом показателе. Этот показатель можно относительно легко определить, поэтому он является объективной величиной для контроля в достаточной мере постоянного процесса. Интегральная или дифференциальная кривые распределения для разделения, полученные в ходе экспериментального разделения, являются необходимым условием для определения абсолютного эффекта разделения (E_a). Определение производится на основе площадей, которые ограничиваются линией раздела и ее 0,5-кратной величиной для мелких и легких компонентов. Что касается крупных

компонентов, то площадь для них находится между линией раздела и ее 1,5-кратной величиной. Отделяемая доля примесей – это доля площади, расположенная над соответствующей кривой коэффициентов разделения. Соотношение этой выделенной доли площади и общей площади и есть абсолютный эффект разделения в процентах.

Абсолютный эффект разделения, несмотря на использование различных взаимосвязанных партий, позволяет довольно объективно характеризовать качество разделения, так как оно зависит от распределения компонентов. Абсолютный эффект разделения при предварительной очистке находится в диапазоне порядка величин реализованного (осуществимого) эффекта разделения. Чем ближе подходит линия разделения к основному материалу, тем существеннее увеличивается ее величина по сравнению с реализованным (осуществимым) эффектом разделения. Из этого следует, что в ходе проделанных этапов очистки тяжелые, подлежащие отделению составляющие останутся вблизи линии раздела.

Абсолютный эффект разделения устанавливается для отдельных разделительных элементов. Расчет абсолютного эффекта разделения для машины или установки производится путем образования среднего значения из абсолютных эффектов разделения для отдельных разделительных элементов. При этом можно производить как оценку только одного разделительного элемента, так и нескольких разделительных элементов по одинаковым параметрам зерна.

Выводы

Для каждого процесса разделения действительна закономерность – высокие эффекты разделения при постоянной пропускной способности достигаются только при более высоких потерях зерна. В случае обеспечения протекания процесса с меньшими потерями зерна необходимо выполнять работу с более низким разделением компонентов в материале. Высокие эффекты разделения без существенных потерь зерна, которые позволяют сблизить получаемые кривые коэффициентов распределения с идеальными характеристиками линий раздела, возможны только при очень низкой пропускной способности. И, наконец, те допустимые в ходе очистки потери зерна, которые имеются на практике, вынуждают всегда принимать экономическое решение с учетом выхода годных семян и продолжительности очистки.

18.09.13

Литература

1. Янко, В.М. Вероятностная модель зернового материала, поступающего на предприятия послеуборочной обработки зерна / В.М. Янко // Земледельческая механика: сб. тр. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 10. – С. 39–47.
2. Киреев, М.В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах / М.В. Киреев, С.М. Григорьев, Ю.К. Ковальчук. – Л.: Колос, 1981. – 224 с.

3. Янко, В.М. Статистический метод расчета производительности машин / В.М. Янко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 11. – С. 9–12.

УДК 631.333:631.862

**Л.Я. Степук, А.А. Жешко,
Э.В. Дыба**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ ШАГА УСТАНОВКИ ДИСКОВ И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИХ РЯДАМИ В АДАПТЕРЕ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА

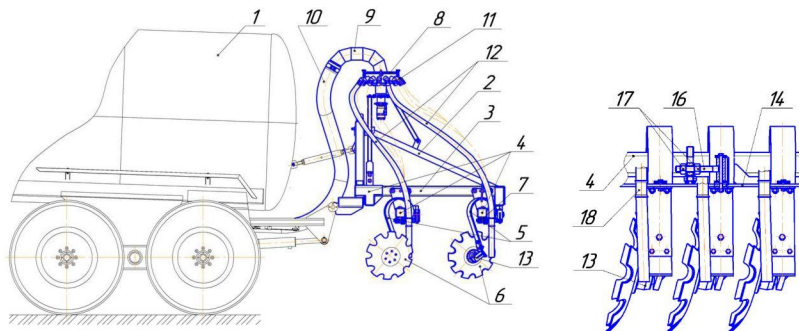
Введение

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана машина, оснащенная сменными модулями (адаптерами) для поверхностного и внутрипочвенного внесения жидкого навоза.

Целью настоящей работы является обоснование шага и угла установки дисков и расстояния между их рядами в адаптере для внутрипочвенного внесения жидкого навоза.

Основная часть

Машина, укомплектованная адаптером для внутрипочвенного внесения жидкого навоза (рисунок 73), состоит из цистерны 1, дискового адаптера 2, который, в свою очередь, имеет раму, состоящую из продольных 3 и поперечных 4 брусьев. К раме прикреплены упругие стойки 5 с дисками 6 с возможностью поворота их вокруг осей 7.



1 – цистерна; 2 – адаптер дисковый; 3 – продольные брусья; 4 – поперечные брусья; 5 – упругие стойки; 6 – сферические диски; 7 – оси; 8 – делительная головка; 9 – патрубок; 10 – напорный трубопровод; 11 – выпускные патрубки; 12 – разливочные патрубки; 13 – подшипниковые узлы; 14 – планка; 15 – жесткие поводки; 16 – регулировочные болты; 17 – контргайки; 18 – втулки-направители

Рисунок 73 – Схема машины для внутрипочвенного внесения жидкого навоза