

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. М. Поздняков, А. В. Иванов, А. И. Ермаков

Проанализированы возможные способы очистки зерна от трудноотделимых примесей. Предложена классификация технологического оборудования для очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей. Приводится описание конструкции разработанного каскадного вибропневмосепаратора для очистки и сортирования зерна по плотности с принципиально новыми конструктивными решениями, позволяющими повысить эффективность очистки и снизить потери годного зерна с примесями.

Введение

Одна из важнейших задач агропромышленного комплекса – устойчивое наращивание производства зерна, что позволит решить проблему надежного обеспечения населения продовольствием. На данном этапе для повышения урожайности зерновых культур и, как следствие, валового сбора зерна назрела необходимость модернизации устаревших технологий послеуборочной обработки зерна и подготовки семян.

Целесообразность применения того или иного зерноочистительного оборудования можно оценивать по многим критериям, основными из которых являются: производительность, коэффициент очистки от примесей, простота в эксплуатации, надежность и стоимость.

Проведенный анализ существующего оборудования позволяет сделать вывод, что на данный момент в Беларуси не существует достаточно эффективного оборудования, позволяющего выделять трудноотделимые примеси из зерновой массы. Поэтому разработка конструкции новой отечественной машины, позволяющей очищать зерновую массу от трудноотделимых примесей, – это необходимый этап в процессе совершенствования технологии очистки зерна и подготовки семенного материала.

Результаты исследований и их обсуждение

Зерно, поступающее в зерноочистительное отделение элеватора, семяобрабатывающего цеха или завода, как правило, содержит примеси, которые необходимо выделить на последующих этапах обработки. При этом наибольшие трудности возникают при очистке зерна от так называемых трудноотделимых примесей, геометрические размеры и аэродинамические свойства которых настолько близки к зерновкам основной культуры, что они не могут быть выделены стандартными способами при помощи ситовых сепараторов, триеров или воздушного потока. В Европе наиболее распространёнными примесями в зерновых культурах являются: средняя фракция рожков спорыньи в пшенице и ржи; комочки твердой головки в зерне ячменя; семена костра в зерне ржи; звенья дикой редьки в зерне гречихи и ячменя и т.д. [1,2].

Предприятия элеваторной промышленности, как правило, оснащены высокопроизводительным очистительным оборудованием для обработки зерна в потоке, но для выделения трудноотделимых примесей оно не подходит. Для отделения таких примесей применяется специальное зерноочистительное оборудование. Классификация технологического оборудования для выделения трудноотделимых примесей из зерновой массы приведена на рисунке 1.

Физико-геометрические и технологические свойства зерна и сорных растений изменяются в достаточно широких пределах и зависят от многих факторов: вида и сорта культуры, климатических условий, зоны произрастания, почвы, влажности зернового материала, культуры земледелия и других факторов. Сочетание отдельных физических свойств у зерна и различных видов примесей весьма разнообразны. Нередко даже существенного отличия какого-либо одного показателя физических свойств компонента примеси бывает недостаточно для удовлетворительного отделения его от зерновой смеси ввиду влияния других свойств

этого компонента. Для отделения такой примеси требуется использование комплекса признаков отличия от зерна.



Основной признак разделения частиц:

- -длина; ■ -упругость; ■ -коэффициент трения; ■ -толщина, ширина; ■ -плотность;
 ■ -скорость вращения; ■ -цвет; ■ -совокупность различных свойств

Рисунок 1 – Классификация технологического оборудования для выделения трудноотделимых примесей из зерновой массы

В таблице 1 приведены доверительные интервалы плотности некоторых компонентов, составляющих зерновую массу [1,2].

Таблица 1 – Интервалы варьирования плотности злаков и трудноотделимых примесей

| Компонент | Интервал варьирования плотности, г/см ³ |
|---------------------|--|
| Рожь | 1,20–1,30 |
| Пшеница | 1,33–1,53 |
| Ячмень | 1,23–1,28 |
| Спорынья | 1,00–1,20 |
| Головня | 1,00–1,20 |
| Семена костра | 1,15–1,27 |
| Семена дикой редьки | 0,60–0,95 |

Одним из признаков, по которым можно сортировать зерновую массу, является цвет. Для сортирования зерна по цвету применяют фотоэлектронные сепараторы. В зарубежной литературе все чаще приводятся сведения об их практическом применении и возможности сортирования этими аппаратами самых различных культур при помощи фотоэлементов (экранированием). Принципиальная схема работы фотоэлектронного сепаратора приведена на рисунке 2. Основные недостатки данных машин – это высокая стоимость, сложность в эксплуатации и обслуживании, сравнительно невысокая производительность (от 2 до 16 т/ч), в зависимости от разделяемого продукта, что делает недоступным использование данных аппаратов в отечественной зерноперерабатывающей промышленности. Исходя из этого, наиболее эффективное разделение зерновой массы и трудноотделимых примесей на наш взгляд можно проводить по различиям в плотности.

Наиболее эффективным оборудованием для разделения сыпучей смеси по плотности являются машины, работающие по вибропневматическому принципу действия. Данный принцип сепарирования, как показывает производственная практика, может обеспечить эффективное устойчивое расслоение зерновой смеси по совокупности различных свойств, с преобладанием плотности при сравнительно простом регулировании процесса в зависимости от культуры и дисперсного состава зерна. При переходе с сепарирования одной культуры на

другую не требуется замены ситовых поверхностей или триерных цилиндров, достаточно отрегулировать кинематические параметры сепаратора.



Рисунок 2 – Принципиальная схема работы фотоэлектронного сепаратора

Рабочий процесс вибропневматического сепарирования состоит из двух стадий:

- 1) Расслоение – характеризуется тем, что зерновая смесь под действием воздушного потока и колебаний расслаивается по плотности и массе частиц.
- 2) Разделение слоев на фракции по качественным признакам, она является завершающей [3].

Современные вибропневмотические машины можно классифицировать по способу разделения аэрируемых слоев на фракции на три класса аппаратов (рисунок 1): с прямоточным разделением; с противоточным разделением; с веерным разделением.

На данном этапе семяобработывающие предприятия Республики Беларусь для окончательной очистки семян от трудноотделимых примесей и сортирования семян по плотности используют вибропневмосепараторы с веерным разделением аэрируемых слоев на сетчатой деке (пневмостолы), которые обеспечивают производительность от 2 до 7 т/ч. Данное оборудование весьма сложно в эксплуатации и требует высокой квалификации обслуживающего персонала. При неправильной настройке хотя бы одного из параметров оно не способно выполнять свои функции.

За рубежом фирмой Samas разработан вибропневмосепаратор для очистки всех типов семян от трудноотделимых примесей. Он является прямоточным и оснащен двумя сепарирующими каналами. Фирма разработчик утверждает, что технология разделения Samas настолько точна, что можно разделять частицы с различиями плотностей всего 2%. В результате сепаратор фирмы Samas может работать с намного более низкими отклонениями размеров частиц, экономя до 25 % больше качественного продукта, чем на альтернативном оборудовании. Самым существенным недостатком данного сепаратора является его стоимость, при максимальной производительности всего 10 т/ч, она составляет 45000 долл. США.

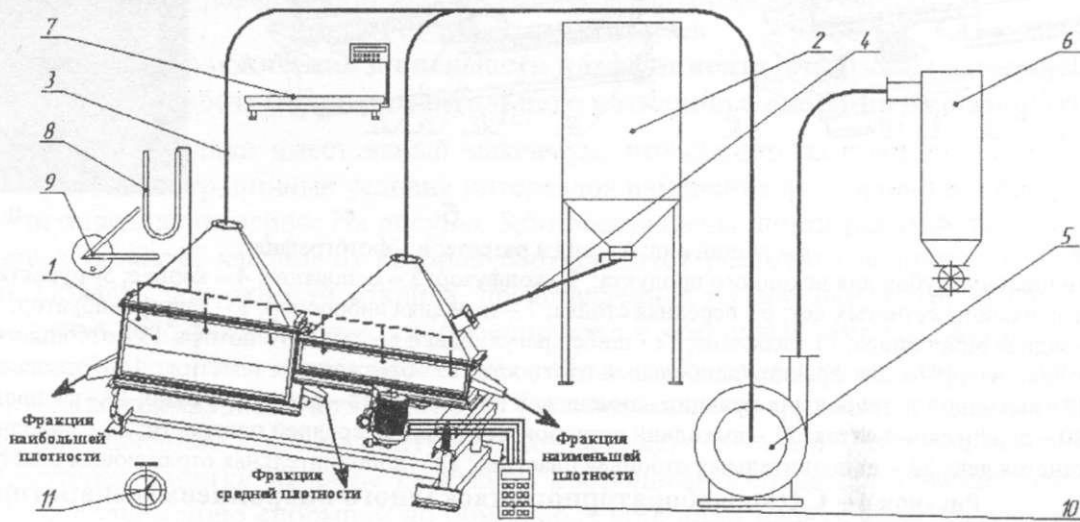
На основании анализа зерноочистительного оборудования можно сделать вывод, что создание отечественной высокоэффективной вибропневмотической машины для очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей – необходимый этап в рамках совершенствования технологии очистки семян и зерна.

Явления, происходящие в аэрируемом потоке зерновой смеси на вибрирующей шероховатой поверхности деки, совершающей поступательно-возвратные колебания, очень сложны. Объяснить это можно многочисленными связями движущихся частиц, взаимодействующих друг с другом, с воздушным потоком и с поверхностями, ограничивающими поток. Кроме того, изучение поведения сыпучей смеси, находящейся в состоянии псевдооживления на вибрирующей шероховатой поверхности, осложняет многообразие факторов, влияющих на дан-

ный процесс: угол наклона сетчатой деки, направление действия добавочной силы от электровибраторов, амплитуда колебаний, нагрузка на сетчатую деку, длина ситовой поверхности, равномерность распределения скоростей воздушного потока, частота колебаний сетчатой деки. Для изучения процесса вибропневматического сепарирования семян ржи был разработан экспериментальный стенд, представленный на рисунке 3.

Для экспериментальных исследований процесса вибропневматического сепарирования в качестве основных кинематических параметров выбраны следующие характеристики: угол наклона сетчатой деки к горизонту (α , град.); направление действия добавочной силы от электровибраторов (β , град.); – разряжение внутри вибропневматического сепаратора (Н, Па.); – частота колебаний деки (n, кол/мин); амплитуда колебаний (А, м.).

В качестве основных выходных функций исследовались такие показатели, характеризующие эффективность работы вибропневмосепаратора, как производительность и коэффициент очистки зерновой массы.



1- лабораторный вибропневмосепаратор; 2 - загрузочный бункер; 3 –воздуховод; 4 – материалопровод; 5 - вентилятор ВЦП-3; 6 - циклон БЦШ-3; 7 - весы электронные ВТНт-15; 8- U-образный манометр; 9 - угломер оптический ОУМ-3; 10 - частотный преобразователь тока Delta VFD-B; 11 - секундомер

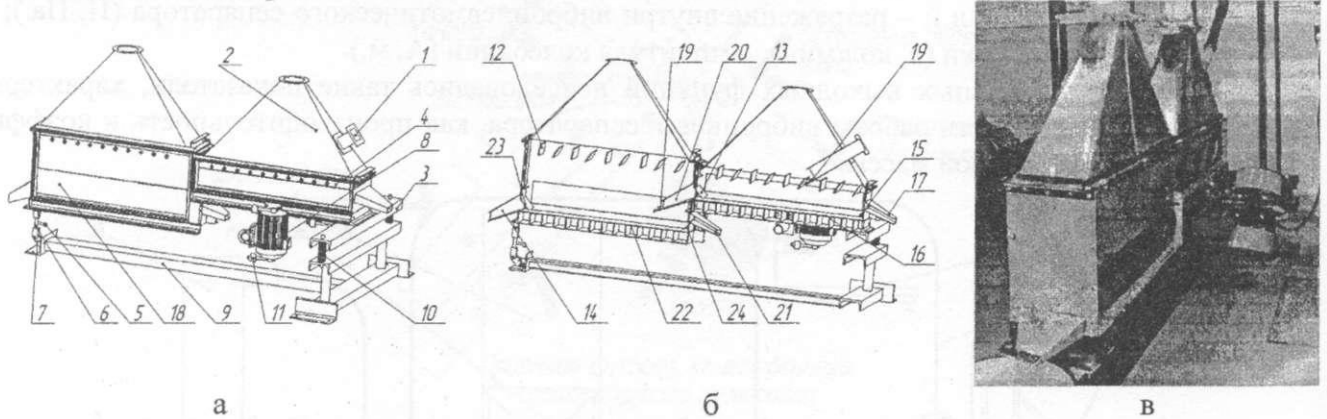
Рисунок 3 – Схема экспериментального стенда

Основным звеном экспериментального стенда является разработанный лабораторный каскадный вибропневмосепаратор для сортирования сыпучих продуктов по плотности, схема и общий вид которого представлены на рисунке 4.

Каскадный вибропневмосепаратор работает следующим образом. Зерновая масса из бункера ёмкостью 250 кг самотёком подаётся в загрузочный патрубок для исходного продукта 1, закреплённый на конфузоре 2. Равномерность распределения зерновой массы по ширине дек 16, 22 обеспечивается при помощи распределителей зерна 19. Нагрузка на сетчатые деки регулируется от 0 до 20 кг/мин путём изменения зазора между стенкой выпускного патрубка бункера и регулировочной задвижкой. Основной 16 и дополнительной 22 сетчатым декам, установленным на задние 10 и переднюю 6 виброопоры через основание 3, при помощи двух спаренных электровибраторов 8 придают продольно-колебательное движение и одновременно продувают воздушным потоком, благодаря чему происходят два параллельных процесса: перемещение сыпучей смеси вдоль сетчатых дек 16, 22 и самосортирование компонентов смеси по плотности. Сыпучая смесь делится по плотности, причем более плотная фракция, соприкасаясь с основной сетчатой декой 16, движется к перепускному лотку 20 и, проходя в зазор между отбойной пластиной 13, закрепленной перед перепускным лотком 20 и основной сетчатой декой 16, попадает на дополнительную сетчатую деку 22. Менее плотная фракция в процессе самосортирования на основной сетчатой деке 16 поднимается на поверхность основной массы сыпучего продукта и под воздействием вибрации перемещается в сторону наи-

большого ската к выходному патрубку для фракции наименьшей плотности 17, где она задерживается отражающей пластиной 15, а затем выводится из аппарата.

Продукт, поступающий на дополнительную сетчатую деку 22, продолжает самосортироваться по плотности. Менее плотные частицы поднимаются на поверхность массы сыпучего продукта и перемещаются в сторону выходного патрубка для фракции средней плотности 21, где выводятся из аппарата. Более плотные частицы из попавших на дополнительную сетчатую деку 20, движутся по ней к выходному патрубку для фракции наибольшей плотности 14 и выводятся из аппарата.



а – общий вид; б – вид в разрезе; в – фотография;

1- загрузочный патрубок для исходного продукта; 2 – конфузор; 3 – основание; 4 – корпус; 5- рукоятка регулировки угла наклона сетчатых дек; 6 - передняя стойка; 7 – передняя виброопора; 8 – электровибратор; 9 – станина; 10 – задняя виброопора; 11- дебаланс; 12 - шибер регулировки воздушного потока; 13 - отбойная пластина; 14 - выходной патрубок для фракции наибольшей плотности; 15 –отражающая пластина; 16 – основная сетчатая дека; 17 - выходной патрубок для фракции наименьшей плотности; 18 - смотровое окно; 19 - распределитель зерна; 20 – перепускной лоток; 21 – выходной патрубок для фракции средней плотности; 22 – дополнительная сетчатая дека; 23 – дополнительная отбойная пластина; 24 – дополнительная отражающая пластина

Рисунок 4 – Схема лабораторного каскадного вибропневмосепаратора для сортирования сыпучих продуктов по плотности

Кинематические параметры и производительность определяются качеством зерновой массы. Равномерность распределения воздушного потока обеспечивается регулирующими шиберами 12. На корпусе 4 вибропневмосепаратора с обеих сторон расположены прозрачные плексигласовые смотровые окна 18, предназначенные для визуального контроля процесса. При вращении электровибраторы 8 с закреплёнными на них эксцентриковыми грузами (дебалансами) 11 создают вибрацию с частотой и амплитудой, определяемой частотой вращения электровибраторов 8 и величиной возмущающей силы, зависящей от массы дебалансных грузов 11. Данный вибропневмосепаратор совмещает в своей конструкции две сетчатые деки, расположенные последовательно, и является аппаратом с противоточным разделением слоев, что обуславливает его более высокую эффективность и производительность по сравнению с аппаратами веерного и прямоточного разделения. А также, что немаловажно, обеспечивает простоту настройки кинематических параметров и снижает требования к квалификации обслуживающего персонала. Для предварительной оценки эффективности работы лабораторного каскадного вибропневмосепаратора была проведена серия экспериментов с двойной очисткой зерна от трудноотделимых примесей на экспериментальном вибропневмосепараторе конструкции с одной декой. В качестве выходной функции был исследован такой показатель, характеризующий эффективность работы вибропневмосепаратора, как коэффициент очистки от трудноотделимой примеси. При проведении эксперимента рожь искусственно засорялась рожками спорыньи до концентрации 1%, что эмитировало некондиционную по содержанию трудноотделимой примеси зерновую массу, с различием плотностей разделяемых компонентов не превышающей 13%. На рисунке 5,а представлена графическая зависимость коэффициента очистки от величины угла наклона сетчатой деки и направления действия добавочной силы при частоте вращения электровибраторов $n=1150$ кол/мин и избыточном давлении в первой рабочей камере $H=410$ Па.

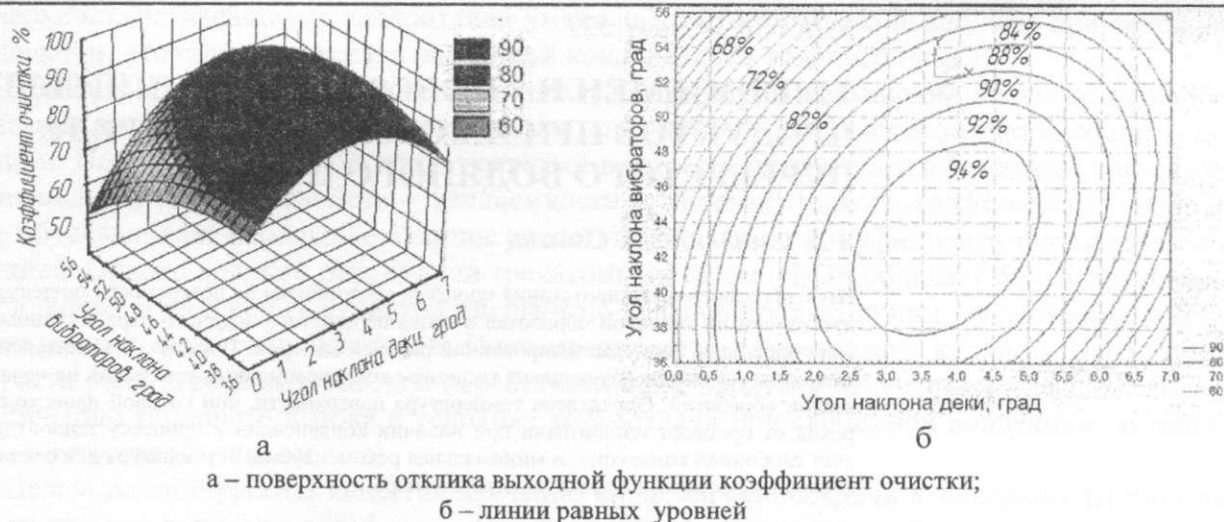


Рисунок 5 – Графические зависимости коэффициента очистки от кинематических параметров работы экспериментального каскадного вибропневмосепаратора

Поверхность отклика имеет явный максимум, что свидетельствует о том, что процесс стабилизировался и граничные условия интервалов изменения факторов для проведения эксперимента определены верно. На рисунке 5,б представлены линии равных уровней, которые отображают области, каждой из которой соответствует различная величина коэффициента очистки. Область поверхности отклика, представленная на рисунке, которой соответствует максимальный коэффициент очистки, проецируется в замкнутый контур. Данный контур определяет наиболее оптимальные параметры работы вибропневмосепаратора с точки зрения обеспечения максимального коэффициента очистки зерна от трудноотделимых примесей. В области, обозначенной данным контуром, коэффициент очистки максимален и составляет 96%. Повторная очистка зерна на каскадном вибропневмосепараторе обеспечивает доведение ржи по содержанию спорыньи до помольных кондиций практически на всех режимах с потерями годного зерна 5–6%.

Заключение

Проанализированы возможные способы очистки зерна от трудноотделимых примесей, на основании чего разработана классификация технологического оборудования для очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей. Описан разработанный лабораторный каскадный вибропневмосепаратор для очистки и сортирования зерна по плотности с принципиально новыми конструктивными решениями, которые обеспечивают повышение эффективности очистки и снижение потерь годного зерна с примесями. Полученные результаты вибропневмосепарирования зерновой массы на каскадном вибропневмосепараторе позволяют судить о высокой эффективности примененных в конструкции каскадного вибропневмосепаратора технических решений и целесообразности проведения дальнейших исследований.

Литература

1. Иванов, А.В. Очистка ржи от спорыньи на экспериментальном вибропневмосепараторе / Иванов А.В., Поздняков В.М., Рукшан Л.В. / Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады международной научно-практической конференции, Минск, 12–13 июня 2008 г. / УО «БГАТУ». – Минск, 2008. – С. 162–166 (Часть 2).
2. Дрогалин, К.В. Очистка семян от трудноотделимых примесей / К.В. Дрогалин, Б.В. Жиганков, М.В. Карпов. – Москва: Колос, 1978. – 127 с.
3. Процессы и аппараты пищевых производств: учебн. для вузов: в 2кн.; под ред. А.Н. Острикова. – кн.1. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 704 с.

Поступила в редакцию 11.11.2009