

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СЕМЯН ОТ ВРЕДНЫХ ТРУДНООТДЕЛИМЫХ ПРИМЕСЕЙ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ ВИБРОПНЕВМОСЕПАРАТОРА С ОПТИМАЛЬНЫМИ КОНСТРУКТИВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

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

Приведены результаты экспериментальных исследований процесса очистки семян тритикале и ржи от спорыньи на лабораторном вибропневмосепараторе. Проведен анализ влияния режимных и конструктивных параметров сепаратора на процесс вибропневмосепарирования и определены оптимальные, с точки зрения эффективности очистки, конструктивные параметры машины. Разработана конструкция опытного вибропневмосепаратора для очистки семян, позволяющая повысить эффективность процесса очистки.

Введение

Технологический процесс очистки семян занимает важное место на зерноперерабатывающих предприятиях, т.к. семена являются основой будущего урожая, а посев высококачественных семян – самый эффективный способ увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Удаление из семян вредных трудноотделимых примесей, отличающихся от основной культуры меньшей плотностью (спорыньи, головни), является обязательной стадией технологического процесса их очистки.

Проведенный анализ существующего зерноочистительного оборудования позволяет сделать вывод, что на данный момент в Республике Беларусь не существует достаточно эффективных машин, позволяющих удалять из зерновой массы вредные трудноотделимые примеси. Поэтому проведение исследований, направленных на создание высокоэффективных машин для очистки семян от вредных трудноотделимых примесей, – необходимый этап в процессе совершенствования технологии по очистке, хранению и подготовке семян.

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время в Республике Беларусь сев преимущественно производят семенами «элиты» и «суперэлиты», к которым в соответствии с требованиями СТБ 1073-97 предъявляются жесткие требования как по сортовой чистоте и всхожести, так и по содержанию вредных примесей. Основной такой примесью являются рожки спорыньи: в элитных семенах ржи их содержание не должно превышать 0,03 %, а тритикале – 0,01 %. Данные требования связаны с тем, что наличие рожков спорыньи в семенах может приводить к гибели до 30 % урожая.

Анализ литературных данных показал, что большинство семян тритикале и ржи, выращенных элитопроизводящими хозяйствами нашей Республики в период с 2005 г. по 2010 г., не соответствовали требованиям стандарта и нуждались в очистке. Полученные данные свидетельствуют о том, что среднее содержание рожков спорыньи в семенах данных культур не опускалось ниже 0,05 %, что почти в 2 раза выше допустимых норм для элитных семян ржи и в 5 раз – тритикале. Следует отметить, что в отдельных партиях семян, содержание рожков спорыньи превышало допустимые значения: в семенах ржи – в 6 раз, а в тритикале – в 20 раз.

Основной проблемой очистки семян тритикале и ржи от рожков спорыньи является то, что размеры рожков находятся в достаточно широких пределах и полностью перекрывают весь интервал варьирования размеров зерновок тритикале и ржи. Очистка семян на воздушно-ситовых сепараторах и триерах позволяет выделить лишь частично

«крупную» и «мелкую» фракции спорыньи, а ее «средняя» фракция полностью остается в зерновой массе, и для ее выделения необходимо использовать специальные зерноочистительные машины. В настоящее время на большинстве зерноочистительных комплексах Республики Беларусь очистку семян проводят на сепараторе Petkus K531, который предназначен для обработки сырых зерновых и масличных культур одним проходом в посевной материал, с предписанной для посева чистотой. Данная машина удачно сочетает в своей конструкции воздушно-ситовой сепаратор и триерный блок, которые смонтированы на одной станине. Однако, как показала практика ведущих хозяйств нашей страны, зачастую, чтобы довести семена до высоких посевных кондиций, приходится пропускать их по два, а то и по три раза через машину, что ведет к дополнительным финансовым затратам и снижает качество посевного материала из-за травмирования семян. На основании анализа физико-химических свойств зерновок тритикале, ржи и рожков спорыньи очистка по различию плотностей признана наиболее перспективной. Разница в плотности рожков спорыньи и зерновок основной культуры составляет 9 % – 14 %. Наиболее эффективным оборудованием для разделения сыпучих смесей по плотности являются машины, работающие по вибропневматическому принципу действия. Однако существующие вибропневматические машины при доведении семян до посевных кондиций работают недостаточно эффективно, выводя более 20 % семян с фракцией примеси, что существенно снижает конечный выход семян и доходы производителей. Наиболее эффективной разработкой в области вибропневматических машин можно считать отечественный вибропневмосепаратор с противоточным разделением аэрируемых слоев и периодическим выводом фракции примеси, разработанный для выделения рожков спорыньи из ржи [1]. Вибропневмосепаратор способен выделять фракцию, отличающуюся по плотности от основной культуры всего на 8 %, что свидетельствует о высокой эффективности примененных в нем технических решений при разделении сыпучих смесей, компоненты которых незначительно отличаются по плотности. Высокий технологический эффект в данной машине достигается благодаря использованию в конструкции отбойной и отражающей пластин [2].

Однако в работе [2] не изучалось влияние конструктивных параметров вибропневмосепарирующих машин на эффективность разделения сыпучих смесей по плотности. Проведение теоретических и экспериментальных исследований в данном направлении позволит создать вибропневмосепаратор, способный более эффективно очищать семена от вредных трудноотделимых примесей.

Вибропневматическое сепарирование, реализуемое в зерноочистительных машинах, можно представить в виде двух одновременно протекающих процессов:

- расслоения, которое характеризуется тем, что частицы зерновой смеси, отличающиеся по плотности, под действием воздушного потока, колебаний и силы тяжести перемещаются в различные слои смеси;
- вывод из машин, полученных в ходе расслоения фракций.

Анализ литературных данных показал, что процесс расслоения зависит, в основном, от режимных параметров работы сепарирующих машин (угла наклона сетчатой деки к горизонту, амплитуды колебаний, направления колебаний, скорости воздушного потока в рабочей камере, распределения скоростей воздушного потока). Раздельный вывод полученных в ходе расслоения разнородных фракций обеспечивается конструктивными параметрами вибропневмосепарирующих машин. Следовательно, эффективность работы зерноочистительной машины зависит от сочетания ее режимных и конструктивных параметров.

Для исследования процесса очистки семян от рожков спорыньи был создан экспериментальный стенд, основным звеном которого является разработанный лабораторный вибропневмосепаратор для очистки семян [3].

Целью первого этапа исследований являлось определение оптимальных режимных параметров работы разработанного вибропневмосепаратора. Для этого был спланиро-

ван и проведен многофакторный эксперимент по плану 2^4 со звездой по очистке семян ржи и тритикале от рожков спорыньи. Режимные параметры работы сепаратора варьировались в следующих интервалах: угол наклона сетчатой деки к горизонту $\alpha=4,5-5,5^\circ$; угол действия добавочной силы от электровибраторов $\beta=40-50^\circ$; скорость воздуха в рабочей камере вибропневмосепаратора $v_B=0,75-1,1$ м/с; угловая частота колебаний сетчатой деки $\omega=105-157$ рад/с (частота вращения роторов электровибраторов $n=1000-1500$ об/мин). Амплитуда колебаний машины и высота слоя продукта у приподнятого края деки поддерживались постоянными, соответственно 2 и 50 мм. В качестве выходных функций были выбраны следующие показатели, характеризующие эффективность процессов расслоения и вибропневмосепарирования, скорость расслоения («всплытия») рожков спорыньи u_y , производительность машины Q и коэффициент очистки семян E .

При определении скорости расслоения частица спорыньи щипцами погружалась в зерновую массу и размещалась на поверхности деки сепаратора, после чего секундомером замерялось время «всплытия» частицы на поверхность зерна. Расчет скорости расслоения проводился по выражению

$$u_y = \frac{h_y}{\tau_y},$$

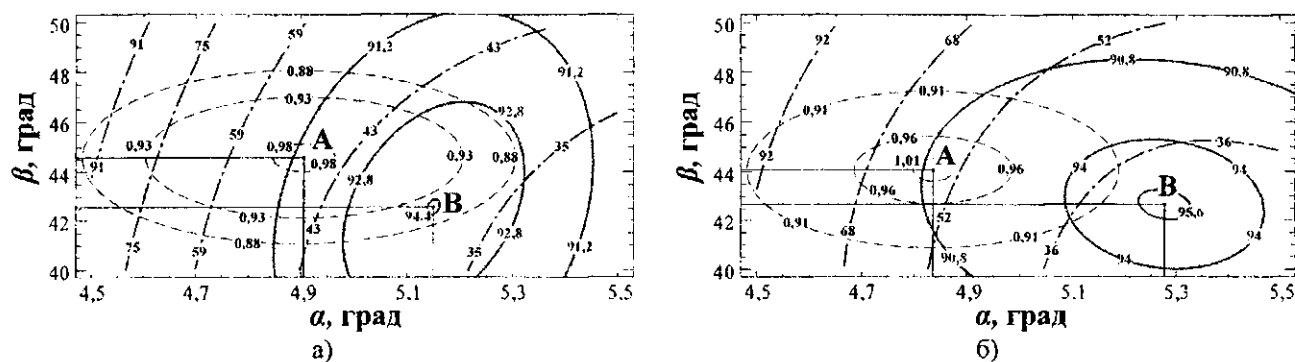
где u_y – скорость расслоения, м/с;

h_y – высота слоя сыпучей смеси в месте всплытия частицы, м;

τ_y – время «всплытия» частицы, с.

Для определения коэффициента очистки семян и производительности машины семена искусственно засорились рожками спорыньи до концентрации 1 %, что эмитировало некондиционную по содержанию трудноотделимой примеси зерновую массу.

После обработки результатов эксперимента построен ряд графических зависимостей, описывающих влияние режимных параметров работы сепаратора на выходные функции [4]. На рисунке 1 представлены линии равных уровней поверхностей отклика выходных функций от угла наклона сетчатой деки к горизонту α и угла действия добавочной силы от электровибраторов β , при $v_B=0,925$ м/с, $\omega=130,8$ рад/с.



а) – семена ржи; б) – семена тритикале;

--- – скорость расслоения $u_y, 10^{-3}$ м/с; ————— – коэффициент очистки $E, \%$

- · - · - · – производительность $Q, \text{кг/ч}$

Рисунок 1 – Линии равных уровней поверхностей отклика u_y, Q и E

Из рисунка 1 видно, что режимам с максимальной скоростью расслоения (точки А) не соответствуют режимы с максимальным коэффициентом очистки (точки В), т.е. при максимально эффективном протекании процесса расслоения общая эффективность работы машины снижается. При этом производительность сепаратора в точках А и В различается в зависимости от культуры на 30 % – 50 %. Это говорит о том, что процесс вывода полученных в ходе расслоения фракций, обеспечиваемый соотношением конструктивных параметров вибропневмосепаратора, протекает недостаточно эффективно и имеется возможность увеличения производительности машины при обеспечении максимального коэффициента очистки.

Второй этап исследований заключался в изучении влияния конструктивных параметров лабораторного вибропневмосепаратора на эффективность очистки. При этом режимные параметры были зафиксированы на значениях, соответствующих режимам с максимальной скоростью расслоения: для семян ржи – $\alpha=4,9^\circ$, $\beta=44,5^\circ$, $\omega=130,8$ рад/с ($n=1250$ мин⁻¹), $v_B=0,925$ м/с; для семян тритикале – $\alpha=4,85^\circ$, $\beta=44^\circ$, $\omega=125,6$ рад/с ($n=1200$ мин⁻¹), $v_B=0,925$ м/с. Факторами варьирования в интервалах были выбраны следующие конструктивные параметры: угол установки отбойной пластины $\gamma=125-170^\circ$; зазор между отражающей пластиной и декой $h=20-60$ мм; угол установки отражающей пластины $\varphi=125-170^\circ$. В качестве выходной функции был исследован основной показатель, характеризующий эффективность очистки семян – коэффициент очистки E . Эксперимент по изучению влияния конструктивных параметров сепаратора на эффективность очистки проводился по плану 2^3 со звездой.

После обработки опытных данных построены графические зависимости, описывающие влияние конструктивных параметров работы сепаратора на коэффициент очистки семян. На рисунке 2 представлены поверхности отклика коэффициента очистки семян E от угла установки отбойной пластины γ и зазора h , при $\varphi=147,5^\circ$. Поверхности отклика коэффициента очистки семян имеют явные максимумы в точках С. Наличие явных максимумов у поверхностей отклика свидетельствует о том, что процесс стабилизировался и граничные условия интервалов варьирования конструктивных параметров для проведения эксперимента были выбраны корректно.

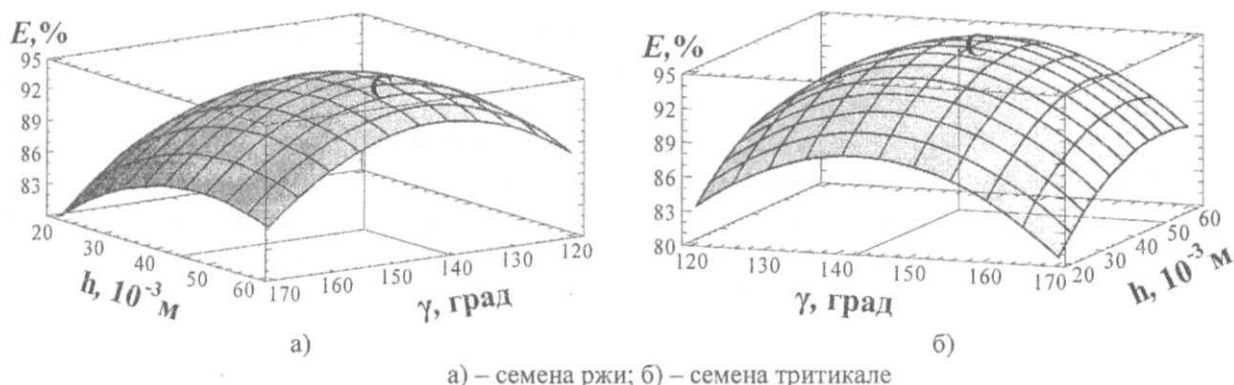


Рисунок 2 – Поверхности отклика коэффициента очистки от угла установки отбойной пластины γ и зазора h , при $\varphi=147,5^\circ$

На рисунке 3 представлены линии равных уровней поверхностей отклика коэффициента очистки от угла установки отбойной пластины γ и зазора h , при $\varphi=147,5^\circ$.

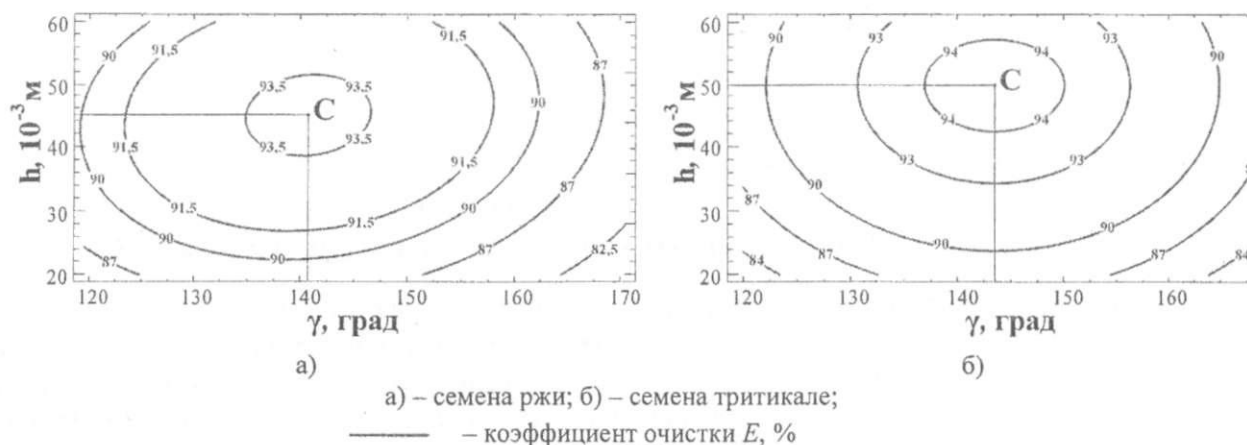


Рисунок 3 – Линии равных уровней поверхностей отклика коэффициента очистки от угла установки отбойной пластины γ и зазора h , при $\varphi=147,5^\circ$

Из рисунка 3 видно, что максимальный коэффициент очистки E , % (точки С) обеспечи-

ваются при следующих значениях конструктивных параметров: для семян ржи $E=93,5\%$ – $\gamma=141^\circ$, $h=46$ мм, $\varphi=147,5^\circ$; для семян тритикале $E=94\%$ – $\gamma=143^\circ$, $h=50$ мм, $\varphi=147,5^\circ$.

Таким образом, при установке отбойной и отражающей пластин лабораторного вибропневмосепаратора с оптимальными параметрами, обеспечивающими максимальный коэффициент очистки, линии равных уровней поверхностей отклика u_y , Q и E от угла наклона сетчатой деки к горизонту α и угла действия добавочной силы от электровибраторов β , при $v_B=0,925$ м/с, $\omega=130,8$ рад/с, примут вид, представленный на рисунке 4.

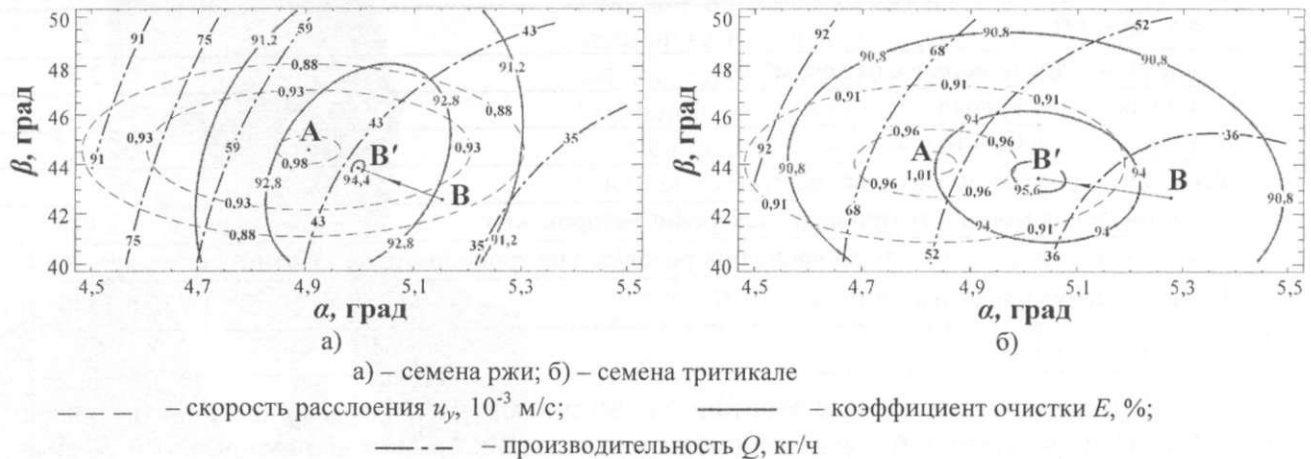


Рисунок 4 – Линии равных уровней поверхностей отклика u_y , Q и E при оптимальных конструктивных параметрах

Из рисунка 4 видно, что максимальный коэффициент очистки достигается в точках В'. Сравнительный анализ линий равных уровней поверхностей отклика u_y , Q и E , представленных на рисунках 1 и 4, позволяет сделать вывод, о том что установка отбойной и отражающей пластин сепаратора с оптимальными параметрами, позволяет увеличить производительность машины, в зависимости от культуры, на 18 % – 25 % при обеспечении максимального коэффициента очистки.

На основании результатов экспериментальных исследований разработан опытный вибропневмосепаратор для удаления из зерновой массы вредных трудноотделимых примесей, отличающихся от зерна меньшей плотностью (спорынья, головня) и сортирования семян на фракции, различающиеся плотностью. Общий вид разработанной машины представлен на рисунке 5.

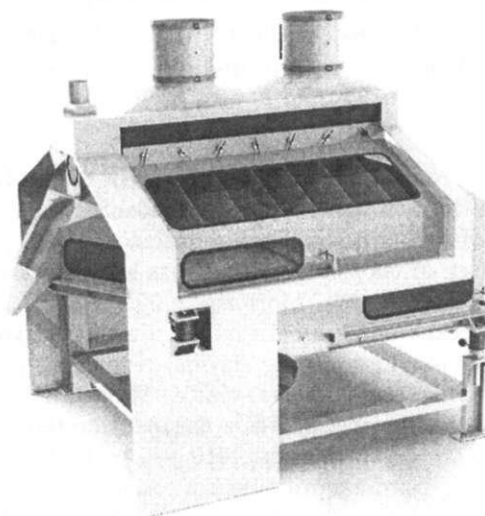


Рисунок 5 – Общий вид опытного вибропневмосепаратора для очистки семян

Наиболее целесообразно устанавливать данное оборудование в линиях для очистки семян после воздушно-ситовых сепараторов и триеров. Вибропневмосепаратор совмещает в

своей конструкции две сетчатые деки, расположенные последовательно и является машиной с противоточным разделением слоев, что обуславливает его более высокую эффективность и производительность по сравнению с машинами схожего принципа действия. Технические характеристики сепаратора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики опытного вибропневмосепаратора

Параметры	Значение
Максимальная производительность, т/ч	4
Число дек, шт.	2
Общая площадь поверхности дек, м ²	2,7
Угол наклона дек, град	1–7
Амплитуда колебаний, мм	2–2,5
Расход воздуха (не более), тыс. м ³ /ч	11
Установленная мощность привода электровибраторов, кВт	2×0,6
Диапазон регулировки частоты вращения роторов электровибраторов, об/мин	800–1650
Габаритные размеры, мм (д×ш×в)	2260×1730×2075
Масса (не более), кг	520

Эффективность работы разработанной машины зависит от равномерности подачи и распределения исходной зерновой смеси по декам, настройки аспирационного режима, а также от параметров колебаний дек.

Последовательная очистка семян на двух деках лабораторного вибропневмосепаратора обеспечивает коэффициент очистки семян от рожков спорыньи 94 % – 95 %, выход семян с фракцией примеси составляет не более 6 %, что позволяет судить о его высокой эффективности и об экономической целесообразности использования результатов исследований в зерноперерабатывающей промышленности.

Заключение

Проведенные исследования и анализ влияния режимных и конструктивных параметров сепаратора на процесс вибропневматической очистки семян тритикале и ржи от рожков спорыньи позволили определить оптимальные, с точки зрения эффективности очистки, конструктивные параметры машины, что обеспечило увеличение ее производительности, в зависимости от культуры, на 18 % – 25 % при сохранении максимального коэффициента очистки. На основании результатов исследований разработана конструкция опытного вибропневмосепаратора для очистки семян от вредных трудноотделимых примесей, позволяющая повысить эффективность процесса очистки.

Литература

- 1 Вибропневмосепаратор: пат. №14105 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 07 В 4/00 / А.В.Иванов, В.М. Поздняков, А.И. Ермаков; заявитель Могилёвский гос. ун-т продовольствия. – № а20081638; заявл. 18.12.08.; опубл. 28.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – №1. – С. 84–85.
- 2 Поздняков, В.М. Очистка ржи от спорыньи на машинах вибропневматического принципа действия: дис. ... к-та тех. наук: 05.18.12 / В.М. Поздняков. – Могилев, 2009. – 194 с.
- 3 Иванов, А.В. Технологические особенности очистки семян злаковых культур в Республике Беларусь / А.В. Иванов, А.И. Ермаков, В.М. Поздняков // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2010г.: в 2 т./ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П.П.Казакевич (гл. ред.), О.О.Дударев. – Минск, 2010. – Т.1 – С.191–196.
- 4 Иванов, А.В. Повышение эффективности очистки семян злаковых культур от трудноотделимых примесей на основе создания новых конструкций машин / А.В. Иванов, А.И. Ермаков, В.М. Поздняков // Агронарама. – 2011. – № 3. – С. 20–23.

Поступила в редакцию 23.09.2011