

Литовка С.В.

Харьковский национальный
технический университет
сельского хозяйства
имени Петра Василенка
г. Харьков, Украина
E-mail: litovkasvjjob@gmail.com

ОБЗОР, КЛАССИФИКАЦИЯ И
ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОСЕПАРАТОРОВ
ДЛЯ ОЧИСТКИ СЕМЯН И ЗЕРНА
ОТ ПРИМЕСЕЙ

УДК 621.928

Рассмотрены основные способы очистки семян и зерна от примесей, в том числе один из наиболее прогрессивных – фотосепарация. Представлена классификация оптических фотосепараторов и определены основные элементы системы для обеспечения эффективной очистки продукции. Проведен анализ методов цифровой обработки изображений для идентификации примесей.

Ключевые слова: фотосепарация, очистка семян и зерна, методы обработки изображений, классификация оптических фотосепараторов.

Введение. Повышение качества сельскохозяйственной продукции и лесосеменного материала является одной из основных проблем сельскохозяйственного и лесного комплексов. Качество зерна и семян как объекта переработки и хранения зависит от его видовых и сортовых особенностей [1]. Зерновая масса, поступающая на предприятия переработки, содержит в своем составе не только зерна основной культуры, но и сорные и зерновые примеси, минеральные и металлические частицы и микроорганизмы. Поэтому при обработке зерна огромное влияние уделяется очистке зерновой массы.

Анализ публикаций. Технология очистки зерновой смеси включает предварительную (от грубых примесей), основную и дополнительную очистку на специальных технологических машинах. Процесс очистки и сортировки семян основан на использовании основных свойств и признаков состава смеси: аэродинамических свойств, размеров, удельной массы, состояния поверхности, различия формы семени. Семяочистительные машины и сортировочные установки по своему принципу работы обеспечивают использование одного или нескольких признаков для отделения семян от примесей и разделения по фракциям [1].

В табл. 1 приведены основные виды примесей, способы их удаления и примеры оборудования.

Таблица 1

Основные примеси и способы их удаления [2]

Примеси	Способ удаления	Применяемое оборудование
Крупные и мелкие (по ширине и толщине)	Сепарирование на ситах с круглыми или продолговатыми отверстиями	Ситовые сепараторы с плоскими и цилиндрическими ситами, воздушно-ситовые сепараторы, барабанные скальператоры
Легкие и мелкие (по аэродинамическим свойствам)	Пневмосепарирование	Воздушные сепараторы, пневмосепарирующие каналы, аспирационные колонки
Короткие и длинные	Ячеистое сепарирование	Цилиндрические и дисковые триеры
Металломагнитные	Сепарирование в магнитном поле	Магнитные сепараторы с постоянным магнитом или электромагнитные
Минеральные и другие тяжелые примеси	Сепарирование по плотности	Вибропневматические камнеотделительные машины, гидравлические сепараторы

При этом важной проблемой остается присутствие в зерновой массе так называемых трудноотделимых примесей, которые мало отличаются от зерен основной культуры геометрическими размерами, аэродинамическими и другими свойствами. Кроме того, для эффективной очистки семян необходимо удаление семян с заражениями и болезнями, удаление обрубленных, щуплых, неполных семян [3].

Наиболее прогрессивным методом удаления трудноотделимых примесей является фотосепарация.

Цель работы. Целью данной работы является анализ оптических фотосепараторов (ОФС), их классификация и определения основных элементов системы для эффективной очистки сельскохозяйственной продукции и лесосеменного материала.

Основная часть. ОФС – оборудование позволяющее осуществлять сортировку любого сыпучего материала, основываясь на его физических свойствах. Данная техника сортирует продукты по двум ключевым группам признаков.

Первая – геометрические. Это размер, форма, площадь объекта, наличие сколов, трещин, других дефектов и т.п.

Вторая группа – цветовые признаки. То есть, это сам цвет, оттенки, яркость продукта и др.

ОФС выпускается следующими производителями: Bühler (Швейцария), Satake (США-Япония), Sea (Италия), Daewon Csi (Южная Корея), Nanta Ace (Южная Корея), Marc Promech Industries (Индия), Orange Sorting Machines (Индия), Redwave (Австрия), MSS (США), Oltermare (Италия), Meyer (КНДР), Hongshi High-tech (КНДР), Воронежсельмаш (Россия), CSort (Россия).

Оптические фотосепараторы (ОФС) получили распространение в сельском хозяйстве: для сортировки зерна, продукции перерабатывающих и пищевых производств; в лесном комплексе: для сортировки семян, лесной продукции (ягоды, грибы, орехи), топливной и технологической щепы, биомассы.

Применение данных устройств не ограничивается только представленными областями, ОФС широко используются для сортировки горнодобывающей продукции, медицинской и химической промышленности, рециклинге отходов (сортировка стеклобоя, пластика, бумаги, металла).

Принцип работы ОФС основан на технологии высокоскоростного линейного сканирования, фотообработки сортируемого материала и дальнейшего удаления распознанных примесей.

Рассмотрим принципиальную схему работы ОФС (см. рис 1). ОФС состоит из следующих узлов: приёмного бункера 1; вибрационного лотка 3, который производит подачу материала на основной лоток 2 и его распределение по ширине; в случае использования ленточного конвейера 10 вибрационный лоток 3 может отсутствовать; далее материал попадает в зону оптикоэлектронных сенсоров или зону обследования, которая снабжена лампами 4, анализатором светового потока (камера) 5 и фоновым экраном 6, здесь выполняется анализ и оптическое разделение продукции, пользуясь их разным цветом, формой или размером; после чего система контроля выдает команду на включение/выключение механических приборов отделения (чаще всего используют пневмоклапаны 7), клапанами производится отсечка отсортированного потока в отдельные приемные камеры 8, 9.

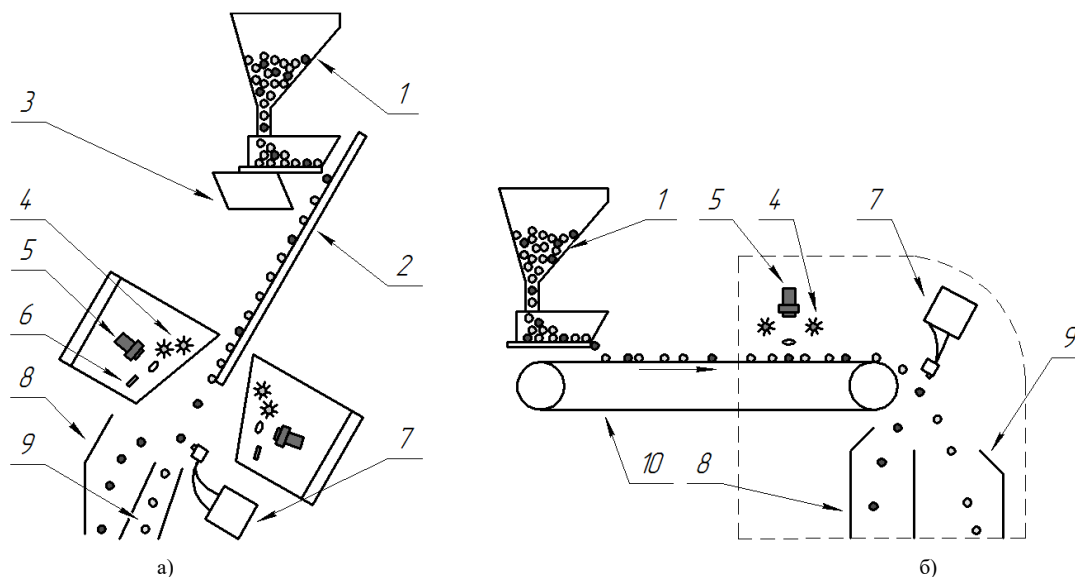


Рис. 1 – Схема оптического фотосепаратора лоткового (а) и конвейерного (б) типа подающего устройства:

1 – бункер, 2 – лоток, 3 – вибратор, 4 – источник освещения, 5 – камера, 6 – фоновый экран,
7 – блок пневмоклапанов, 8 – камера с отходом, 9 – камера с очищенной продукцией, 10 – ленточный конвейер)

На схеме не показан блок анализа изображений, в основном состоящий из компьютерного и прикладного программного обеспечения, который является ядром системы идентификации примесей.

Для более глубокого понимания конструктивных особенностей ОФС произведем его классификацию по следующим признакам: по конструктивным параметрам, по технологическим параметрам.

По конструктивным параметрам ОФС классифицируются:

1. По конфигурации элементов: по количеству анализаторов светового потока, по количеству источников излучения, по количеству подающих органов, по количеству вибраторов, по количеству механизмов отделения, по количеству приемных камер.

2. По типу анализатора светового потока: сенсоры (фотоэлементы), CCD/CMOS камеры.

3. По типу камер: RGB (цветной) сканер, NIR (near-infrared) сканер, моно- и бихромные сканеры, X-Ray сканеры.

4. По типу источника излучения: моно-, би- и полихромные, инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские.

5. По типу подающих устройств: лотковые (гладкие, канальные, двухслойные), конвейерные.

6. По типу механизма отделения примесей: пневмоклапаны, механические ударники, форсунки.

По технологическим параметрам ОФС классифицируются:

1. По производительности.

2. По технологии сортировки: первичная, повторная и обратная.

3. По параметру сортируемого материала: цвет, размер, форма, плотность, структура.

4. По принципу подачи в зону анализатора: направленное падение, управляемое перемещение.

5. По принципу отделения примесей: пневматический, механический, гидравлический.

6. По виду сортируемой культуры: специальные, универсальные.

7. По подаче исходного материала в зону анализа: однослойный поток, двухслойный поток, дозированная подача.

8. По типу метода обработки оптического сигнала: нейросетевое распознавание, идентификация объектов на изображении, цветовой анализ, комбинированный.

В зависимости от типа сортируемого продукта в ОФС наблюдаются некоторые конструктивные отличия. Так сортировка продуктов, содержащих камешки, стекло, примеси одинаковые по цвету с годным продуктом – возможна при наличии камеры, работающей в ИК спектре – либо InGaAs, либо NIR камеры.

Принцип работы различных ОФС схож. Отличаются они зачастую устройством оптической системы и методом выявления примесей в готовом продукте.

Методы выявления примесей в готовом продукте основаны на элементарных методах цифровой обработки изображений, таких как: пространственные (преобразование изображения в негатив, логарифмическое, степенное, кусково-линейное, обработка гистограмм), арифметико-логические операции, фильтрации (медианные, низкочастотные, высокочастотные).

По данным литературы [4-6], наиболее часто для идентификации примесей используют более сложные методы цифровой обработки изображений: нейросетевое распознавание, идентификация отдельных объектов и цветовой анализ.

Самостоятельно применить метод нейросетевого распознавания невозможно для сортировки семян и зерен из-за одинаковой формы готового продукта и примеси. При использовании метода идентификации отдельных объектов требуется сложная обработка бинарного изображения, что приводит к увеличению времени сортировки семян, то есть к уменьшению производительности. Метод цветовой анализа позволяет производить сортировку смеси по контрасту RGB, что приводит к решению проблемы распознавания примеси и готового продукта с одинаковой формой. Преимуществом этого метода является его относительно высокая скорость обработки изображения.

Однако на практике зачастую [5, 7, 8] используют комбинированные методы, которые включают предобработку изображения и использование нейронной сети.

Общая методология, используемая при обработке изображений, заключается в следующем: получение изображений, предварительная обработка изображений, сегментация и идентификация, получение характеристик объектов, обучение и тестирование нейронной сети.

За один этап сортировки, как правило, зерно очищается не полностью, поэтому сортировка в фотосепараторе проходит в два цикла: первичный и вторичный. Во время вторичного цикла обеспечивается чистовая очистка и сортировка зерна [9].

Фотосепарация является одним из самых перспективных методов очистки семян и зерна. Существующие фотосепараторы имеют ряд существенных преимуществ: высокая эффективность очистки (до 99,9%), высокая производительность (до 30 т/ч), высокие эксплуатационные качества и универсальность (возможность разделения широкого спектра пищевых и непищевых продуктов). Актуальной задачей является повышение производительности ОФС, для дальнейшего расширения областей его использования и замены существующих технологий очистки.

Выводы. Таким образом, использование ОФС позволяет производить распознавание и удаление дефектных семян, зерен и инородных примесей, определение болезней. Представлена классификация ОФС и определены основные элементы системы для обеспечения эффективной очистки продукции. Проведен анализ методов цифровой обработки изображений для идентификации примесей. Применение ОФС позволяет повысить качество зерна и семян как товара для реализации и эффективность перерабатывающих предприятий в целом.

Литература

1. Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М. Технологии зерноперерабатывающих производств. – М.: Интеграф сервис, 1999. – 472 с.
2. Мирчук Современное технологическое оборудование для повышения качества очистки зерна // Вестник Курганского государственного университета. – 2011. – № 1. – С. 114-115.
3. Остроухова, С. А. Требования к системе технического зрения, предназначенной для контроля качества зерна / С. А. Остроухова // Компьютерные системы и сети : материалы 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. (Минск, 13 - 17 апреля 2015 года). – Минск : БГУИР, 2016. – С. 36 - 37.
4. Папанова Е.В., Пронин С.П. Анализ возможности применения известных алгоритмов обработки изображений для сепарации семечки подсолнечника // Ползуновский альманах. – 2014. – №1. – С.153-156.
5. Руденко О.В., Усатиков С.В. Нейросетевое распознавание в технических системах зерноперерабатывающей и пищевой промышленности // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – №3 (Электронный журнал). URL: www.science-education.ru/97-4668.
6. Mira Park, Jesse S. Jin. Automated Defect Inspection Systems by Pattern// Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition - Vol. 2, No. 2, June 2009.
7. Ozan AKI, Aydın Güllü, Erdem Uçar Classification of rice grains using image processing and machine learning techniques // UNITECH 2015. International scientific conference, 20-21 November 2015, Gabrovo, pp. II-352– II-354.
8. Kolkure V.S., Shaikh B.N. Identification and quality testing of rice grains using image processing and neural network // International Journal of Recent Trends in Engineering & Research, Volume 03, Issue 01; January - 2017 – pp.130-135.
9. Пивень, В.В. Основные тенденции совершенствования фракционных технологий очистки зерна / В.В. Пивень, О.Л. Уманская // Проблемы современной науки и образования. – 2013. – № 1.

Summary

Litovka S. Overview, classification and application of photoseparators for cleaning seeds and grain from impurities

The main methods for cleaning seeds and grains from impurities are considered, including one of the most progressive ones - photoseparation. The classification of optical photoseparators is presented and the main elements of the system are determined to ensure efficient cleaning of the products. The analysis of methods of digital image processing for identification of impurities is carried out.

Keywords: photoseparation, seed and grain cleaning, image processing methods, classification of optical photoseparators.

References

1. Butkovskiy V.A., Merko A.I., Mel'nikov Ye.M. Tekhnologii zernopererabatyvayushchikh proizvodstv. – М.: Integraf servis, 1999. – 472 s.
2. Mirchuk Sovremennoye tekhnologicheskoye oborudovaniye dlya povysheniya kachestva ochistki zerna // Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. – № 1. – S. 114-115.

3. Ostroukhova, S. A. Trebovaniya k sisteme tekhnicheskogo zreniya, prednaznachennoy dlya kontrolya kachestva zerna / S. A. Ostroukhova // Komp'yuternyye sistemy i seti : materialy 51-y nauchnoy konferentsii aspirantov, magistrantov i studentov. (Minsk, 13 - 17 aprelya 2015 goda). – Minsk : BGUIR, 2016. – S. 36 - 37.
4. Papanova Ye.V., Pronin S.P. Analiz vozmozhnosti primeneniya izvestnykh algoritmov obrabotki izobrazheniy dlya separatsii semechki podsolnechnika // Polzunovskiy al'manakh. – 2014. – №1. – S.153-156.
5. Rudenko O.V., Usatkov C.V. Neyrosetevoye raspoznavaniye v tekhnicheskikh sistemakh zernopererabatyvayushchey i pishchevoy promyshlennosti // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2011. – №3 (Elektronnyy zhurnal). URL: www.science-education.ru/97-4668.
6. Mira Park, Jesse S. Jin. Automated Defect Inspection Systems by Pattern// Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition - Vol. 2, No. 2, June 2009.
7. Ozan AKI, Aydın Güllü, Erdem Uçar Classification of rice grains using image processing and machine learning techniques // UNITECH 2015. International scientific conference, 20-21 November 2015, Gabrovo, pp. II-352– II-354.
8. Kolkure V.S., Shaikh B.N. Identification and quality testing of rice grains using image processing and neural network // International Journal of Recent Trends in Engineering & Research, Volume 03, Issue 01; January - 2017 – pp.130-135.
9. Piven', V.V. Osnovnyye tendentsii sovershenstvovaniya fraktsionnykh tekhnologiy ochistki zerna / V.V. Piven', O.L. Umanskaya // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 1.