



УДК 631.362.36

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА

### **Оспанов Асан Бекешович**

Доктор технических наук, профессор

Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности  
г. Алматы, Казахстан

[a-ospanov@mail.ru](mailto:a-ospanov@mail.ru)

### **Токсанбаева Ботагоз Ондасынқызы**

Магистр

Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности  
г. Алматы, Казахстан

[botagoz-89@mail.ru](mailto:botagoz-89@mail.ru)

### **Баймуратов Даурен Шарипович**

Кандидат технических наук

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

г. Тараз, Казахстан

[baimuratov.79@mail.ru](mailto:baimuratov.79@mail.ru)

### **Омаров Нуржан Алижанович**

Магистр

Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности  
г. Алматы, Казахстан

[www.nureke\\_90@mail.ru](mailto:www.nureke_90@mail.ru)

### **Толыбаев Шарапатдин Толыбаевич**

Магистр

Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности  
г. Алматы, Казахстан

[tolibaev\\_t@mail.ru](mailto:tolibaev_t@mail.ru)

### **Аннотация**

Представлены результаты исследования технологических параметров макетного образца оптико-электронного сепаратора для очистки семенного материала люцерны. Результаты исследований позволили выявить зависимость технологических параметров от угла наклона скатного лотка, при которых обеспечивается достаточный уровень очистки семенной смеси люцерны от семян карантинных и трудноотделимых примесей.

**Ключевые слова:** очистка семенной смеси люцерны от карантинных и трудноотделимых примесей, семяочистительные машины, фотосепараторы для мелких семян.

## **RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF OPTICAL-ELECTRONIC SEPARATOR**

### **Assan Ospanov**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry  
Almaty, Kazakhstan

### **Botagoz Toxanbayeva**

Master  
Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry  
Almaty, Kazakhstan

### **Dauren Baimuratov**

Ph.D in Technical Sciences  
Taraz State University named after M.Kh. Dulati  
Taraz, Kazakhstan

### **Nurzhhan Omarov**

Master  
Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry  
Almaty, Kazakhstan

### **Sharapatdin Tolybayev**

Master  
Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry  
Almaty, Kazakhstan

---

## **ABSTRACT**

---

The results of a study of the technological parameters of a prototype optical-electronic separator for cleaning alfalfa seed material are presented. The research results made it possible to identify the dependence of technological parameters on the angle of inclination of the sack chute, at which a sufficient level of cleaning alfalfa seed mixture from quarantine and difficult to separate impurities seeds.

---

**Key words:** cleaning of alfalfa seed mixture from quarantine and hard to separate impurities, seed cleaning machines, photo separators for small seeds.

---

### **Введение**

Продуктивность животноводства во многом определяется стабильностью кормовой базы, в структуре которой важное место занимают многолетние сочные кормовые культуры, такие как люцерна и клевер. Повышение урожайности и качества кормов зависит от обеспеченности хозяйств полноценными семенами, что во многом определяется уровнем технологической эффективности семяочистительных машин. Сорные растения, особенно карантинные - горчак ползучий или розовый (*Acroptilon repens*) и повилика полевая (*campestris*), наносят огромный ущерб. Для борьбы с ними сельхозтоваропроизводители тратят огромные средства. В Казахстане по официальным данным площадь распространения их увеличилась в два раза (в 2003 г. - 1,89 млн. га, в 2012 г. - 2,635 млн. га [1], а в 2018 г. около 3,5 млн. га).

В настоящее время в мире ведутся исследования по созданию новых машин для реализации энерго-ресурсосберегающих технологий переработки семян кормовых культур, в частности, широко находит свое использование фотосепараторы, работающие на принципе оптического распознавания и разделения компонентов семенной смеси. Практически все развитые страны мира

производят фотосепараторы – это США, Англия, Германия, Италия, Бельгия, Япония, Южная Корея, Китай и Россия.

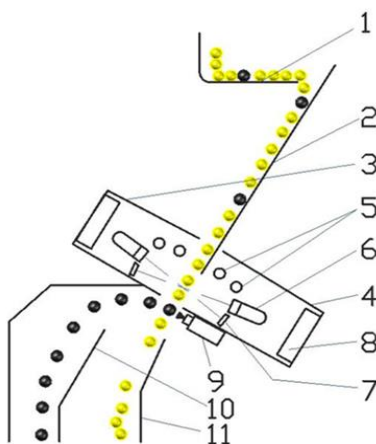
Общий объем производимых семян люцерны в Казахстане составляет в порядке до 500,0 тонн, наметилась тенденция роста производства в связи с расширением ее посевов для создания кормовой базы животноводства. В перспективе посевы люцерны достигнут до 1,2 млн.га, для этого необходимо ежегодно засеивать 400,0 тыс.га [2].

Поэтому совершенствование существующих семяочистительных машин и разработка высокоточного оптико-электронного устройства для компонентного разделения семян примесей и основной культуры является весьма актуальной задачей. Использование компьютерного зрения в фотосепараторах для очистки семян люцерны от карантинных и трудноотделимых примесей приобретает особый интерес.

### Материалы и методы

К исследованиям подвергался макетный образец фотосепаратора, на котором были изучены технологические параметры очистки семенного материала люцерны от карантинных и трудноотделимых примесей (горчака, повилики, василька и ширицы).

В нашем случае разделение семян сменного материала люцерны от примесей на фракций в фотоэлектронном сепараторе (рис. 1), который состоит из горизонтального вибротромблера 1 с прямолинейными колебаниями, неподвижного наклонного скатного лотка 2; осветительных ламп 5 и фоновых экранов 7, фотокамер 6, установленных в передних и задних корпусах 3 и 4, компьютера 8, пневмоэжектора 9 и патрубков 10 и 11 для разделенных компонентов. Сепаратор работает следующим образом: семенная смесь подается вибротромблером на наклонный лоток, по которому равномерно одним слоем скатывается вниз и на выходе из него распознается камерами, в результате чего компьютером подается сигнал на срабатывание пневмоэжекторов. Распознанные компоненты примесей посредством воздуха выстреливаются в патрубок для отхода, а основная культура в чистом виде подается в другой патрубок.



1 – вибротромблер, 2 – наклонный скатный лоток, 3, 4 – передний и задний корпуса камерного блока,

5 – осветители, 6 – камера, 7 – фоновый экран, 8 – дисплей, 9 – пневмоэжектор, 10 – патрубок-разделитель для примесей, 11 – патрубок для семян основной культуры

**Рисунок – 1.** Принципиальная схема фотоэлектронного сепаратора

В исследованиях рассмотрены процессы движения частиц по лотку, поточного равномерного распределения в зависимости от угла наклона лотка, поскольку основным условием движения смеси по лотку является равномерность ее подачи одним слоем в зону распознавания фотокамерами. При этом во всех экспериментах необходимо достигать движения семян по наклонному лотку, как примесей, так и основной культуры, без подбрасывания.

К исследованиям подвергался семенной материал люцерны сорта «Семиреченская местная». Общее содержание семян сорняков после предварительной очистки на воздушно-ситовом семяочистителе составило 1,3%, в том числе карантинные сорняки: горчак розовый - 0,29%,

повилика – 0,35% и трудноотделимые сорняки: васелек и ширица – 0,66%. На рисунке 2 представлены изображения семян как основной кормовой культуры, так и сопутствующих карантинных и трудноотделимых сорняков.

Для распознавания изображений компонентов семенного материала люцерны по морфологическим признакам и по цвету разработана программа «Digital Recognition» на базе нейронных сетей [3]. Разработан алгоритм распознавания семенного материала люцерны на основе цветового анализа. Интерфейс программы состоит из трех панелей: панели обхвата RGB (Red, Green, Blue) изображения, панели бинарного изображения и панели вывода отчёта работы программы по вычислениям. При этом уровень RGB соответствовал пределу (0...225). В фотосепараторе установлены LCD лампы для обеспечения постоянного уровня освещенности рабочей зоны сканирования в диапазоне 55-60 лк.

Люцерна  
Клевер  
  
Горчак  
(Алматинская  
область)  
Горчак  
(Жамбылская  
область)  
Василек  
Повилика  
Ширица



**Рисунок – 2.** Семена основной культуры и примесей

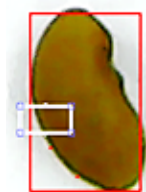
Параметры, характеризующие форму и размеры семян люцерны и примесей и цветовые характеристики были вычислены на основе распознанных данных посредством алгоритма программы «Digital Recognition». Среда разработки программного продукта включает:

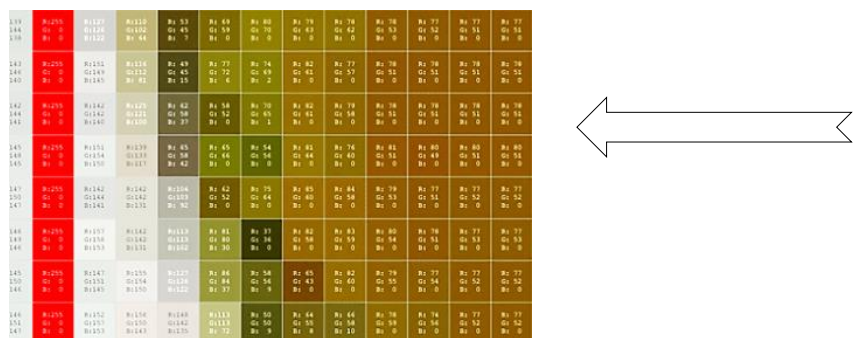
- 1) MatLab версия 2017b.
- 2) Simulink Модельный дизайн: от концепции к коду.
- 3) Язык программирования С.
- 4) Модуль MatLab Blob Analysis для анализа люцерны.
- 5) Свёрточная нейронная сеть для распознавания и обучение программы для разных видов семян.

### Результаты исследований

Исследования зависимости изменения признаков для проекций семян люцерны, горчака, повилики, васелька и ширицы от числа осей сканирования показали, что для достижения необходимой точности измерений, число осей сканирования должно быть более 90. В целях достижения более точных измерений в опытах нами принято количество повторностей эксперимента по распознаванию параметров объекта, равное к 100.

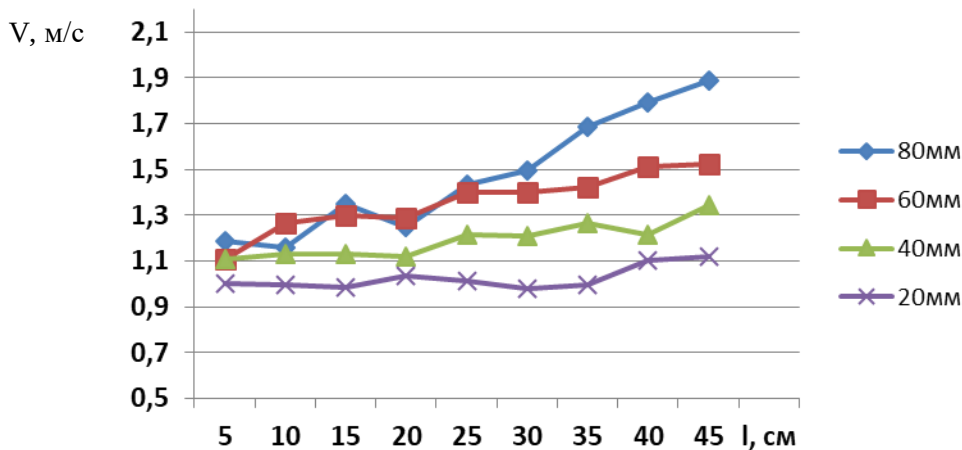
На рисунке 3 представлен пример распознавания изображения семян люцерны по цветовым характеристикам на уровне разрешения 10 мПс (8-16 битов). Каждый квадрат представляет информацию об уровне и количестве цвета по RGB от 0 до 255.





Экспериментальные исследования движения семенного материала проводились цифровой видеокамерой CANON с частотой 48 кадров в секунду. Для исследования скорости семян по наклонному лотку разработана установка с регулируемым углом наклона скатного лотка к горизонтали. Меченые семена пустили по наклонному скатному лотку и снимали видеокамерой их движение до тех пор, пока не достигнут нижнего края лотка. Эксперименты проводили в 5-ти повторностях, что оказалось вполне достаточным для получения адекватных результатов измерения. Посредством стандартного программного обеспечения AVIedit 3.8 проводили расшифровку кадров и определяли время прохождения мечеными семенами через каждые 5 см перемещения вдоль длины скатного лотка.

Как видно из зависимости (рис.4), скорость семян по наклонному скатному лотку увеличивается по мере достижения края лотка. При этом, чем больше угол наклона, тем больше разность скоростей семян в начале и у нижнего края лотка. При угле наклона 80 град. разность скоростей достигает 1,96 раз. Т.е. движение семян по скатному лотку равноускоренное.



**Рисунок – 4.** Изменение абсолютной скорости семян по длине лотка

Скорость транспортирования семенной смеси по вибрирующему лотку определяется условием равномерно-распределенного движения по ширине лотка одним слоем, т.е. вибралоток должен обеспечить равномерную и стабильную подачу исходной смеси на скатный лоток. Следовательно, из условий сохранения равномерности потока семенной смеси, скорость вибротранспортирования смеси должна соответствовать ее начальной скорости на скатном лотке. Таким образом, скорость вибротранспортирования должна быть регулироваться в зависимости значения скорости смеси по скатному лотку. Расшифровка видеокادров позволил определить

скорость вибрационного перемещения смеси в пределах от 0,85 до 2,5 м/с, при частоте 150...350 1/мин и амплитуде колебаний 0,5мм.

Расчетным путем производительности вибротолка можно определить из формулы

$$Q = V\rho SK,$$

где  $V$  – скорость семени, м/с;  $\rho$  – насыпная плотность люцерны, 250 кг/м<sup>3</sup>;  $S$  – площадь поперечного сечения потока, движущегося по вибротолку, м<sup>2</sup>;  $K$  – коэффициент заполнения лотка (0,4...0,6). Таким образом, производительность вибротолка колеблется в пределах от 230 до 360 кг/ч при его ширине 60 мм.

Зависимость изменения пропускной способности лотка от его угла наклона, при различных значениях длины лотка, представлена на рисунке 5. Как видно, с увеличением угла наклона скатного лотка повышается пропускная способность лотка. Все эксперименты проведены в условиях подачи семенной смеси по лотку равномерно и одним слоем.

Технологическую эффективность макетного образца сепаратора определяли коэффициентом чистоты основной семенной смеси люцерны, который определяется формулой

где  $M_{Iфр}$  – общая масса ф  $\xi = [(M_{Iфр} - M_{прIфр})/M_{окIфр}]100\%$ ,  $M_{прIфр}$  – масса семян сорных примесей в первой фракции (семян карантинных и трудноотделимых примесей);  $M_{окIфр}$  – масса семян люцерны в первой фракции.

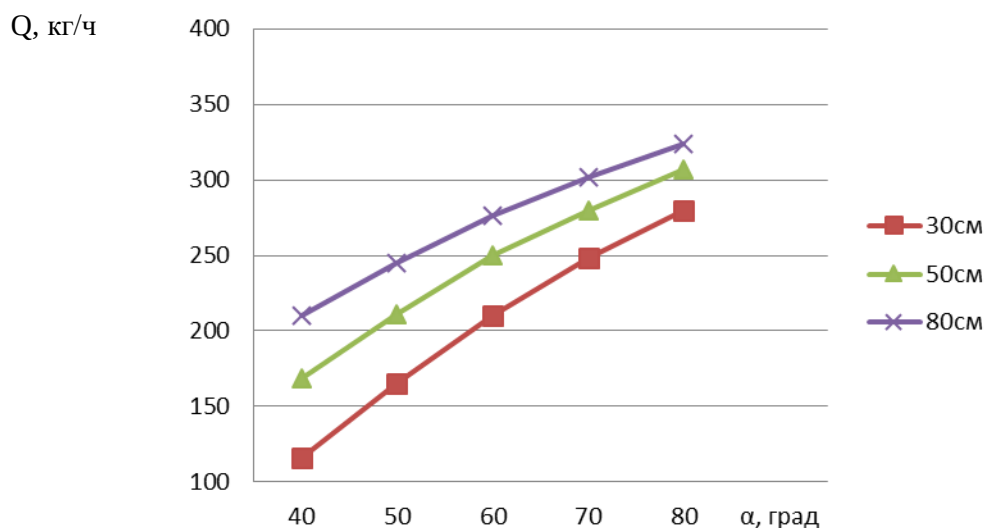
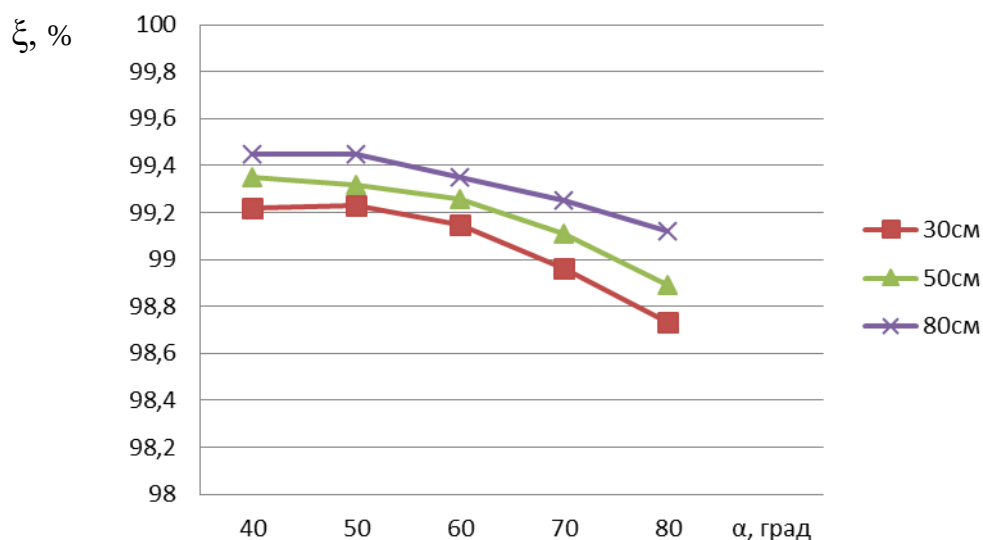


Рисунок – 5. Зависимость пропускной способности лотка от его угла наклона

На рисунке 6 представлена зависимость эффективности чистоты семенной смеси люцерны, при следующих условиях эксперимента: производительность сепаратора (подача лотка) – 230 кг/ч; ширина лотка – 60 мм; поверхность лотка – гладкая стеклянная.





**Рисунок – 6.** Зависимость чистоты семенной смеси люцерны от угла наклона лотка

Из графиков видно, что с увеличением угла наклона лотка чистота первой фракции -семян люцерны снижается степень чистоты фракции. Значение коэффициента чистоты (ниже 99,0%) наступает с приближением угла наклона к 80 градусам. Это объясняется тем, что при больших углах наклона скатного лотка увеличивается количество отскакивающих частиц, которые нарушают равномерность распределения семян по лотку.

### Выводы

1. Разработанный программный продукт «Digital Recognition» и методика распознавания позволили получить изображение исследуемого объекта, извлечь цветные составляющие RGB, рассчитать верхнюю и нижнюю границу сигнала, провести анализ по морфологическим (форма, размеры) признакам отличия компонентов семенного материала люцерны и формировать цифровую базу данных по признакам разделения.

2. Экспериментально определены технологические параметры макетного образца фотосепаратора, которые удовлетворяют требованиям к семенному материалу люцерны. Коэффициент чистоты семян люцерны от трудноотделимых карантинных примесей колеблется в пределах от 98,8% до 99,46%. Отмечаем необходимость проведения поиски по повышению степени очистки на еще более высокие показатели очистки семенного материала люцерны.

### Список литературы

1. Мейрман Г.Т., Масонич-Шотунова Р.С. Люцерна. - Алматы, 2013. - С.413.
2. Кулькеев Е.Е., Тайчибеков А.У., Аманова К.С., Бейсембаев М.К. Новые сорта люцерны для условий юга Казахстана. //Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 93-97.
3. Оспанов А.Б., Матеев Е.З, Токсанбаева Б.О., Толыбаев Ш.Д., Омаров Н.А. Оптико-электронная система распознавания компонентов семенной смеси люцерны // Исследования, результаты. №3(79) 2018. –С.268-276.

### References

1. Meiman G. T., Masonicich-Shatunova R. S. Lucerne. - Almaty, 2013. - Pp. 413.
2. Kulkeev E. E., Taichibekov A. U., Amanova K. S., Beisembayev M. K. New varieties of alfalfa for the conditions of the South of Kazakhstan. // Successes of modern natural science. - 2016. - No. 8. Pp. 93-97.
3. Ospanov A. B., Mateyev E. Z., Toxanbaeva B. O., Tolybaev sh. D., Omarov N. A. Optoelectronic recognition system of alfalfa seed mixture components / / Researches, results. No. 3 (79) 2018. - Pp. 268-276.