

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ СЕМЯН ЛУКА ПО УДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

В.М. Поздняков,

проректор по воспитательной работе БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

С.А. Зеленко,

аспирант каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки с.-х. продукции БГАТУ

Г.В. Мысливец,

директор ФХ «Горизонт»

В статье рассмотрены технологические особенности процесса разделения семян лука по удельной плотности под воздействием вибрации и восходящих потоков воздуха. В результате проведенных исследований установлено, что энергия прорастания и всхожесть семян лука во многом зависят от биологической ценности семян, при этом биологическую ценность семян характеризует не столько геометрические параметры семян, сколько удельная плотность, которая связана с таким показателем, как масса 1000 семян. На основании экспериментальных исследований определены рациональные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие эффективное разделение семян по удельной плотности. Предложен коэффициент для оценки эффективности работы зерноочистительного оборудования вибропневматического принципа действия.

The article considers the technological peculiarities of the onion seeds separation process. The separation process is calculated directly by measuring the relative density of the onion seeds under the influence of vibration and an upward current of air. Research process proves that the energy and capacity of germination depend on the biological value of seeds. The biological value of seeds refers to their relative density which links to the mass index of 1000 (one thousand) seeds to an even greater degree than to the geometrical parameters of seeds. The experimental researches of the developed vibration separator determine its efficient parameters of operation and this provides the most effective separation process of seeds due to their relative density. The experimental data states the efficiency ratio of the winnowing machines, which are based on the principles of vibration and pneumatics.

Введение

Одной из важнейших отраслей сельского хозяйства является растениеводство. При этом в последние годы активно развивается овощеводство. Ценность овощей, как продуктов питания, определяется высоким содержанием практически всех видов витаминов, многих минеральных веществ, органических соединений, микроэлементов, фитонцидов и других, полезных для человека веществ. Перспективное направление в овощеводстве – выращивание лука репчатого. В целом в стране потребность внутреннего рынка обеспечивается практически полностью за счет потребления репчатого лука отечественного производства [1]. В 2014 году сельхозорганизациями и фермерскими хозяйствами Беларуси получено 62,3 тыс. тонн репчатого лука, при этом Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь рекомендовало хозяйствам активизировать экспортные поставки данной продукции на внешние рынки [2].

Определяющим этапом в единой технологической цепочке производства лука является высококачественная подготовка семенного материала. Хорошо выполненные полноценные семена, обладающие наибольшей

удельной плотностью, имеют необходимый запас всех питательных веществ и лучше сформированный зародыш. Это увеличивает полевую всхожесть, дает возможность получить более мощные растения, сокращает выпадение их в период вегетации.

Основная часть

Анализ литературных источников показал, что самые репродуктивные семена имеют большую удельную плотность. Наиболее системные исследования такого отличительного признака семян выполнил Н.А. Майсурян. В последующих исследованиях эти результаты неоднократно подтверждались (Ижик М.К., 2001г., Новицкая Н.В., 2008г., Жатова Г.А., 2010г., Ткалич И.Д., 2011г.). В данных исследованиях подчеркивается, что крупность семян в полной мере не отражает принцип отбора семян высокого потенциала. Крупные семена бывают гипертрофированы, у них часто нарушены соотношения масс эндосперма, оболочка и зародыша, менее плотная «упаковка» молекул, много воздушных пор, они чаще травмируются в момент налива семени [3]. Так, исследования Г.А. Жатовой (2010 г.) показали, что одинаковые по размеру

семена заметно отличаются по посевным и урожайным качествам в зависимости от их удельной плотности [4]. Удельная плотность семян как отличительный признак посевных и урожайных свойств может быть объяснена тем, что в составе семян около 70 % крахмала и протеина, наиболее тяжелых составляющих, которые обеспечивают наибольшую массу семени. В то же время известно, что, чем выше содержание протеина, тем выше энергия прорастания, при этом расщепленный крахмал обеспечивает питание зародыша в процессе прорастания семени. Именно содержание крахмала и протеина определяет удельную плотность семени. Семена с высоким содержанием крахмала и протеина, пофракционно выделенные из посевного материала, в силу более высокой энергии прорастания дают крепкие, устойчивые к неблагоприятным условиям проростки. Именно такие проростки показывают интенсивный начальный рост, а это значит, что растение уже в первой фазе развития быстро пробивается на поверхность почвы и раньше начинает продуцировать органические вещества за счет фотосинтеза, от чего и зависит сила роста. Исследование, проводимое для зерновых культур, доказало, что даже при снижении нормы высева более чем на 30 %, отборные семена с повышенной удельной плотностью, за счет озерненности колоса и крупности зерновок обеспечивают более высокую урожайность [5]. Стоит отметить, что исследования возможности разделения семян лука и других овощных культур по удельной плотности на машинах вибропневматиче-

ского принципа действия ранее не проводились.

Комплексный анализ технологического оборудования для подготовки семенного материала показал, что в настоящее время в Республике Беларусь не существует достаточно эффективного оборудования, позволяющего производить разделение семян по удельной плотности и обеспечивающего возможность выделения полноценного посевного материала с высокой точностью. Поэтому разработка конструкции новой отечественной машины, позволяющей разделять семенную массу по удельной плотности с целью выделения семян с высоким потенциалом урожайности, является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит обеспечить республику высококачественными посевными семенами, и, соответственно, позволит повысить урожайность возделываемых культур.

Для проведения экспериментальных исследований процесса вибропневмосепарирования семян в псевдоожиженном слое изготовлен экспериментальный стенд, основным звеном которого является разработанный вибропневматический сепаратор, обеспечивающий эффективное разделение семян лука на фракции, отличающиеся между собой удельной плотностью в пределах 10-15 % [6].

Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

Для проведения экспериментальных исследований использовались семена лука белорусской селекции ФХ «Горизонт» Мостовского района.

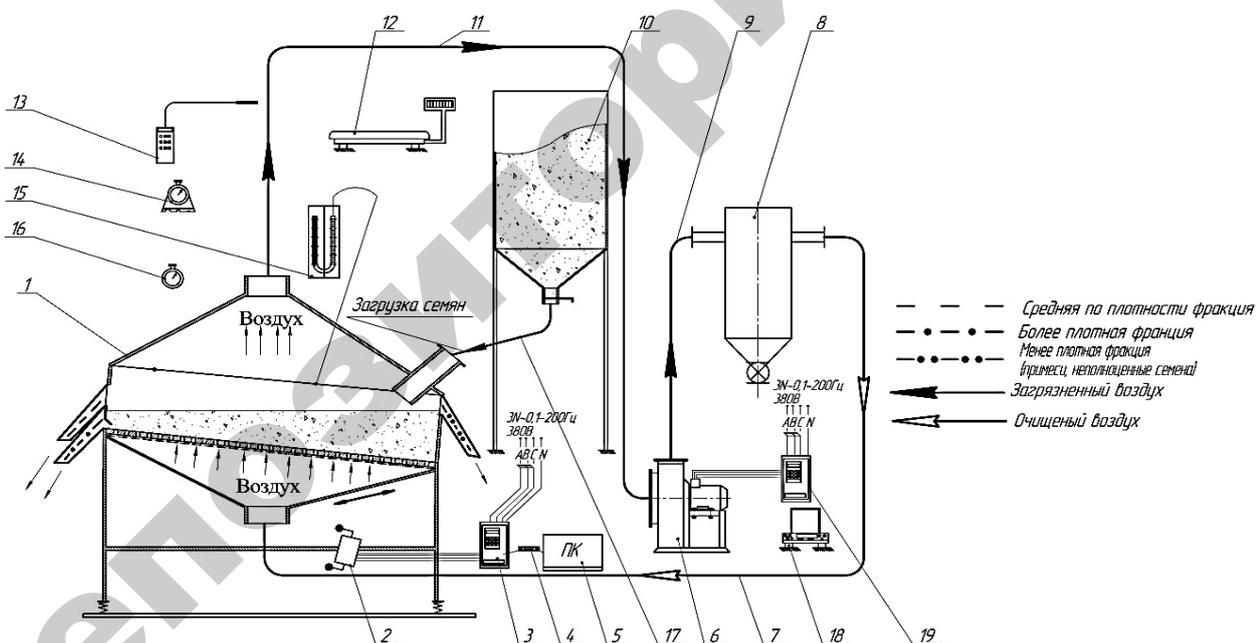


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда:

1 – лабораторный вибропневмосепаратор; 2 – электровибратор ИВ-99Б; 3 – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 4 – преобразователь интерфейса AC4; 5 – персональный переносной компьютер ASUS X550C; 6 – вентилятор ВЦП-3; 7 – нагнетающий воздуховод; 8 – осадочная камера; 9 – воздуховод; 10 – бункер; 11 – всасывающий воздуховод; 12 – весы; 13 – анемометр ТКА-ПКМ50; 14 – угломер маятниковый ЗУРИ-М; 15 – U образный манометр; 16 – секундомер; 17 – патрубков для подачи зерновой массы; 18 – анализатор влажности; 19 – частотный преобразователь ВЕСПЕР E2-8300-007H.

В результате проведения серии отсеивающих экспериментов из всего многообразия факторов, влияющих на эффективность процесса сепарирования, для проведения экспериментальных исследований процесса разделения семян лука по удельной плотности на разработанном сепараторе вибропневматического действия были выбраны следующие варьируемые факторы:

- амплитуда колебаний сетчатой деки – 1,5-3,0 мм;
- частота колебаний сетчатой деки – 17-22 Гц;
- скорость воздушного потока в рабочей камере сепаратора – 0,9-1,5 м/с;
- угол наклона сетчатой деки к горизонту – 2-5 град.

В качестве выходных параметров выбраны следующие показатели, характеризующие эффективность работы разработанного сепаратора:

- коэффициент увеличения массы:

$$K_{у.м.} = \frac{m_1 - m_{нач}}{m_{нач}} \times 100\%, \quad (1)$$

где m_1 – масса 1000 семян лука более плотной фракции, разделенной на вибропневматическом сепараторе, г;

$m_{нач}$ – масса 1000 семян лука исходной смеси, г;

- производительность:

$$Q = \frac{m}{t}, \quad (2)$$

где m – масса семян лука, поступающих на сепарирование, кг;

t – время сепарирования, с.

Для определения рациональных параметров работы разработанного сепаратора был проведен полнофакторный эксперимент 2^4 по плану Бокса-Уилсона со звездными точками $\alpha = \pm 2$ и двукратным повторением центральной точки. В результате планирования было проведено 26 экспериментов, которые проводились с двойной повторностью.

В результате обработки экспериментальных данных получен ряд графических зависимостей, позволяющих оценить влияние входных параметров лабораторного сепаратора на эффективность разделения семян лука по удельной плотности.

На рисунке 2 представлены графические зависимости коэффициента увеличения массы и производительности от входных параметров, т.е. $K_{у.м.} = f(A, f, v_e, \alpha)$ и $Q = f(A, f, v_e, \alpha)$, построенные по пяти экспериментальным значениям, два значения взяты из основной матрицы планирования, а для трех других была проведена дополнительная серия экспериментов.

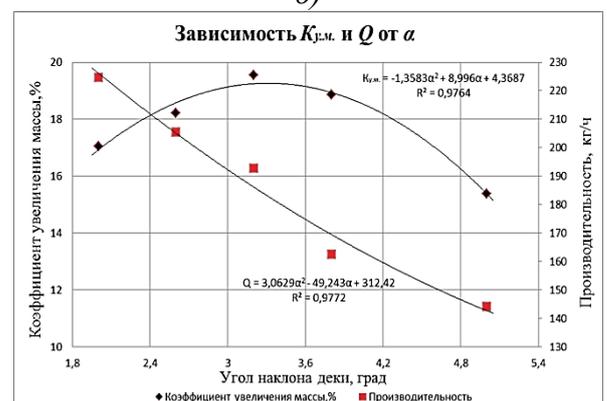
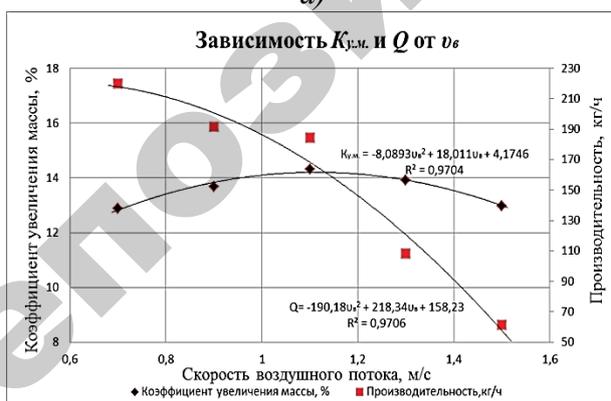
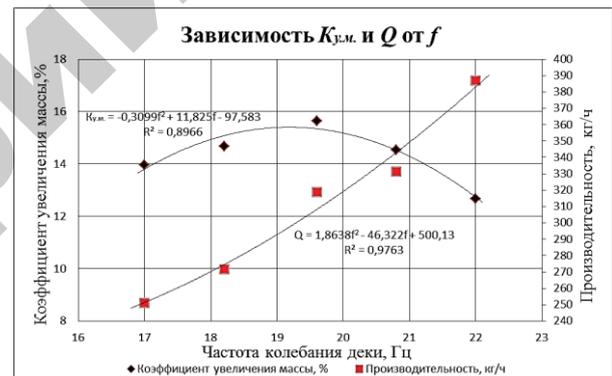
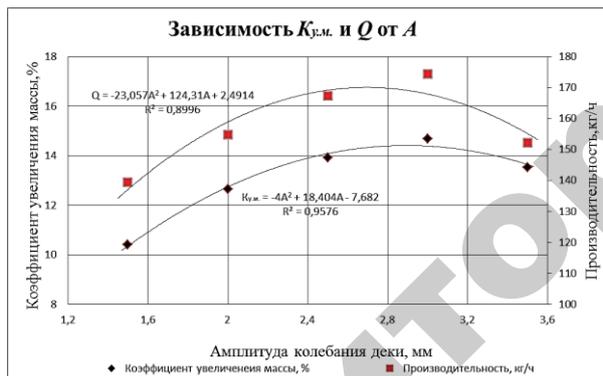


Рисунок 2. Графические зависимости коэффициента увеличения массы и производительности от входных параметров: а – от A при $f=17$ Гц, $v_e=1,5$ м/с и $\alpha=2,0$ град; б – от f при $A=3,0$ мм, $v_e=1,5$ м/с и $\alpha=2,0$ град; в – от v_e при $A=3,0$ мм $f=17$ Гц, и $\alpha=2,0$ град; г – от α при $A=3,0$ мм $f=17$ Гц, $v_e=1,5$ м/с.

Анализ влияния значимости входных параметров с использованием карт Парето показал, что с ростом амплитуды и частоты колебания деки производительность лабораторного вибропневмосепаратора увеличивается. Увеличение значений таких параметров, как скорость воздушного потока и угол наклона деки к горизонту ведет к уменьшению производительности. Зависимость коэффициента увеличения массы от входных параметров носит более сложный характер. С ростом амплитуды и частоты колебания деки, скорости воздушного потока и угла наклона деки коэффициент увеличения массы возрастает. Стоит отметить, что в рамках варьирования факторов, частота колебания деки на коэффициент увеличения массы носит незначительный характер.

Для определения рациональных параметров работы разработанного сепаратора был проведен более детальный анализ влияния входных параметров на процесс сепарирования семян лука по удельной плотности с использованием современных пакетов программ обработки экспериментальных данных – STATISTICA 7 и STATGRAPHICS Centurion XVII.

В результате обработки экспериментальных данных получены поверхности отклика и линии равных уровней для выходной функции коэффициента увеличения массы и производительности, представленные на рисунке 3.

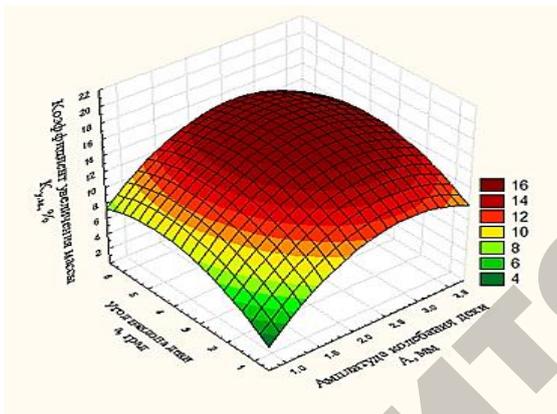
Анализируя поверхности отклика, можно сделать вывод о том, что данные поверхности имеют явный экстремум, т.е. интервалы варьирования входных параметров для проведения серии экспериментов определены корректно.

Так как критерием эффективной работы сепаратора является обеспечение максимального коэффициента увеличения массы при наибольшей производительности, то целью экспериментальных исследований являлось определение параметров работы разработанного вибропневматического сепаратора, удовлетворяющих данным условиям.

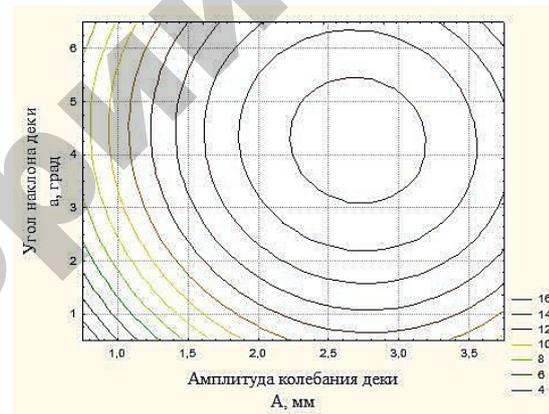
Определение рациональных параметров сепаратора, обеспечивающих максимальный коэффициент увеличения массы с наибольшей производительностью, производилось графическим методом наложения линий равного уровня выходных функций.

При наложении линий равных уровней коэффициента увеличения массы (рис. 3б) и производительности (рис. 3г) получена графическая номограмма для определения оптимальных параметров процесса вибропневмосепарирования семян лука (рис. 4).

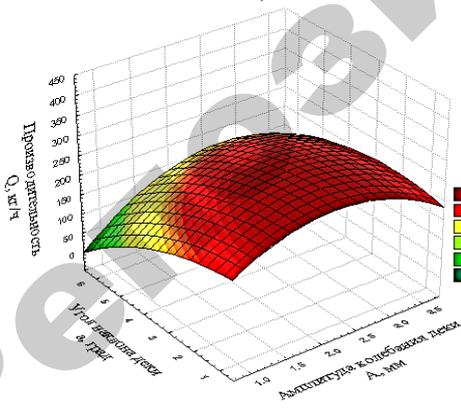
С целью определения посевных качеств семян лука до и после сепарирования по плотности, было проведено экспериментальное исследование по определению



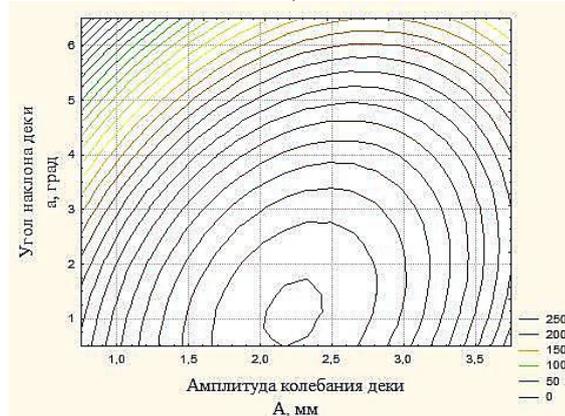
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3. Поверхности отклика выходных параметров: коэффициент увеличения массы $K_{у.м}$ (а, б) и производительность Q (в, г) от угла наклона деки α и амплитуды колебания деки A при $f=19,5$ Гц и $u_0=1,2$ м/с.

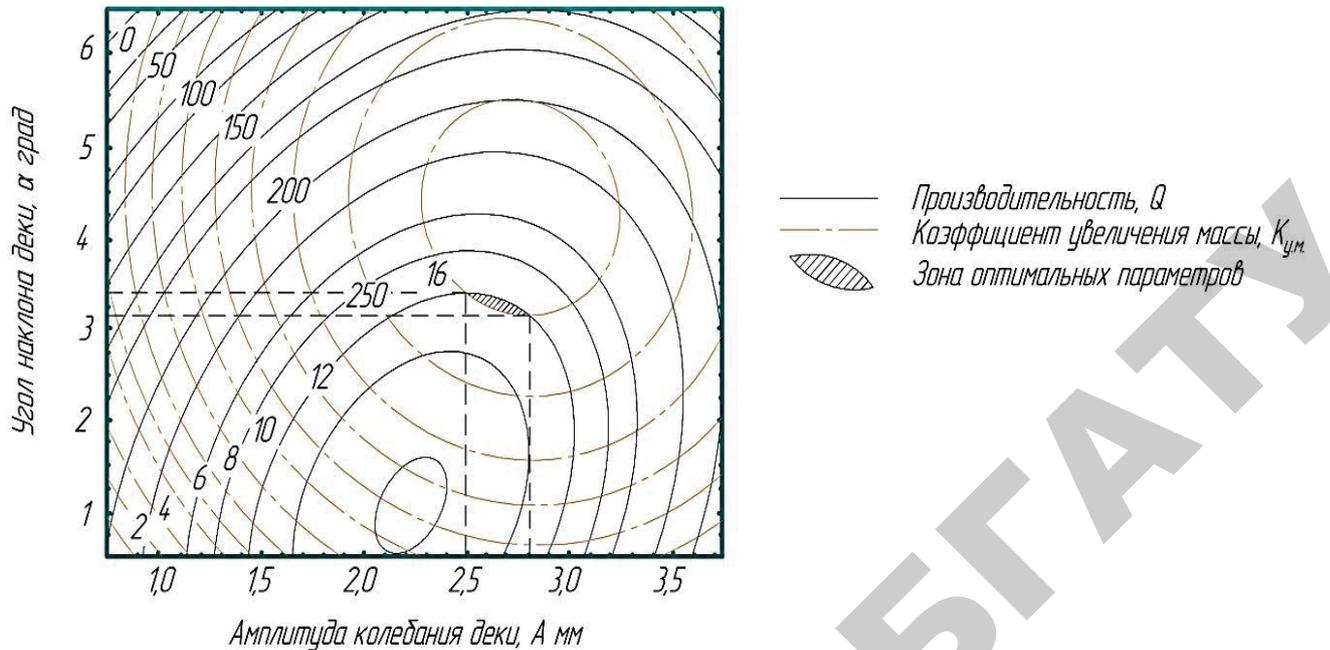
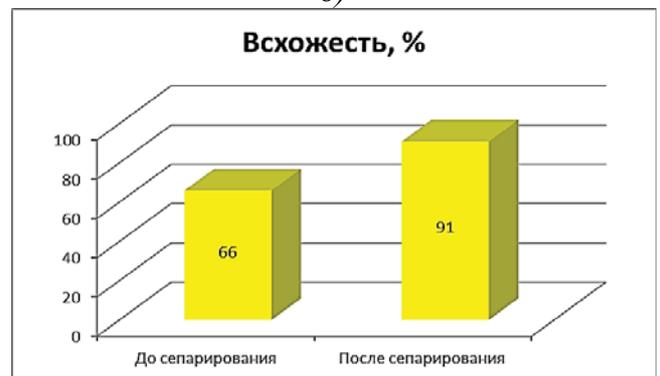
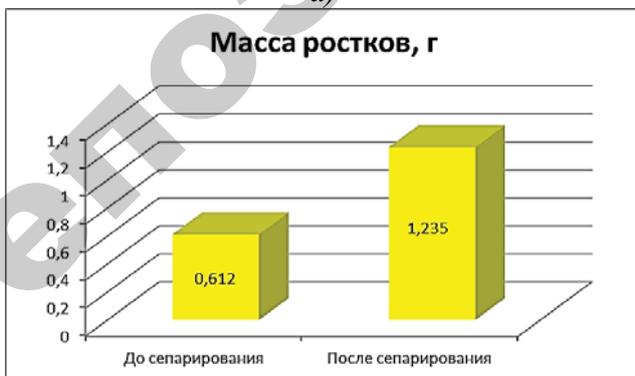


Рисунок 4. Определение оптимальных параметров сепарирования семян лука методом наложения линий равного уровня

энергии прорастания и всхожести семян. Определение энергии прорастания и всхожести проводилось по ГОСТу 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Полученные данные представлены на диаграммах (рис. 5).

Проведенные исследования доказали высокую эффективность вибропневматического способа разделения семян по биологической ценности. В результате обработки семян лука на вибропневматическом сепараторе всхожесть семян повышена с 66 % до 91 %.



в) на 12-е сутки проращивания

Рисунок 5. Диаграммы результатов эксперимента по проращиванию семян лука

Масса ростков на 12-е сутки проращивания составила: 0,612 г – для семян исходной фракции; 1,235 г – для семян плотной фракции после вибропневмосепарирования (т.е. увеличение более чем в 2 раза). Длина ростков равна, соответственно, 30 мм – для семян исходной фракции; 55 мм – для семян плотной фракции после вибропневмосепарирования.

Опытная партия семян лука, прошедшая разделение на вибропневматическом сепараторе, высажена в фермерском хозяйстве «Горизонт» на площади около 100 га с целью полевых испытаний новой технологии подготовки семян лука и оценки экономического эффекта от внедрения.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что сепарирование зерновой массы по удельной плотности позволяет более точно разделить семена по биологической ценности. Экспериментально доказано, что семена лука с высокой удельной плотностью обладают повышенной энергией прорастания и всхожестью.

На основании графического метода оптимизации параметров работы разработанного сепаратора вибропневматического принципа действия определены оптимальные параметры процесса сортирования семян лука по удельной плотности с точки зрения обеспечения максимального коэффициента увеличения массы и максимальной производительности: амплитуда колебания деки $A = 2,5-2,8$ мм; частота колебания деки $f = 19,5$ Гц; скорость воздушного потока $v_g = 1,2$ м/с; угол наклона деки $\alpha = 3,1-3,3$ град. Данные режимно-конструктивные параметры работы вибро-

пневматического сепаратора рекомендованы для использования при подготовке семян лука с целью выделения семян с высоким потенциалом урожайности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попков, В. А. Лук в условиях Республики Беларусь: биология, агротехника, экономика / В. А. Попков. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2001. – 400 с.
2. Растениеводство Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2007-2015. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by/agriculture/crop/>. – Дата доступа: 16.06.2015.
3. Фадеев, Л.В. Сильные семена на каждое поле. Щадящая пофракционная технология Фадеева / Л.В. Фадеев. – Изд-во: ООО "Спецэлеватормельмаш", 2012. – 178 с.
4. Жатова, Г.О. Загальне насіннезнавство: навчальний посібник / Г.О. Жатова. – Суми: Університетська книга, 2009. – 273 с.
5. Зерновые культуры: выращивание, уборка, доработка и использование / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. – 656 с.
6. Поздняков, В.М. Разделение зерновой массы по удельной плотности на сепараторе вибропневматического принципа действия / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко // Агропанорама, 2013. – №4. – С. 18-22.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.06.2015

Микропроцессорная система кормления свиней

Предназначена для оперативного изменения доз кормления, контроля процесса кормления, учета расхода сухого и жидкого корма.

Разработанная система позволяет автоматизировать процесс кормления свиней, повысить эффективность и снизить издержки производства свинины.

Основные технические данные

1. Полная совместимость с типовым технологическим оборудованием КПС-54, КПС-108.
2. Нормированное кормление, оперативное изменение норм кормления.
3. Расчет фактических объемов замеса и раздачи жидкого корма без остатков.
4. Сокращение времени кормления в 1,5...2 раза.
5. Значительно дешевле и лучше западных аналогов.

