

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН РАПСА

**В.М. Поздняков,**

*проректор по учебной и воспитательной работе БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**С.А. Зеленко,**

*ст. преподаватель каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, магистр техн. наук*

**Р.И. Колесник,**

*студент каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ*

*В статье представлены результаты исследований процесса сортирования семян рапса по удельному весу на разработанном сепараторе вибропневматического принципа действия. Впервые определены оптимальные параметры работы вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян рапса по удельному весу: амплитуда колебания деки – 2,5 мм; частота колебания деки – 19,5 Гц; скорость воздушного потока – 1,2 м/с; угол наклона деки – 2,6 град. Применение данных параметров позволило получить высококачественные семена, обладающие повышенными посевными качествами, что подтверждается лабораторными и полевыми испытаниями.*

*Ключевые слова: вибропневматический сепаратор, сортирование, семена рапса, псевдооживленный слой, удельный вес.*

*The results of the research process for rapeseed specific weight grading separator of pneumatic vibration operation mode are given in the article. The optimal parameters of the best performance for rapeseed specific weight grading separator: the amplitude of the deck vibration - 2,5 mm; deck vibration frequency - 19,5 Hz; air velocity - 1,2 m / s; elevation angle of the deck - 2,6 degrees were determined for the first time. The use of these parameters allowed to get high quality seeds with high sowing qualities proved by laboratory and field tests.*

*Keywords: pneumatic vibration separator, grading, rapeseed, fluidized bed, specific weight.*

### Введение

Наращивание в республике мощностей перерабатывающих предприятий требует увеличения объемов возделывания технических сельскохозяйственных растений, в частности семян рапса. Согласно Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы, производство маслосемян рапса в 2020 году должно составить 820 тыс. тонн, при обеспечении повышения урожайности рапса до 20,5 центнера с гектара. Выполнение прогнозных показателей возможно только при условии строгого соблюдения технологии возделывания рапса и обеспечения качества используемых для посева семян.

Повышение качества семян рапса, используемых для посева, является одним из ключевых вопросов в семеноводстве. Проведенные авторами исследования, а также анализ зарубежных литературных источников показали, что вибропневматический метод сортиро-

вания семян является одним из наиболее эффективных, т.к. сортирование ведется в псевдооживленном слое [1-5]. Признаками делимости являются: различие удельного веса семян, частично их форма и коэффициент трения. Удельный вес можно рассматривать как комплексную характеристику, суммарно отражающую такие показатели физико-химических свойств семян, как структура, химический состав, масса 1000 семян и натура [6, 7].

Целью работы является определение оптимальных параметров работы вибропневматического оборудования, обеспечивающих максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян рапса по удельному весу.

### Основная часть

Анализ технологического оборудования для подготовки семенного материала показал, что в настоящее время в Республике Беларусь не существует серийно выпускающегося технологического оборудо-

вания, позволяющего производить сортирование семян рапса с высокой точностью. Поэтому разработка конструкции новой отечественной машины, позволяющей эффективно разделять семенную массу по удельному весу, 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 вибропневмосортирования семян в псевдооживленном слое изготовлен экспериментальный стенд, основным элементом которого является разработанный вибропневматический сепаратор с принципиально новыми техническими решениями, обеспечивающий эффективное сортирование семян рапса на фракции, отличающиеся между собой массой 1000 семян в пределах 10-15%. [7].

Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

Для исследования влияния режимно-конструктивных параметров работы на эффективность сортирования на разработанном вибропневматическом сепараторе использовались элитные семена яро-

вого рапса сорта «Водолей» и «Неман».

В результате проведенных исследований [5, 7, 8] установлено, что технологическая эффективность процесса сортирования исходной массы семян рапса по удельному весу определяется такими показателями, как масса 1000 семян и производительность вибропневматического сепаратора.

Масса 1000 семян определялась по методике, описанной в источнике [9]. Производительность лабораторного вибропневматического сепаратора определялась путем замера массы семян, поступающей на сортирование из загрузочного бункера, за фиксированный интервал времени.

Для определения наиболее значимых факторов, влияющих на технологическую эффективность процесса сортирования семян рапса по удельному весу, была проведена серия отсеивающих экспериментов, что позволило определить основные факторы, влияющие на процесс сортирования. Анализ серии отсеивающих экспериментов показал, что факторами, определяющими технологическую эффективность сортирования семян рапса по удельному весу на вибропневматическом сепараторе, являются: амплитуда колебания сетчатой деки, частота колебания сетчатой деки, скорость воздушного потока в рабочей камере

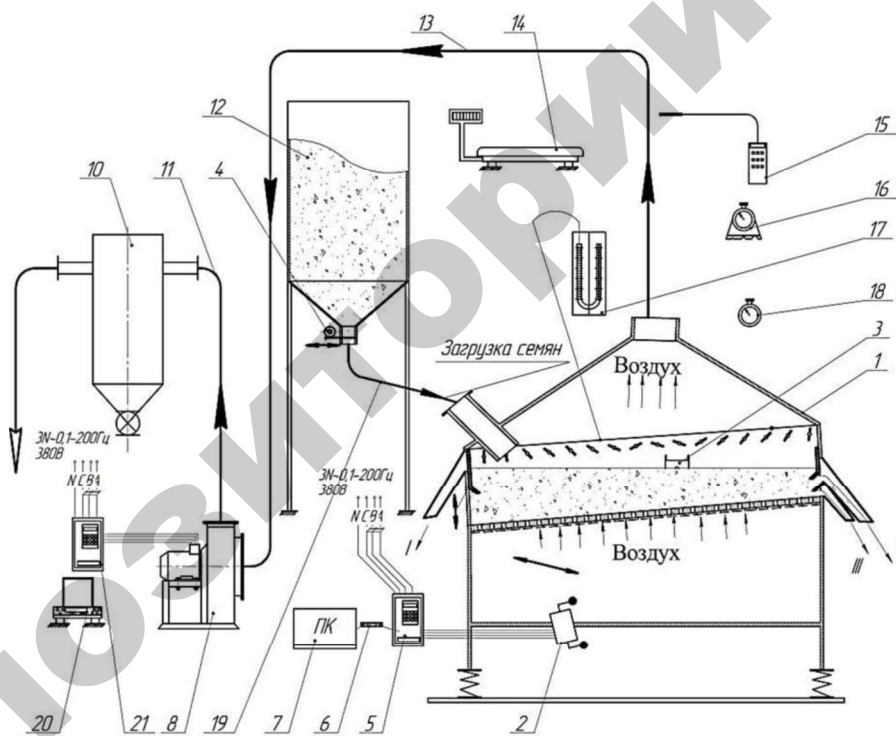


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда:

- I – легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); II – средняя фракция (основная партия семян); III – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); 1 – лабораторный вибропневматический сепаратор; 2 – электровибратор ИВ-99Б; 3 – датчик уровня семян; 4 – механизм регулировки подачи исходного продукта; 5 – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 6 – преобразователь интерфейса AC4; 7 – персональный переносной компьютер ASUS X550C; 8 – вентилятор ВР 120-28; 9 – нагнетающий воздуховод; 10 – осадочная камера; 11 – воздуховод; 12 – бункер; 13 – всасывающий воздуховод; 14 – весы; 15 – анемометр ТКА-ПКМ50; 16 – угломер маятниковый ЗУРИ-М; 17 – U образный манометр; 18 – секундомер; 19 – патрубок для подачи массы семян; 20 – анализатор влажности; 21 – частотный преобразователь ВЕСПЕР E2-8300-007H

сепаратора и угол наклона деки к горизонту.

Для определения интервалов варьирования входных факторов была проведена серия однофакторных экспериментов. В результате обработки экспериментальных данных построены графические зависимости, представленные на рисунке 2. Анализ данных зависимостей позволил определить интервалы варьирования входных факторов для проведения полнофакторного эксперимента:

- амплитуда колебания сетчатой деки,  $A=1,5-3,0$  мм;
- частота колебания сетчатой деки,  $f=17-22$  Гц;
- скорость воздушного потока в рабочей камере сепаратора,  $v_в=0,9-1,5$  м/с;
- угол наклона деки к горизонту,  $\alpha=2-5$  град.

Для определения оптимальных параметров работы разработанного сепаратора при сортировании семян рапса по удельному весу проведен полнофакторный эксперимент по плану Бокса-Уилсона типа  $2^4$  со звездными точками  $\alpha=\pm 2$  и двукратным повторением центральной точки. В результате планирования проведено 26 экспериментов, которые проводились с тройной повторностью.

На основании детального анализа экспериментальных данных, с помощью пакета статистических инструментов программ STATISTICA 7 и STATGRAPHICS Centurion XVI.I. построены поверхности отклика и линии равного уровня для параметров оптимизации массы 1000 семян и производитель-

ность вибропневматического сепаратора, представленные на рисунке 3, и получены уравнения регрессии (1, 2), позволяющие определять производительность и значение массы 1000 семян разработанного вибропневматического сепаратора при изменении режимно-конструктивных параметров работы в диапазоне варьирования факторов.

$$Q = -2021,2 + 123,8 \cdot \alpha + 321,9 \cdot A + 147,2 \cdot f + 464,4 \cdot v_в - 8,2 \cdot \alpha^2 + 8,1 \cdot \alpha \cdot A - 3,8 \cdot \alpha \cdot f - 26,1 \cdot \alpha \cdot v_в - 48,6 \cdot A^2 - 5,8 \cdot A \cdot f - 1,9 \cdot f^2 - 22,2 \cdot f \cdot v_в - 66,8 \cdot v_в^2 \quad (1)$$

$$m_{1000c} = -5,0 + 0,7 \cdot \alpha + 1,4 \cdot A + 0,8 \cdot f + 2,4 \cdot v_в - 0,1 \cdot \alpha^2 - 0,01 \cdot \alpha \cdot f - 0,1 \cdot \alpha \cdot v_в - 0,3 \cdot A^2 - 0,02 \cdot f^2 - 0,8 \cdot v_в^2 \quad (2)$$

Определение оптимальных параметров работы сепаратора, обеспечивающих максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян рапса по удельному весу, осуществлялось графическим методом путем наложения линий равного уровня для параметра «производительность» (рис. 3а) и массы 1000 семян (рис. 3б). Схема графической оптимизации представлена на рисунке 4.

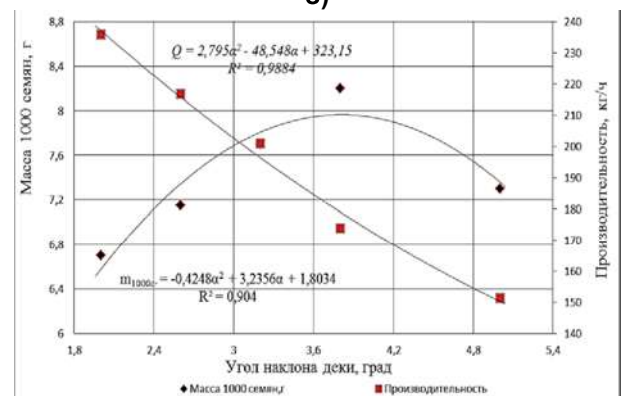
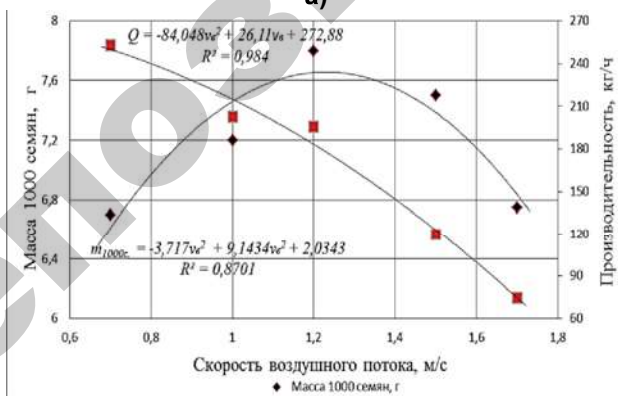
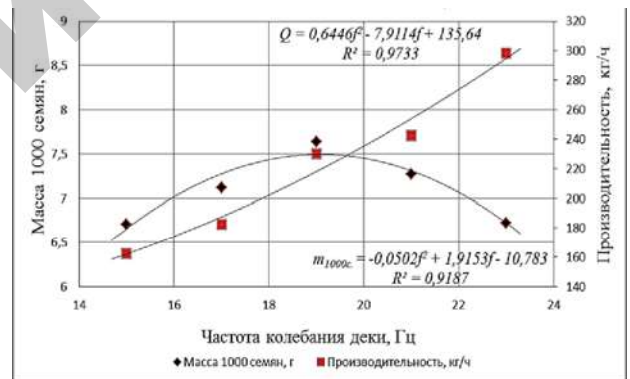
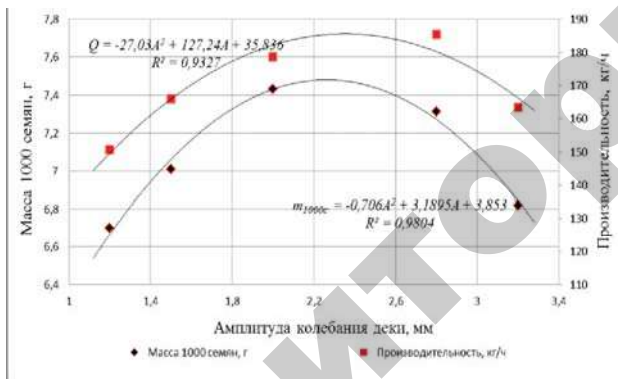


Рисунок 2. Диаграммы графических зависимостей эффективности сортирования семян рапса по удельному весу от входных факторов



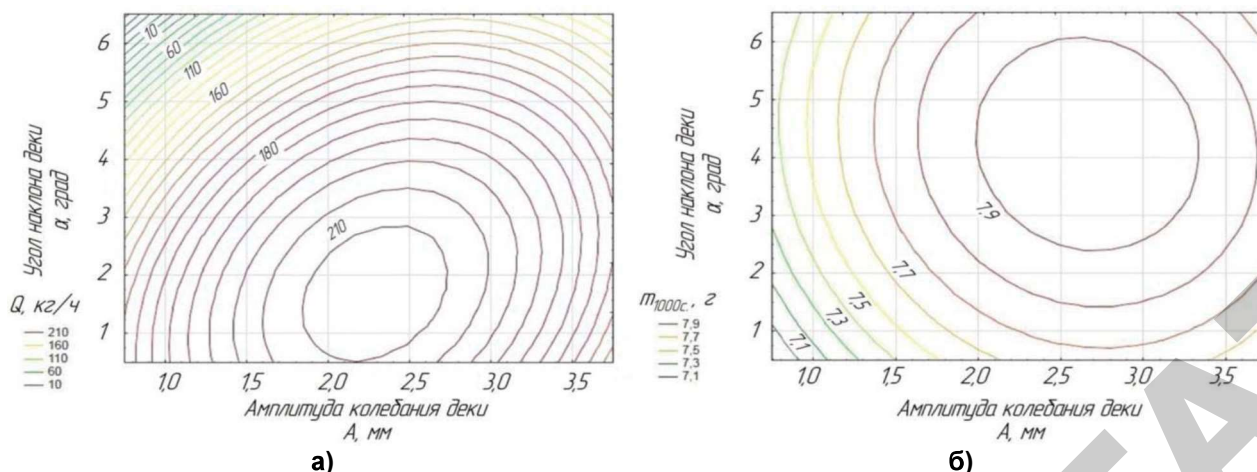


Рисунок 3. Линии равного уровня для параметров оптимизации масса 1000 семян и производительность вибропневматического сепаратора: а – для производительности; б – для параметра массы 1000 семян

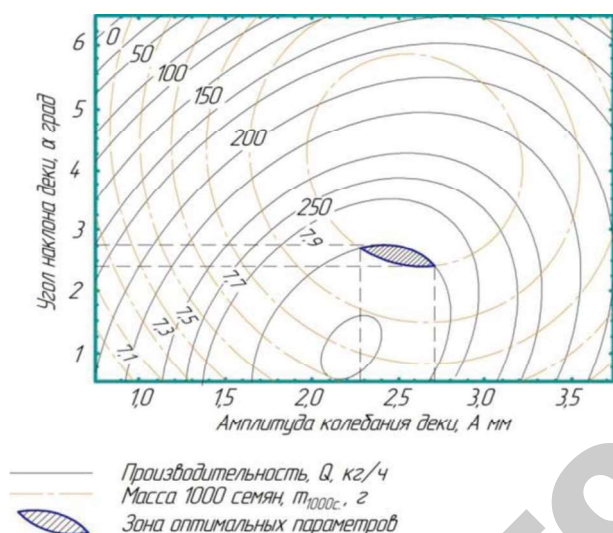


Рисунок 4. Схема графической оптимизации процесса сортирования семян рапса по удельному весу

На основании графического метода проведения оптимизации определены оптимальные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие выделение фракции семян рапса с наибольшим удельным весом и при максимальной производительности: амплитуда колебания деки – 2,5 мм; частота колебания деки – 19,5 Гц; скорость воздушного

потока – 1,2 м/с; угол наклона деки – 2,6 град.

Данные оптимальные параметры апробированы на вибропневматическом сепараторе. В таблице 1 представлены результаты по определению посевных свойств семян рапса до и после вибропневмосортирования.

Из представленных в таблице 1 данных видно, что после вибропневмосортирования рапса масса 1000 семян у сорта «Водолей» повышена на 2,7 г, у сорта «Неман» на 2,9 г, натура на 22 и 21,6 г/л соответственно выше, чем у исходных семян. Анализируя полученные данные по определению энергии прорастания и всхожести семян рапса, можно сделать вывод о том, что плотная фракция семян обладает повышенными посевными свойствами. Энергия прорастания и всхожесть данных фракций на 11 % больше, по сравнению с исходными семенами, что свидетельствует о высокой эффективности вибропневматического сепаратора для предпосевной подготовки семян рапса.

Оценка эффективности доработки семян рапса на вибропневматическом сепараторе проводилась в производственных условиях на опытных полях ЧУП КФХ «Родовое гнездо» (сорт «Водолей») и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (сорт «Неман»). Посев доработанными семенами позволил увеличить урожайность рапса по сравнению с контрольной партией на 16,5 (сорт «Водолей») и 13,4 % (сорт «Неман»).

Таблица 1. Свойства семян рапса до и после обработки на разработанном вибропневматическом сепараторе

Сорт	Наименование фракции	Масса 1000 семян, г	Натура семян, г/л	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Водолей	Исходная (без обработки)	6,7	651,6	78,5	82,5
	Плотная (после обработки)	9,4	673,6	89,5	93,5
Неман	Исходная (без обработки)	6,8	654,2	80,5	86,5
	Плотная (после обработки)	9,7	675,8	90,5	95,5

**Заключение**

Разработана новая конструкция прямооточного вибропневматического сепаратора, которая может быть использована для сортирования семян рапса по удельному весу.

Технологический эффект от применения вибропневматического сепаратора на стадии окончательной очистки семян заключается в следующем: выделение семян с высоким потенциалом урожайности, высокой энергией прорастания и всхожестью; выделение трудноотделимых примесей из семенных смесей, включая семена культурных растений; выделение из семенных материалов семян травмированных, пораженных насекомыми и инфицированных; уменьшение разнокачественности растений.

Оптимальными параметрами работы разработанного вибропневматического сепаратора при максимальной технологической эффективности процесса сортирования семян рапса по удельному весу являются: амплитуда колебания деки – 2,5 мм; частота колебания деки – 19,5 Гц; скорость воздушного потока – 1,2 м/с; угол наклона деки – 2,6 град.

Проведенные лабораторные и производственные исследования доказали высокую эффективность сортирования семян рапса на разработанном вибропневматическом сепараторе. При условии высокого уровня технологии возделывания применение вибропневматического сепаратора позволит увеличить урожайность семян рапса в зависимости от качества семян на 10-15 %.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Фадеев, Л.В. Отборные семена – на каждое поле. Первый этап получения отборных семян / Л.В. Фадеев // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 31-33.

2. Фадеев, Л.В. Без пневмовибростола нельзя получить сильные семена / Л.В. Фадеев // Хлебопродукты. – 2013. – № 8. – С. 24-27.

3. Moshatati, A. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat / A. Moshatati, M.H. Gharehneh // Intl J Agri Crop Sci. – 2012. – Vol. 4. – № 8. – P. 458-460.

4. Umarani, R. The effect of specific gravity separation on germination and biochemical potential of Casuarina equisetifolia seeds / R. Umarani, K. Vanangamudi // Journal of Tropical Forest Science. – 2002. – P. 207-212.

5. Поздняков, В.М. Повышение эффективности подготовки семенного материала на основе совершенствования конструкции сепаратора вибропневматического принципа действия / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, А.И. Ермаков // Вестник БГСХА. – 2014. – № 1. – С. 163-167.

6. Шило, И.Н. Производительность прямооточного вибропневматического сепаратора зерновой смеси / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко // Вест. Нац. акад. наук Беларуси: сер. аграр. наук. – 2018. – Т. 56. – № 1. – С. 99-108.

7. Шило, И.Н. Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, Я.Э. Пилук // Агропанорама. – 2018. – №1. – С. 5-8.

8. Поздняков, В.М. Экспериментальное исследование сортирования семян рапса на вибропневматическом сепараторе / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, П.И. Павлюкевич, Е.З. Матеев // Вестник Евразийского технологического университета. – Алматы, Казахстан. – 2016. – №4. – С. 5-12.

9. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян: ГОСТ 12042-80. – Введен 30.06.81 (взамен ГОСТ 12042-66) . – М: Стандартинформ, 2011. – С. 109-114.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.01.2020

**Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55**



Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопашотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:  
- регулируемая ширина захвата;  
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

Производство плугов освоено на ДП «Минойтровский ремонтный завод». Изготовлено 37 плугов.

В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.

**Основные технические данные**

Тип.....	навесной
Тип корпуса.....	полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....	0,65... 1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....	400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....	7...9
Масса плуга конструкционная, кг.....	не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....	1,20/1,35/1,50/1,65