

УДК 631.362.3

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ЛЬНА

И.Н. Шило,

докт. техн. наук, профессор

В.М. Поздняков,

Заместитель Председателя Федерации профсоюзов Беларуси, канд. техн. наук, доцент

С.А. Зеленко,

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

В статье представлены результаты экспериментальных исследований процесса сортирования семян льна по удельному весу на разработанном сепараторе вибропневматического принципа действия. Впервые определены оптимальные параметры работы вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян льна по удельному весу: амплитуда колебания деки – 2,30-2,76 мм; частота колебания деки – 19,5 Гц; скорость воздушного потока – 1,2 м/с; угол наклона деки – 3,0-3,35 град. Полученные результаты внедрены на линии подготовки семян ОАО «Дворецкий льнозавод».

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

The results of the experimental research of flax seeds specific weight assortment using the designed vibropneumatic separator are presented in the article. For the first time the optimal parameters of the vibropneumatic separator ensuring the best technical efficiency of flax seeds specific weight assortment (the amplitude of the vibrations deck 2,30-2,76 mm; soundboard vibration frequency of 19,5 Hz; air velocity 1,2 m/s; the angle of inclination of the deck 3,0-3,35 degrees) were determined. These optimal parameters were tested on the vibropneumatic separator under the production conditions of the seeds assortment line of JSC «Dvoretzky flax plant».

Key words: vibropneumatic separator, assort, flax seeds, fluidized bed, specific weight.

Введение

Наращивание в республике мощностей перерабатывающих предприятий обусловило необходимость увеличения объемов возделывания технических сельскохозяйственных растений. Согласно Государственной программе «Аграрный бизнес» в Республике Беларусь на 2021-2025 годы, производство льноволокна в 2025 году должно составить 55 тыс. тонн, при обеспечении повышения урожайности льноволокна до 11 центнеров с гектара. Выполнение прогнозных показателей возможно только при условии строгого соблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур и обеспечения высокого качества используемых для посева семян. Как отмечают специалисты, при строгом выполнении всех технологических процессов и применении качественных семян, рентабельность производства льна-долгунца может достигать 70 % [1, 2].

В современных условиях эффективность технологии возделывания льна-долгунца зависит от соблюдения технологии и качества используемых для посева семян. Хорошо выполненные полноценные семена, обладающие повышенным удельным весом, имея необходимый запас всех питательных веществ для развития проростка и лучше сформированный

зародыш, обеспечивают образование более мощных проростков. Это ускоряет полевую всхожесть, дает возможность получить более мощные растения, сокращает выпадение их в период вегетации. В составе семян содержится от 60 до 70 % крахмала и протеина, наиболее тяжелых составляющих, которые обеспечивают наибольшую массу семени. Чем выше содержание протеина, тем выше энергия прорастания, а расщепленный крахмал обеспечивает питание зародыша в процессе прорастания семени.

Зарубежными и отечественными исследователями доказано, что сортирование по удельному весу является наиболее эффективным принципом предпосевной обработки, включающим в себя комплекс физико-механических свойств семени [3-6].

В ведущих льносеющих странах Европейского союза (Франция, Бельгия, Нидерланды) сортировка семян по удельному весу на пневмосортировальных столах осуществляется в обязательном порядке, и без данного этапа сертификат на семена не может быть получен.

В Республике Беларусь по нашим оценкам в настоящее время время только около 15 % семян сортируют по удельному весу. В результате на значительных площадях для сева используют семена, которые имеют низкие посевные свойства, что приводит к недобору

урожая на уровне 10-15 %, а также является причиной недостаточно высокого качества льноволокна.

Целью работы является анализ экспериментальных данных сортирования семян льна на прямооточном вибропневматическом сепараторе и апробация полученных данных в производственных условиях.

Основная часть

Отечественные сорта льна-долгунца имеют высокий потенциал урожайности и при соблюдении основных агротехнологических параметров возделывания и уборки могут обеспечивать получение тресты до 60-65 центнеров с гектара. Однако проблемой является то, что в настоящее время в Республике Беларусь не существует серийно выпускающегося технологического оборудования, позволяющего производить сортирование семян льна с высокой точностью.

На этапе подготовки семян не проводится их сортирование по удельному весу, а лишь осуществляется обработка на ситовых сепараторах и триерах (машины типа «Петкус Гигант» К 531 А) и очистка от трудноотделимых сорняков (семяочистительная машина СОМ-300).

В этой связи основным направлением при получении качественного посевного материала семян льна является внедрение вибропневматического оборудования в линию очистки семян.

Для достижения поставленной цели на базе лаборатории послеуборочной обработки зерна и семян БГАТУ разработана и изготовлена лабораторная установка, позволяющая проводить исследования процессов сортирования семян льна и других сельскохозяйственных культур по удельному весу под действием вибрации и восходящих потоков воздуха. Ее схема представлена на рисунке 1.

В ходе предварительных экспериментов авторами определены интервалы варьирования входных факторов для проведения полнофакторного эксперимента: амплитуда колебания деки, $A=1,5-3$ мм; частота колебания деки, $f_0=17-22$ Гц; скорость воздушного потока, $v_0=0,9-1,5$ м/с; угол наклона сетчатой деки, $\alpha=2-5^\circ$.

Проведенными исследованиями [7-8] установлено, что технологическая эффективность процесса сортирования семян по удельному весу на вибропневматическом оборудовании определяется такими показателями, как масса 1000 семян и производительность.

Исследования показали, что зависимость значения массы 1000 семян и производительности прямооточного вибропневматического сепаратора от режимно-конструктивных параметров работы носит сложную функциональную зависимость и требует более детального анали-

за. Для этого использовались современные пакеты программ обработки экспериментальных данных STATISTICA и STATGRAPHICS Centurion, которые позволили исследовать зависимость параметров оптимизации (производительность и масса 1000 семян) от режимно-конструктивных параметров работы сепаратора в диапазоне варьирования входных факторов.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены уравнения регрессии для параметров оптимизации:

– масса 1000 семян:

$$m_{1000c.} = -3,265 + 0,476 \cdot \alpha + 0,788 \cdot A + 0,556 \cdot f_0 + 1,525 \cdot v_0 - 0,032 \cdot \alpha^2 - 0,0071 \cdot \alpha \cdot f_0 - 0,074 \cdot \alpha \cdot v_0 - 0,157 \cdot A^2 - 0,014 \cdot f_0^2 - 0,494 \cdot v_0^2 \quad (1)$$

– производительность:

$$Q = -2002,9 + 111,927 \cdot \alpha + 318,076 \cdot A + 146,931 \cdot f_0 + 459,744 \cdot v_0 - 6,937 \cdot \alpha^2 + 8,078 \cdot \alpha \cdot A - 3,77 \cdot \alpha \cdot f_0 - 25,139 \cdot \alpha \cdot v_0 - 48,682 \cdot A^2 - 5,593 \cdot A \cdot f_0 - 1,965 \cdot f_0^2 - 22,15 \cdot f_0 \cdot v_0 - 67,176 \cdot v_0^2 \quad (2)$$

Оценку адекватности полученных регрессионных моделей проводили по критерию Фишера (F). Данная оценка показала, что уравнения (1) и (2) адек-

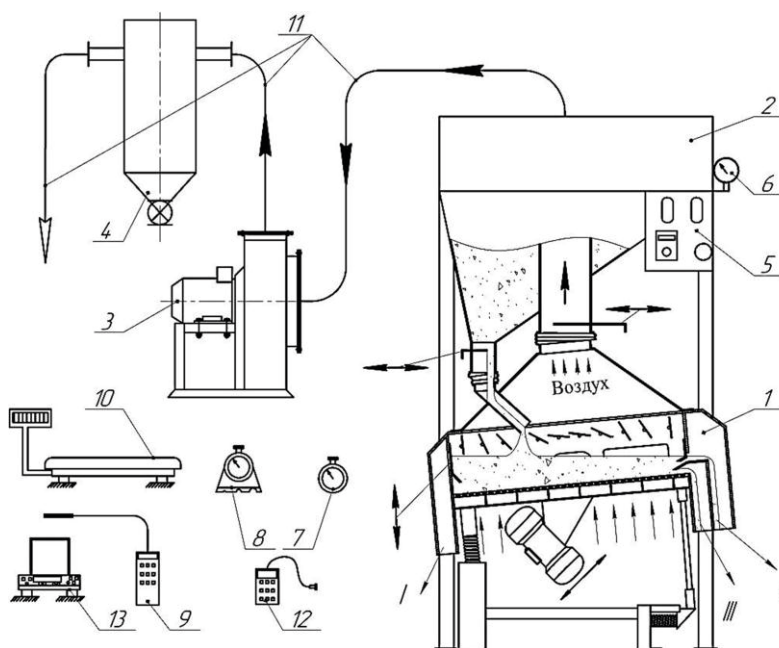


Рисунок 1. Схема лабораторной установки: I – легкая фракция (легковесные и низкокачественные семена); II – средняя фракция (основная партия семян); III – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); 1 – лабораторный вибропневматический сепаратор; 2 – загрузочный бункер; 3 – вентилятор ВР 132-30; 4 – осадочная камера; 5 – панель управления лабораторной установкой; 6 – манометр КМВ-22Р; 7 – секундомер; 8 – угломер маятниковый ЗУРИ-М; 9 – анемометр ТКА-ПКМ-50; 10 – весы; 11 – воздухопровод; 12 – виброанализатор СД-21; 13 – влагомер МАХ 50

ватны экспериментальным данным, т.к.
 $F_Q = 0,23 \langle F_{табл.} = 1,92 \text{ и } F_{1000с.} = 0,07 \langle F_{табл.} = 1,84.$

На рисунке 2 и 3 представлены поверхности отклика и линии равного уровня для параметров опти-

мизации масса 1000 семян и производительность.

Поскольку критерием эффективной работы сепаратора является обеспечение максимального значения массы 1000 семян при наибольшей производи-

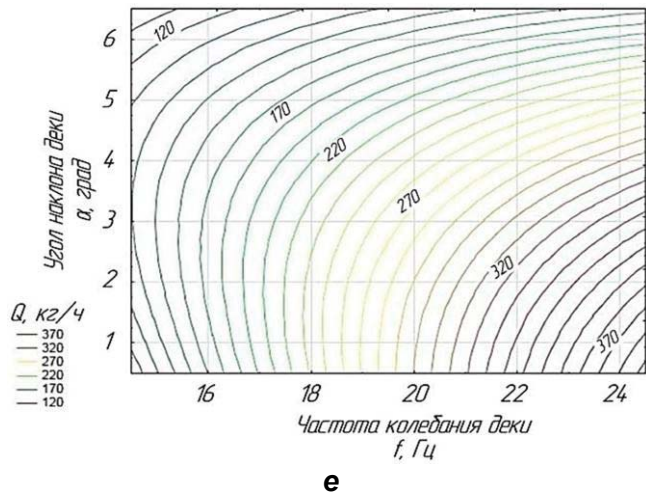
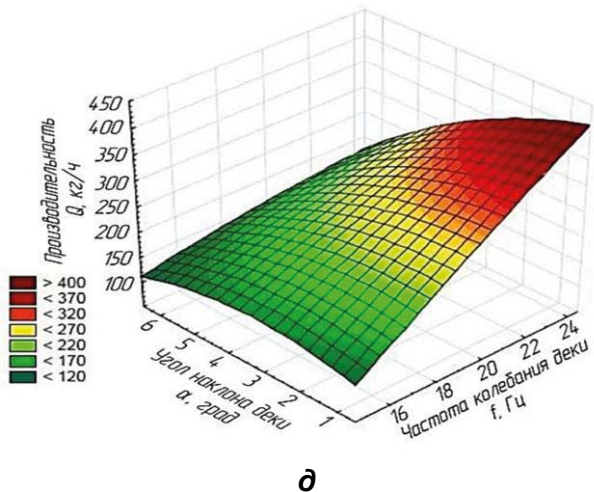
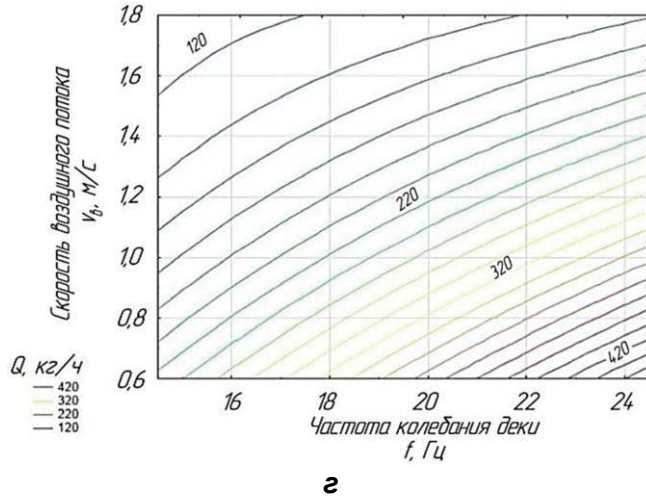
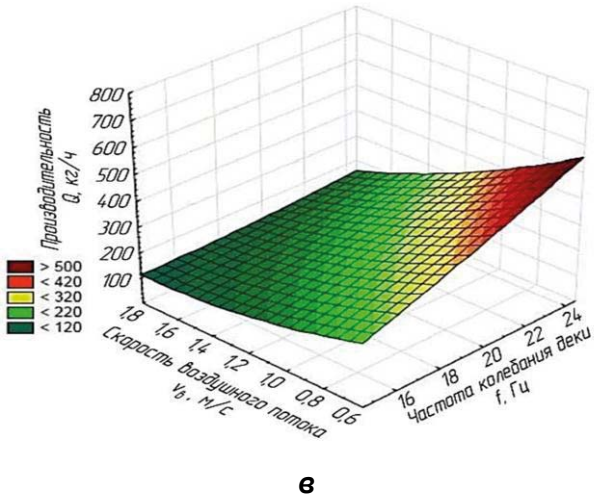
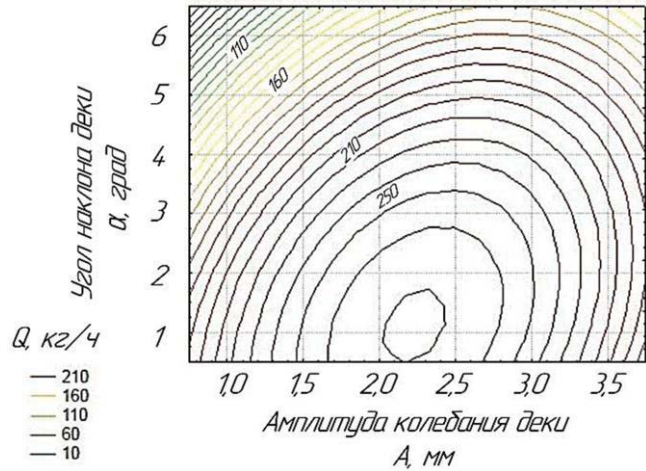
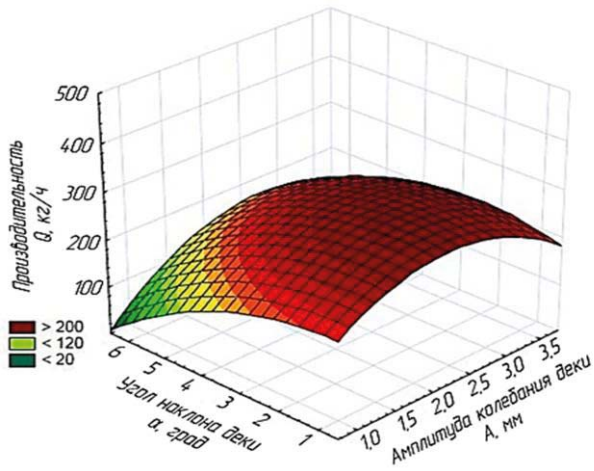


Рисунок 2. Поверхности отклика и линии равных уровней для параметра оптимизации «производительность»:

- а, б – зависимость производительности от угла наклона и амплитуды колебания деки;
- в, г – зависимость производительности от скорости воздушного потока и частоты колебания деки;
- д, е – зависимость производительности от угла наклона и частоты колебания деки

сти, то целью экспериментальных исследований являлось определение параметров работы разработанного вибропневмосепаратора, удовлетворяющих данному условию. Определение оптимальных параметров работы сепаратора, обеспечивающих максимальное значение массы 1000 семян с максимально воз-

можной производительностью, осуществлялось графическим методом путем наложения линий равного уровня параметров оптимизации.

В результате наложения линий равного уровня для параметров оптимизации производительность, представленной на рисунке 2б, и масса 1000 семян,

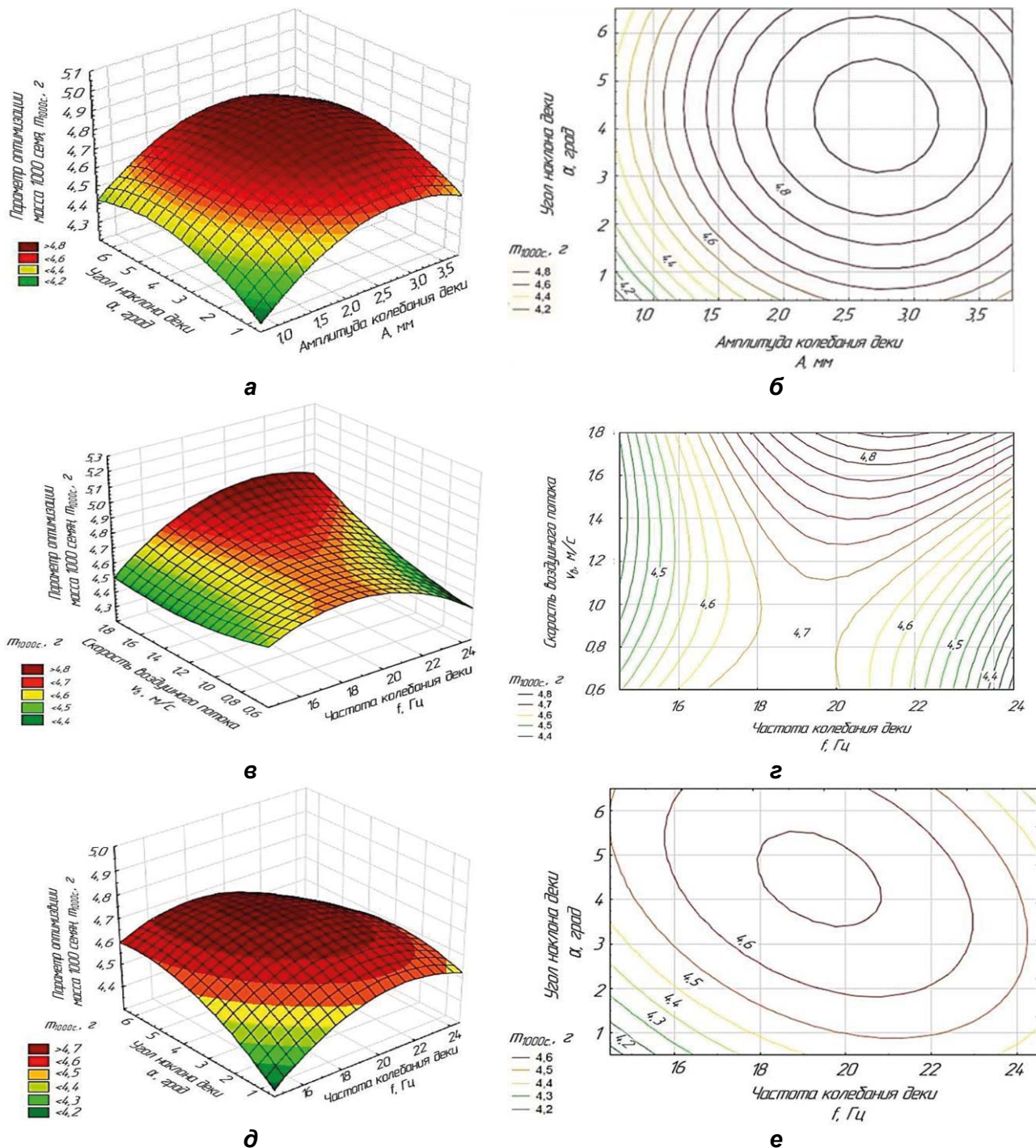


Рисунок 3. Поверхности отклика и линии равных уровней для параметра оптимизации масса 1000 семян: а, б – зависимость показателя массы 1000 семян от угла наклона и амплитуды колебания деки; в, г – зависимость показателя массы 1000 семян от скорости воздушного потока и частоты колебания деки; д, е – зависимость показателя массы 1000 семян от угла наклона и частоты колебания деки

приведенной на рисунке 3б, получена графическая зависимость, изображенная на рисунке 4.

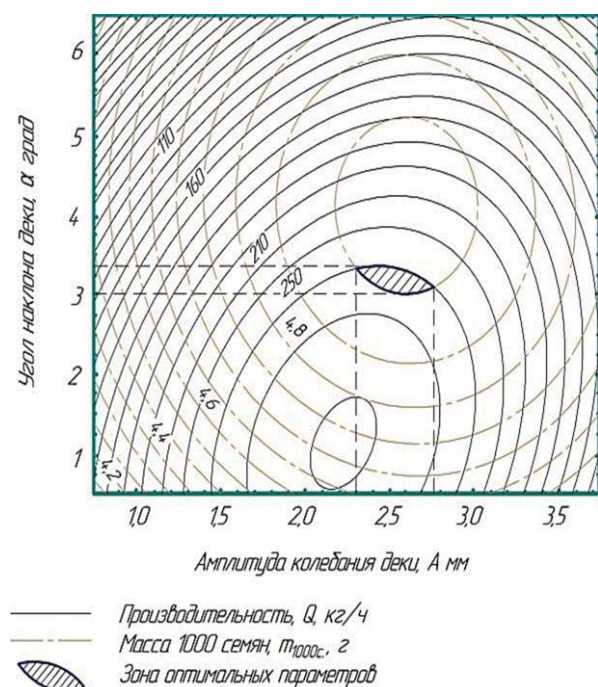


Рисунок 4. Схема графической оптимизации процесса сортирования семян льна по удельному весу

Оптимальные параметры работы вибропневматического сепаратора, на основании графического метода проведения оптимизации, обеспечивающие максимальный показатель массы 1000 семян и наибольшую производительность процесса сортирования семян льна по удельному весу, представлены в таблице 1.

На базе участка «Лида» ОАО «Кореличи-Лен» проведена производственная апробация способа предпосевной подготовки семян льна с использованием прямооточного вибропневматического сепаратора. По результатам полевых опытов (сорт «Левит-1») получены следующие результаты: увеличение урожайности льнотресты с 30 ц/га до 39 ц/га, повышение общего выхода льноволокна с 23,51 % до 25,58 %, увеличение выхода длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 % по сравнению с контрольным образцом семян без обработки на прямооточном вибропневматическом сепараторе.

Расчетный экономический эффект от внедрения разработки составил 696,1 руб. на 1 га посевной площади льна. Таким образом, окупаемость внедрения в линию подготовки семян разработанного вибропневматического сепаратора составляет около года.

Производственная апробация с применением разработанного вибропневматического сепаратора на этапе предпосевной подготовки семян льна (сорт «Сюзанна») проводилась также в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод».

На рисунке 5 представлен общий вид промышлен-



Рисунок 5. Общий вид прямооточного вибропневматического сепаратора

ленного прямооточного вибропневматического сепаратора, установленного в линии для предпосевной подготовки семян в ОАО «Дворецкий льнозавод».

По состоянию на 01.04.2021 г. фактическая наработка прямооточного вибропневматического сепаратора ПВС-500 составила 303 т. (2020 г. – 40 т., 2021 г. – 263 т.).

В процессе сортирования на вибропневматическом сепараторе семена не травмируются, т.к. обработка производится в псевдооживленном слое, что позволяет при необходимости повторно направлять на сортирование среднюю фракцию семян льна.

Технологический эффект от применения разработанного вибропневматического сепаратора на ста-

Таблица 1. Оптимальные параметры сортирования семян льна по удельному весу

Параметры	Амплитуда колебания деки, мм	Частота колебания деки, Гц	Скорость воздушного потока, м/с	Угол наклона деки, град.
Значение входных факторов	2,30-2,76	19,5	1,2	3,0-3,35

дии окончательной очистки семян льна заключается в следующем:

- выделение семян с высокими посевными свойствами;
- выделение трудноотделимых примесей из семенных смесей, включая семена культурных растений;
- выделение из семенных материалов семян травмированных, пораженных насекомыми и инфицированных семян;
- уменьшение разнокачественности растений.

По сравнению с существующими машинами для сортирования зерна и семян по удельному весу (пневмосортировальными столами), разработанный прамоточный вибропневматический сепаратор обладает рядом преимуществ:

- простота конструкции и настройки за счет использования деки с продольным углом наклона;
- возможность настройки оптимальных режимно-конструктивных параметров работы под различные технические и зернобобовые культуры;
- низкая стоимость по сравнению с аналогами и простота обслуживания.

Заключение

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан инновационный прамоточный вибропневматический сепаратор, который позволяет значительно повысить качество семян льна за счет их сортирования по удельному весу в псевдооживленном слое.

Для предложенного вибропневматического сепаратора при сортировании семян льна определены оптимальные параметры работы, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян по удельному весу:

- амплитуда колебания деки – 2,30-2,76 мм;
- частота колебания деки – 19,5 Гц;
- скорость воздушного потока – 1,2 м/с;
- угол наклона деки – 3,0-3,35 град.

Проведенные производственные испытания доказали высокую эффективность сортирования семян льна на разработанном вибропневматическом сепараторе, который может применяться как отдельное оборудование для окончательной доработки семян, так и в составе поточной семяочистительной линии. В про-

цессе обработки семена не травмируются, так как отсутствует механическое воздействие, что также положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шаршунов, В.А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 267-271.
2. Левчук, В.А. Результаты экспериментальных исследований обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна / В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2021. – №1. – С. 149-155.
3. Галкин, А.Д. Машины и оборудование послеуборочной обработки зерна и подготовки семян из влажного комбайнового вороха: рекомендации / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2020. – 47 с.
4. Сычуглов, Н.П. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав: монография / Н.П. Сычуглов, Ю.В. Сычуглов, В.И. Исупов. – Киров: ВЕСИ, 2015. – 404 с.
5. Дринча, В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж, 2006. – 384 с.
6. Галкин, В.Д. Сепарация семян в вибропневмооживленном слое: технология, техника, использование / В.Д. Галкин, В.А. Хандриков, А.А. Хавыев. – Пермь, 2017 – 170 с.
7. Шило, И.Н. Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, Я.Э. Пилуок // Агропанорама. – 2018. – № 1. – С. 5-8.
8. 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.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.09.2021