

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Зеленко Сергея Анатольевича «Сортирование семян льна по удельному весу на прямоточном вибропневматическом сепараторе»**, представленную к защите в совете по защите диссертаций Д 05.31.02 при учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа Зеленко С.А. выполнена в отрасли технических наук и соответствует специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства, так как она содержит новые научно-обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, использование которых позволит повысить посевные качества семян льна путем их сортирования по удельному весу на прямоточном вибропневматическом сепараторе, что соответствует требованиям пунктов 1, 2 и 3 «Паспорта специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства» (приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 23 декабря 2022 г. № 462).

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений.

2 Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы Зеленко С.А. не вызывает сомнений. Республика Беларусь является известным в мире производителем льна, стебельчатая растительная масса которого используется в текстильной промышленности, производящей льноволокно – одного из важных экспортируемых из страны видов продукции. Кроме того, учитывая высокие показатели пищевой ценности семян, все большее внимание специалистов уделяется им, как сырью для производства льняного масла, используемого в пищевой промышленности. Эти два важных направления и обуславливают необходимость увеличения объемов возделывания льна, а это возможно только при росте производства высококачественных семян льна. Безусловно, производство льноволокна является определяющим направлением деятельности в АПК страны.

Согласно Государственной программе «Аграрный бизнес в Республике Беларусь на 2021–2025 годы» производство льноволокна в 2025 г. должно составить 55 тыс. т, при обеспечении повышения урожайности льноволокна до 11 ц/га. Выполнение прогнозных показателей согласно требованиям Закона Республики Беларусь от 7 мая 2021 года № 102-З «О селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений» возможно только при соблюдении технологии возделывания семян льна и обеспечении высокого

качества используемых для посева семян.

Анализ применяемых в Республике Беларусь машин и оборудования для предпосевной сортировки семян льна показал, что для их подготовки к посеву путем отбора высококачественных семян применяемые технические средства имеют ряд недостатков. Высев некачественными семенами приводит к значительным убыткам сельхозпроизводителей. Наряду со снижением потенциальной урожайности, в почву также попадает часть семян, которые не способны к прорастанию из-за своей низкой биологической активности и которые при высоком качестве сортирования могут быть использованы только на пищевые или кормовые цели. Поэтому вопросы разработки и создания прямоточного вибропневматического сепаратора, позволяющего повысить эффективность сортирования семян льна по удельному весу за счет обоснования оптимальных конструктивных и технологических параметров его работы, являются весьма актуальными.

Актуальность рассматриваемой тема диссертации убедительно подтверждает её выполнение в рамках Государственной программой научных исследований «Инновационные технологии в АПК», 2011–2015 гг. (подпрограмма «Инновационные системы земледелия» по следующим направлениям:

- по заданию 3.51 «Разработка научных основ повышения эффективности очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей путем оптимизации режимно-конструктивных параметров работы технологического оборудования» (№ ГР 20123482);

- по заданию 3.85 «Повышение эффективности подготовки семенного материала путем сортирования зерновой массы по биологической ценности с разработкой вибросортировальной машины с рециркуляцией воздушного потока» (№ ГР 20142112)),

а также по программам научно-исследовательских работ:

- «Исследование процесса вибропневматического сортирования сыпучих материалов с целью создания высокоэффективного оборудования для предпосевной подготовки семян технических культур» согласно договору с БРФФИ (№ ГР 20181672),

- «Разработка и изготовление прямоточного вибропневматического сепаратора для предпосевной подготовки семян в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод» согласно договору с ОАО «Дворецкий льнозавод» № 01.19 от 21 января 2019 г.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Научная новизна заключается в получении аналитических зависимостей, позволяющих моделировать процесс сортирования семян на сетчатой деке прямоточного вибропневматического сепаратора с учетом их физико-механических свойств и конструктивных параметров оборудования;

– получении аналитических зависимостей, которые легли в основу

расчета минимально необходимой длины сетчатой деки, при которой обеспечивается сортирование компонентов сыпучей смеси на фракции, отличающиеся удельным весом;

– получении адекватных регрессионных зависимостей, устанавливающих влияние конструктивных и технологических параметров работы вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций на производительность и значение показателя массы 1000 семян.

Новизна технических решений по совершенствованию прямоточного вибропневматического сепаратора подтверждена полученными тремя патентами Республики Беларусь на полезную модель (ВУ 9415, ВУ 9505 и ВУ 9836) и тремя патентами на изобретения (ВУ 20450, ВУ 20680 и ВУ 21027), соавтором по которым является соискатель Зеленко С.А.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выводы по диссертационной работе включают шесть пунктов, сформулированных по материалам собственных исследований соискателя А.С.Зеленко. Они нашли отражение в публикациях автора, на что в диссертации и автореферате имеются соответствующие ссылки. Основные результаты исследований апробированы в научных публикациях автора и доложены на международных и республиканских научных конференциях.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе С.А.Зеленко, не вызывают сомнений, так как они основываются на использовании современных методов математической статистики, применении для анализа прикладных компьютерных программ, удовлетворительной сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований, реализации полученных результатов в опытных экспериментальных и производственных образцах вибропневмосепараторов. Кроме того, обоснованность и достоверность обусловлены использованием современных технических контрольно-измерительных приборов и стандартных методик проведения экспериментальных исследований. Научные положения и выводы по диссертации не противоречат современным представлениям в области теории технических средств по вибропневмосепарированию, а также основам прикладной механики, системного анализа и математической статистики.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертации состоит в результатах:

– получении математической модели, описывающей изменение производительности вибропневматического сепаратора с прямоточным

разделением фракций в зависимости от угла наклона, амплитуды и частоты колебания сетчатой деки, а также скорости воздушного потока в рабочей камере сепаратора;

– обосновании схемы движения и распределения средних скоростей погружения тяжелой частицы по толщине основного слоя семян, которая положена в основу разработки конструкции вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций и использована при получении уравнения для расчета минимально необходимой длины сетчатой деки, при которой обеспечивается сортирование компонентов сыпучей смеси на фракции, отличающиеся удельным весом;

– получении математических моделей, позволяющих обосновать рациональные конструктивные и технологические параметры работы вибропневмосепаратора, при которых достигается максимальная эффективность процесса сортирования семян льна по удельному весу: амплитуда колебания деки 2,30–2,76 мм; частота колебания деки ($19,5 \pm 1,0$), Гц, скорость воздушного потока в камере ($1,2 \pm 0,1$) м/с; угол наклона деки $3,00^\circ$ – $3,35^\circ$

Практическая значимость диссертационной работы заключается в использовании теоретических положений и результатов экспериментальных исследований при разработке прямоточного вибропневмосепаратора ПВС-500, который позволяет повысить посевные качества семян льна на 10–15% (при условии соблюдения технологии возделывания). Практическая значимость результатов работы подтверждена внедрением разработанного прямоточного вибропневмосепаратора для сепарации семян льна на следующих предприятиях:

- на базе участка «Лида» ОАО «Кореличи-Лен» (приложение Ж, стр. 176);

- в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод» в 2019 г., протокол № 1-2019 ПИ от 08.10.19 г. (приложение З, стр. 182) и в 2021 г., акт. № 1 от 01.04.2021 г. (приложение И, стр. 192).

Экономическая значимость результатов определяется годовым экономическим эффектом от внедрения одного вибропневматического сепаратора при предпосевной подготовке семян льна, который составил 415 518 руб. за счет увеличения урожайности льнотресты с 30 до 39 ц/га, повышение общего выхода льноволокна с 23,51 % до 25,58 %, увеличение выхода длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 %.

Социальная значимость состоит в обеспечении льносеющих сельскохозяйственных организаций семенами льна, обладающими повышенными посевными свойствами.

Результаты диссертации могут быть использованы научно-исследовательскими и проектно-технологическими организациями при разработке новых машин, предназначенных для сортирования семян льна по удельному весу, а также при повышении качества образовательного и исследовательского процесса кафедры «Технологии и техническое

обеспечение процессов переработки сельскохозяйственной продукции» БГАТУ.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Опубликованность результатов диссертации отвечает требованиям ВАК Республики Беларусь. По теме диссертации опубликованы 58 научных работ, из них: 15 статей – в журналах и сборниках, рекомендованных ВАК Республики Беларусь, 30 статей – в материалах научных конференций и зарубежных сборниках научных работ; 7 – в сборниках тезисов докладов, 3 патента на полезную модель и 3 патента на изобретение. Публикации отражают основные научные положения диссертации.

Автореферат диссертации А.С.Зеленко соответствует требованиям ВАК Беларуси и отражает в поной мере её содержание.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Оформление диссертации соответствует требованиям «Инструкции о порядке оформления диссертации, диссертации в виде научного доклада, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации» (Постановление Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28.02.2014 г. № 3 в редакции постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.08.2022 г. № 5). В оформлении рассматриваемой диссертации Зеленко С.А. прослеживается логически связанное и последовательное изложение материала.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Представленная диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует Положению ВАК Беларуси и специальности специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки), по которой она заявлена для защиты. Изучение диссертационной работы Зеленко С.А, ее автореферата и опубликованных работ по теме диссертации подтверждают его высокую научную квалификацию в области механизации сельского хозяйства. Рассматриваемая диссертация является законченным самостоятельным квалифицированным научным трудом и содержит новые, научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, которые имеют существенное значение для развития сельского хозяйства в современных условиях.

9. Замечания по работе.

1. В разделе 1.2 главы 1 следовало привести более конкретный анализ достоинств и недостатков существующих машин с численными значениями показателя качества получаемых семян льна. Так, в разделе 1.3 нет информации по сравнению конкретных параметров анализируемых

вибропневмосепараторов (производительности, углов установки деки, скорости воздушного потока и т.д.).

2. В разделе 1.3 этой же главы нет анализа возможности применения для сортирования семян льна новых технических решений на уровне изобретений других авторов, что снижает значимость проделанной соискателем работы.

3. На рисунке 2.1 (стр. 41) автору следовало бы указать проекции анализируемых сил на соответствующие оси. Соискателю также следует разъяснить, почему сила инерции имеет действие только в одном направлении.

4. По формулам 2.13 и 2.14 (стр. 44) необходимо дать пояснения, в какой степени и к каким частицам на деке они применимы, в т.ч. к семенам льна.

5. Соискателю следует уточнить, для какого состояния массы семенного вороха на деке анализируется насыпная плотность семян по формуле 2.19 (стр. 45) - до сепарации или в псевдосжиженном слое.

6. Физико-механические и технологические свойства семян льна представлены в разных разделах диссертации отдельными фрагментами. Было бы правильней посвятить этому вопросу отдельную главу или бы хотя бы один подраздел в главе 3 «Экспериментальные исследования...» с детальным описанием методик и приборов определения этих свойств.

7. Согласно ГОСТ 10840-2017, введенный в действие с 01.07.2019 г. показателями качества являются натурная масса и масса 1000 семян. На стр. 64 соискатель совершенно справедливо указывает, что натурная масса объекта исследований зависит от размера семян, плотности укладки семян, состояния поверхности и не является устойчивым признаком определения качества семян. Им же для оценки качества сепарирования выбран только показатель «масса 1000 семян». Не ясно, для каких семян - качественных (одинаковых по массе) или всех, в том числе поврежденных и некондиционных. Является ли применение только одного этого показателя достаточным для объективной оценки эффективности работы разработанного вибропневмосепаратора?

8. К сожалению, в диссертации отсутствует методика выбора параметров разработанного вибропневмосепаратора для разных условий сепарации семян льна, в которой соискателем были бы приведены в сжатой форме результаты теоретических и экспериментальных исследований по диссертации, а также рекомендации по последовательности их применения при проектировании конкретного вибропневмосепаратора соответствующей производительности. В технических науках лучшим решением этого вопроса является приведение конкретных результатов в виде номограмм по выбору параметров устройств и их отдельных рабочих органов, исходя из состояния объекта обработки и достижения требуемой производительности устройств, соответствующих показателей качества конечного продукта с оценкой энергозатрат на выполнение технологического процесса.

9. В п. 5.3 (стр. 111) автором приводятся результаты производственной апробации вибропневматического сепаратора для предпосевной подготовки семян рапса, но не ясно при каких конструктивных и технологических параметрах сепаратора проведено пневмосортирование, т.к. семена льна и рапса имеют разные геометрические размеры и разный удельный вес.

10. В приложении к диссертации со стр. 193 по стр.219 приведены документы, подтверждающие применение разработанного вибропневмосепаратора для сепарации рапса и зерна, а также факты проведение исследований по теме диссертации в рамках государственных программ и планируемых НИР учреждения образования БГАТУ, что подчеркивает только значимость применения таких устройств и не имеет непосредственного отношения к теме диссертации, посвященной исследованиям сепарации семян льна. Приведенная информация лишь свидетельствует о том, что соискатель начал свои научные исследования вибропневмосепараторов в 2015 г. Считаю, что прямой необходимости в этом не было. В рассматриваемой диссертационной работе достаточно результатов исследований по вибропневмосепарированию семян льна для положительной оценки диссертации и соискателя, как подготовленного научного работника для присуждения ученой степени кандидата технических наук.

11. Из текста диссертационной работы не ясно, каким предприятием был изготовлен вибропневмосепаратор ПВС-500. В подрисуночной подписи к рис. 5.14 (стр. 107) соискатель указывает в названии «Промышленный прямоточный вибропневматический сепаратор ПВС-500». Соискатель должен пояснить, правомочно ли использование этого термина. Были ли переданы результаты исследований проектной организации? Разработана ли конструкторская документация на проектирование этого оборудования? Планируется ли выпуск предлагаемого сепаратора в условиях машиностроительных предприятий и в какие сроки? В приложениях к диссертации эти сведения в виде соответствующих документов отсутствуют.

10. Заключение

Указанные выше замечания не снижают положительной оценки в целом значимости научных результатов, полученных соискателем А.С.Зеленко. Считаю, что рассмотренная диссертационная работа является законченной квалификационной научной работой и соответствует требованиям пункта 19 и 20 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Зеленко Сергей Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства за новые научные результаты в теории и практике процесса сортирования семян льна по удельному весу включающие:

– результаты теоретических исследований, положенные в основу математического описания изменения производительности

вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций в зависимости от угла наклона, амплитуды и частоты колебания сетчатой деки и скорости воздуха в рабочей камере сепаратора;

– аналитические зависимости для обоснования конструкции вибропневматического сепаратора с прямоточным разделением фракций, позволяющие научно обосновать минимальную длину (0,85–0,90 м) сетчатой деки при погружении тяжелой частицы при толщине слоя 0,04–0,05 м;

– регрессионные модели, описывающие изменение производительности и значение параметра «масса 1000 семян» разработанного вибропневматического сепаратора, позволяющие определить рациональные конструктивные и технологические параметры его работы, при которых достигается максимальная эффективность процесса сортирования семян льна по удельному весу: амплитуда колебания деки 2,30–2,76 мм; частота колебания деки ($19,5 \pm 1,0$) Гц, скорость воздушного потока в камере ($1,2 \pm 0,1$) м/с; угол наклона деки $3,00^\circ$ – $3,35^\circ$;

– результаты производственных испытаний прямоточного вибропневматического сепаратора в линии очистки и подготовки семян льна,

что в совокупности позволило увеличить урожайность льнотресты с 30 до 39 ц/га, повысить общий выход льноволокна с 23,51 % до 25,58 %, увеличить выход длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 %, при этом ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения одного вибропневматического сепаратора при предпосевной подготовке семян льна, составил 415 518 руб. (696, 1 руб. на 1 га посевной площади льна).

Даю согласие на размещение отзыва о диссертации на официальном сайте учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет».

Официальный оппонент,

доктор технических наук (специальность 05.20.01), профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры технологической безопасности и общей физики учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»

Шаршунов В.А.

