ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Леканова Сергея Валерьевича по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов», представленную в диссертационный совет 24.1.211.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1 - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

1 Актуальность темы

Обеспечение продовольственной безопасности и необходимое импортозамещение в отечественном семеноводстве напрямую зависят от технологического уровня послеуборочной обработки зерна. В условиях Сибирского федерального округа классический подход, опирающийся на стационарные зерноочистительные комплексы, сталкивается со значительными экономическими и технологическими барьерами. Соискателем аргументированно выделены три базовых типа модельных хозяйств региона, испытывающих дефицит адаптивности технических средств: предприятия типа А (ориентированные на товарное зерно) страдают от резкой сезонной нестабильности намолота; семеноводческие хозяйства типа Б несут колоссальные временные убытки из-за длительной зачистки линий при высоком сортовом разнообразии; крупные агрохолдинги типа В несут избыточные логистические затраты при перемещении неочищенного вороха из удаленных подразделений к центральным токам.

Стратегическим выходом из сложившегося кризиса является внедрение гибких мобильных технологий. Однако до выполнения комплексного исследования отсутствовал фундаментальный научный аппарат их проектирования в условиях многофакторной неопределенности. Таким

образом, диссертация Леканова С.В., посвященная разработке методологии структурно-параметрического синтеза мобильных зерноочистительных агрегатов, обладает актуальностью для агроинженерной науки и реального сектора АПК.

2 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные результаты, выносимые на защиту, базируются на строгой и представительной методологической базе, включающей системный анализ, детерминированное и стохастическое моделирование, методы математической статистики и системно-структурного синтеза.

Достоверность сформулированных соискателем выводов подтверждается масштабным комплексом натурных экспериментов, сходимостью теоретических уравнений с практическими результатами испытаний полнофункциональных машин (ЦРС, ВЦР-50, ЦВС-30) при производительности до 48,8 т/ч, а также успешным внедрением разработок на ведущих предприятиях Сибири (ООО «Лео», ООО «Русь», КФХ «СибГрейн», СПК «Дружба» и др.). Выводы диссертации полностью сопряжены с поставленными задачами:

- **Вывод 1** (решение задачи 1) ликвидирует теоретический дефицит в проектировании мобильных систем за счет многоуровневой классификации техники по способам пространственной трансформации, загрузки и мобильности.
- **Вывод 2** (решение задачи 3) представляет математическую модель сезонной производительности МЗА. Модель впервые увязывает выработку с логистическими факторами, дислокацией объектов и временем перевода машин из транспортного положения в рабочее.

- **Вывод 3** (решение задачи 2) обосновывает созданный типоразмерный ряд из 7 базовых структурно-функциональных схем МЗА, обеспечивающих полный цикл обработки непосредственно в местах хранения.
- **Вывод 4** (решение задачи 4) определяет геометрические и режимные параметры разработанного инновационного центробежно-решетного сепаратора с вертикальной осью вращения. Аналитически доказано, что рациональный временной фактор сепарации составляет 3…4 с.
- **Вывод 5** (решение задачи 5) фиксирует регрессионные зависимости качества очистки от характеристик исходного зернового материала, подтверждая адекватность математических моделей.
- **Выводы 6 и 7** (решение задачи 6) верифицируют технико-экономическую ценность МЗА, доказывая снижение себестоимости очистки в 1,74–2,58 раза и закрепляя приоритет соискателя 12 патентами РФ.
-

3 Оценка новизны и достоверности научных положений и выводов

Научную новизну диссертационного исследования составляют:

1. Единая научно обоснованная концепция построения мобильных технологий послеуборочной обработки, формализующая синтез адаптивных систем на основе блочно-модульного проектирования.

2. Математическая модель сезонного функционирования МЗА, описывающая влияние стохастических факторов исходного зернового материала и параметров пространственного размещения хозяйств на производительность техники.

3. Типология центробежно-решетных сепараторов (ЦРС) с вертикальной осью вращения и классификация компоновочных решений семяочистительных линий по новым классификационным признакам (автономность, цифровизация, учет залегания грунтовых вод).

4. Механико-математическая модель послойного движения сыпучей среды между пластинами барабана и на поверхности подсевного решета ЦРС, описывающая динамику распределения давлений.

5. Вероятностная модель процесса сепарации, разделяющая прохождение частиц на стадии сегрегации сквозь толщу слоя и непосредственного просеивания сквозь отверстия решета.

6. Комплекс регрессионных уравнений, определяющий рациональные конструктивно-режимные параметры подсевного блока (кинематический режим 3,69; удельная подача 20,5–32,5 т/ч·м²).

Достоверность научных выводов подтверждается: применением законов механики гетерогенных сред, цифровым моделированием воздушных потоков методом вычислительной гидродинамики (CFD) в среде KompasFlow, большим объемом воспроизводимых опытных данных, натурными испытаниями машин при подаче до 48,8 т/ч и получением 12 действующих патентов РФ на изобретения.

4 Оценка содержания диссертационной работы и автореферата

Рецензируемое исследование объемом 473 страницы состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка (334 источника) и 5 приложений.

Во **введении** раскрыта научно-хозяйственная проблема, определены объект, предмет, цель исследования и сформулирована рабочая гипотеза.

В **первой главе** соискателем выполнен глубокий анализ мирового рынка зерноочистительного оборудования с систематизацией опыта 214 фирм-производителей. Выявлено ключевое противоречие между имеющимся зарубежным конструкторским опытом и отсутствием единой теории синтеза машин под агроклиматические условия Сибири.

Вторая глава посвящена математическому описанию МЗА как многокомпонентной системы. Автор формализует обобщенную структурно-

параметрическую модель, вводя логистический вектор в качестве неотъемлемого элемента сквозного технологического цикла.

В **третьей главе** разработаны теоретические предпосылки интенсификации очистки. Особый научный интерес вызывает оригинальное применение математического аппарата каскада химических реакторов для описания стохастического процесса двухступенчатой сепарации.

В **четвертой главе** сформулированы 12 методологических принципов блочно-модульного проектирования, на базе которых осуществлен структурный синтез типоразмерного ряда из 7 схем МЗА (от простых сепараторов до полностью энергоавтономного комплекса «EcoSort Mobile» с фотосепаратором).

В **пятой главе** отражены методики экспериментальных исследований. Описаны уникальные полноразмерные мобильные установки на автомобильном шасси («ГАЗон NEXT») и прицепах, успешно прошедшие проверку в КФХ «СибГрейн» Омской области и ООО «Главагроснаб Алтай». Интегрированные результаты CFD-моделирования доказали высокую эффективность сепарации воздушными системами ЦВС.

В **шестой главе** приведена технико-экономическая оценка, доказывающая кратное преимущество мобильных систем над стационарными аналогами по критериям удельных энергозатрат и себестоимости подработки. Обоснован региональный эффект масштабирования со стабильным получением высокой чистой прибыли.

В **заключении** диссертационного исследования приведены лаконичные, строго структурированные и логически выверенные итоги работы, полностью отражающие решение поставленных во введении задач. Сформулированные рекомендации производству носят выраженный прикладной характер и содержат конкретные инженерно-технические требования к проектированию мобильной техники, подтвержденные внедрением на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и закрепленные 12 действующими патентами РФ на изобретения. Особый научный интерес вызывают

обозначенные автором перспективные векторы дальнейших исследований, связанные с разработкой мобильного блочно-модульного оборудования из унифицированных элементов и интеграцией систем интеллектуального мониторинга для автоматической настройки режимов сепарации в режиме реального времени.

5 Оценка содержания и оформления автореферата диссертации

Представленный автореферат в полной мере раскрывает сущность диссертации, содержит ключевые уравнения, графический материал, таблицы и публикационный реестр соискателя. Оформление автореферата безупречно и строго соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям.

6 Общие замечания по содержанию и оформлению диссертации

При общей крайне высокой оценке диссертационного исследования, считаем необходимым высказать ряд научно-дискуссионных замечаний:

1. В разделе 1.1 указан прогнозируемый период роста рынка оборудования для переработки зерна 2024-2025 год, что на момент представления работы является уже состоявшимся событием.
2. В таблице 1.1 приводятся данные по объёму производства зерноочистительных машин за 2019 и 2020 годы. Однако по двум значениям невозможно сделать вывод о тенденции роста или снижения объёма производства в долгосрочном периоде, в том числе и на текущий момент.
3. На странице 18 указывается, что к 2025 году мировой рынок машин для послеуборочной обработки зерна достигнет уровня 8,0 млрд. долларов США, однако данный период времени уже прошёл.
4. На рисунке 3.2 лёгкие примеси и очищенное зерно имеют один вид обозначения стрелок.

5. На рисунках 3.6 (а, б) изображены по два графика зависимостей имеющих различие, однако отсутствует пояснение для каких условий был получен каждый из них. А также отсутствуют значения точек на данных графиках.

6. На рисунке 3.14 представлена плотность распределения вероятностей просеивания проходовой фракции в зависимости от времени пребывания зерновой смеси в подсевном блоке, однако на эту величину будет влиять значительное количество факторов, таких как физико-механические свойства культуры и засорителей, параметры отверстий решёт, кинематика работы машин и другие. Для каких параметров представлены данные графики?

7. Для определения вероятности прохождения частицы через решето, в качестве примера было взято плоскопробивное решето с диаметром круглых отверстий 3,6 мм. Исходя из предложенных уравнений не понятно: «Как изменится вероятность прохода если решето будет иметь прямоугольные отверстия шириной 3,6 мм»? Учитывается ли при этом вероятность ориентации частицы материала относительно отверстия, на ориентацию которой будет влиять характер действующих сил и режимов колебаний.

8. На странице 127 указывается, что «критическая» плотность для пшеницы равна 685 кг/м3, однако она зависит от ряда факторов, например влажности, сорта, крупности и не может иметь одного значения, а находится в диапазоне значений.

9. На рисунке 3.22 представлена зависимость изменения энергетических характеристик в зависимости от скорости решета, однако в тексте отсутствует информация о способе их получения. Также на мощность, расходуемую на сообщение кинетической энергии зерну будет влиять и состояние поверхности зерновки, и наличие засорителей определяющих последовательную потерю энергии от источника (решета) к каждому слою за счёт наличия диссипативных сил.

10. На рисунке 3.26 представлена принципиальная схема экспериментальной установки, а на рисунке 3.27 зависимости изменения высоты слоя от шага расстановки пластин, однако отсутствует схема, показывающая как именно изменяется шаг пластин и как это влияет на толщину слоя. Из работы не понятно почему принимается шаг расстановки пластин равным 40 мм при толщине активного слоя 10 мм?

11. На рисунке 3.38 отсутствуют численные значения скоростей по оси ординат. Какому значению соответствует одно деление по данной оси?

12. В конце раздела 3.10.2 на странице 171 приводится предложение: «Такой сепаратор может использоваться в поточных линиях для обработки продовольственного зерна вместо триерных блоков.», однако отсутствуют пояснения каких именно овсюжные или кукольные цилиндры способен заменить данный сепаратор.

13. На странице 170 указывается, что отмечается заклинивание зернового материала в кольцевом пространстве, однако отсутствует информация о размерных характеристиках данного материала, его влажности и наличии примесей, существенно влияющих на процесс движения зернового материала и приводящего к заклиниванию.

14. В формуле 3.152 используется коэффициент восстановления, однако отсутствует информация по его численному значению и методике определения.

15. При описании рабочего процесса работы сепаратора приводится информация, что в активном слое под действием сил трения частицы располагаются по линии наименьшего сопротивления, укладываясь «плашмя» на решето, однако отсутствует информация, подтверждающая данную ориентацию частиц.

16. На рисунке 4.5 представлена 3D модель мобильного семяочистительного агрегата, однако в работе отсутствует информация по обслуживанию данного агрегата, например, как будет происходить замена решёт?

17. В разделе 5.4.3 указывается, что опыты проводились на пшенице урожая 2002 года, однако отсутствует информация в каком году проводились опыты и какие размерные характеристики имело данное зерно. Также указывается, что было решено основные эксперименты провести в максимально сложных условиях при этом в качестве засорителя принята сурепка диаметром 2,5 мм и щирица диаметром 2,0 мм. При этом отсутствует информация почему именно эти компоненты, а не овсюг или дроблёное зерно?

Все высказанные замечания имеют характер научной дискуссии, призваны обозначить направления для дальнейших изысканий автора и ни в коей мере не перечеркивают пионерный характер выполненного докторского исследования.

Заключение

Диссертационная работа Леканова Сергея Валерьевича по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов» представляет собой законченную, самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, в которой решена крупная государственная народнохозяйственная проблема - разработаны научные основы и технические средства гибкой, адаптивной послеуборочной обработки зерна и семян.

По своей актуальности, уровню научной новизны, глубине теоретического анализа и объемам внедрения в практику АПК работа полностью удовлетворяет всем требованиям пунктов 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Ее автор, Леканов Сергей Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.1 - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент

Официальный оппонент
доктор технических наук по специальности
05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства, доцент,
профессор «Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш»
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Донской государственный
технический университет»

Бутовченко Андрей Владимирович _____ 20.10.2026
(дата)

Место работы и должность официального оппонента: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ДГТУ), институт перспективного машиностроения «Ростсельмаш». 344003, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Телефон организации: +7 (863) 273-85-25, E-mail организации: reseption@donstu.ru сайт: donstu.ru.

Подпись Бутовченко А.В. заверяю
Ученый секретарь Учёного совета ДГТУ В.Н. Анисимов

Лесаков С.В