УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

доктор сельскохозяйственных наук

_____ Сергей Михайлович Сычёв

«21» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ) на диссертационную работу Кирмасова Владислава Юрьевича «Интенсификация процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.008.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

Актуальность темы исследования

В условиях сложной международной обстановки и санкционного давления обеспечение продовольственной безопасности за счёт собственного производства стало для России ключевым приоритетом. Развитие отечественного агропромышленного комплекса становится важнейшей задачей, где зернопроизводство играет определяющую роль. Кукуруза является одной из ведущих зерновых культур, занимающей третье место в мире по площади возделывания. Особую значимость приобретает

организация эффективной послеуборочной обработки собранного урожая, важнейшим этапом которой является сушка.

Серьёзной проблемой остаётся сушка зерна кукурузы, которая в большинстве регионов РФ проводится при влажности 20…26%, что значительно превышает кондиционные значения (14…16%), необходимые для безопасного хранения. Традиционные способы сушки зерна кукурузы характеризуются высокими энергозатратами и риском перегрева зерна, что приводит к растрескиванию оболочки и снижению его качества.

Перспективной альтернативой является использование предварительной озоновоздушной обработки влажного зернового вороха перед сушкой. Озон повышает проницаемость клеточных мембран зерна и облегчает выход влаги из внутренних слоёв, что позволяет ускорить последующую конвективную сушку без потери качества. Важным преимуществом предлагаемого подхода является экологическая безопасность, поскольку озон не образует вредных остаточных соединений и не ухудшает качество зерна. Тем не менее, несмотря на преимущества, вопросы теоретического обоснования влияния предварительной озоновоздушной обработки на кинетику сушки зерна кукурузы и определения рациональных режимов озонирования требуют дальнейшего изучения.

В связи с изложенным, диссертационная работа Кирмасова В.Ю., направленная на интенсификацию процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой, является актуальной.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки в инженерной сфере АПК

Научная новизна данного исследования состоит в установлении закономерностей влияния предварительной озоновоздушной обработки зерна кукурузы на показатели интенсификации процесса его сушки.

Теоретическая значимость исследования заключается в получении: зависимости изменения влагосодержания зерна кукурузы во времени,

учитывающей влияние предварительной озоновоздушной обработки на интенсификацию процесса сушки; зависимости изменения коэффициента интенсификации влагопереноса при конвективной сушке предварительно проозонированного зерна кукурузы, учитывающей температуру сушильного агента, концентрацию озона и время озоновоздушной обработки.

Практическая значимость работы представляют программы для ЭВМ, реализующие математическую модель конвективной сушки зерна кукурузы, предварительно обработанного озоновоздушной смесью; устройство для сушки зерна с применением предварительного озонирования; режимы предварительной озоновоздушной обработки зерна кукурузы перед подачей в шахтную зерносушилку.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Полученные результаты диссертационной работы внедрены в производство (ООО «Новоусманская земля», консорциум «KOBLiK GROUP») и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ» и в учебно-научно-технологическом центре «Агротехнология». Предложенное устройство для сушки зерна (патент РФ на полезную модель № 226053) рекомендуется применять при предварительной озоновоздушной обработке влажного зерна кукурузы перед сушкой с дозой озоновоздушной обработки 500…600 мг·мин/м³, концентрацией озона 9 мг/м³ и временем обработки 1 час. Применение полученных результатов исследования позволит сократить время сушки на 25…30%, снизить энергозатраты и улучшить посевные качества семян.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в изучении влияния процесса озонирования на различные компоненты зернового вороха с учётом их разного состава, уточнении режимных параметров озонаторной установки при обработке различных культур, дальнейшей автоматизации процесса интенсификации влагопереноса с применением элементов искусственного интеллекта.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, включающих 37 рисунков и 31 таблицу, заключения, списка литературы из 137 наименований, списка сокращений и двух приложений. Объём диссертации с приложениями составляет 174 страницы.

Во введении обоснованы актуальность темы исследования и описана степень ее разработанности, поставлены цель и задачи исследований, раскрыты методология и методы исследований, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимости работы, основные положения диссертации, выносимые на защиту, отражены сходимость теоретических и экспериментальных исследований и апробация результатов исследования.

В первом разделе ***«Анализ способов сушки зерна и поиск перспективных направлений совершенствования конструкций зерносушилок»*** проведен обзор существующих способов сушки зерна. Отмечена перспективность использования конвективного способа сушки в шахтных зерносушилках непрерывного действия. Предложено использовать озоновоздушную смесь для предварительной обработки влажного зерна в герметичном буферном силосе. Обоснована необходимость создания теории, описывающей влияние предварительной обработки озоном на кинетику последующей сушки.

Во втором разделе ***«Теоретические аспекты интенсификации процесса сушки зерна предварительной озоновоздушной обработкой»*** получена модель кинетики влагопереноса, описывающая изменение полного влагосодержания зерна во времени при конвективной сушке с учётом предварительной озоновоздушной обработки. В модель введен коэффициент интенсификации влагопереноса, отражающий совокупное влияние температуры и озона. Для решения полученного уравнения кинетики процесса сушки предложено использование имитационного моделирования. Разработана имитационная модель в среде MATLAB Simulink и трёхэтапный алгоритм параметрической идентификации, позволяющий последовательно

определять базовые параметры и регрессионные зависимости для коэффициентов влагопроводности и термовлагопроводности от температуры агента сушки и параметров озонирования для периодов постоянной и падающей скорости сушки.

В третьем разделе «*Программа и методика проведения экспериментальных исследований*» представлена программа экспериментальных исследований, описаны используемые приборы и оборудование, представлен план эксперимента, построенный методом латинского гиперкуба, а также описаны методы статистической обработки опытных данных.

Особенностью лабораторных шахтных зерносушилок является то, что устройства загрузки и выгрузки зернового вороха были разделены на две симметричные части для того, чтобы можно было проводить одновременно сушку озонированного и необработанного зерна, при одинаковых условиях.

В четвертом разделе «*Результаты экспериментальных исследований влияния предварительного озонирования влажного зерна кукурузы на интенсификацию процесса сушки*» экспериментально обоснованы рациональные режимы озонирования влажного зерна кукурузы перед его сушкой. Установлено, что наибольшую относительную скорость сушки имеют зёрна, которые предварительно озонировались с дозой озоновоздушной обработки 600 мин·мг/м^3, что обеспечивает сокращение времени воздействия температуры на зерно при исходной влажности 21-22% на 60 минут или в 1,33 раза.

Установлено, что предпочтительнее использовать шахтный тип зерносушилок, в которых перемешивание зернового вороха происходит более интенсивно, что позволит сократить время сушки на 7,5-12,5% относительно применения жалюзийных зерносушилок. Наиболее эффективно сушка зерна протекает при предварительном озонировании в течении часа с концентрацией озона 9 мг/м^3. Время сушки сокращается на 120 минут или в 2,3 раза. Обработка озоном способствует повышению энергии прорастания и

лабораторной всхожести семян на 5% и 4% соответственно, относительно традиционного метода сушки. Проведена валидация математической модели на независимых экспериментальных данных, показавшая среднюю относительную погрешность не более 1,5%.

В пятом разделе «*Экономическая эффективность применения предварительной озоновоздушной обработки влажного зерна перед шахтной зерносушилкой*» приведён расчёт экономической эффективности применения предварительной озоновоздушной обработки влажного зерна кукурузы в сравнении с классической сушкой на шахтной зерносушилке. При капитальных вложениях 1442346 рублей при объеме производства 2500 т/год, срок окупаемости составит 1,67 года, а годовой экономический эффект порядка 1002971,8 рублей. Экономический эффект достигается за счёт повышения класса зерна, что позволяет реализовать его по более высокой цене, и за счёт интенсификации процесса сушки.

Заключение работы включает выводы по результатам проведенных исследований, рекомендации производству, а также перспективы дальнейших исследований в данной области.

В приложениях представлены акты о внедрении и результаты интеллектуальной деятельности.

Завершенность и качество оформления диссертации

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой с логически выверенной структурой и обоснованными выводами. В работе представлено значительное количество иллюстраций, наглядно доказывающих эффективность и полноту полученных автором результатов.

Основные положения, научные результаты, выводы и рекомендации диссертации Кирмасова В.Ю. обоснованы, имеют научную новизну и в полной мере соответствуют решению поставленных задач.

Обоснованность представленных в работе научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена глубиной проведённого автором анализа, обеспечена использованием в качестве исходной основы ведущих

научных работ российских и зарубежных учёных в области тепло- и массопереноса (А.В. Лыков, А.С. Гинзбург и др.).

Достоверность результатов диссертационных исследований подтверждена применением современных методик, а также сертифицированных приборов. Полученные по результатам исследований выводы обоснованы и подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, они не противоречат фактам, известным из специальной литературы.

На основании анализа теоретических и экспериментальных исследований сформулировано заключение диссертационной работы, состоящее из десяти выводов, рекомендации производству и перспектив дальнейшей разработки темы.

Основные научные результаты, положения, выводы и рекомендации, разработанные в рамках диссертации Кирмасова В.Ю. апробированы на Международных научно-практических конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 20 научных работ, в том числе 3 – в изданиях, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов», в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Диссертация и автореферат изложены технически грамотным языком. Диссертация соответствует паспорту специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки), в частности пунктам 1 «Свойства сельскохозяйственных сред и материалов, как объектов технологических воздействий, транспортировки и хранения» и 2 «Теория и методы технологического воздействия на объекты сельскохозяйственного производства».

Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

Замечания по диссертационной работе

1. В табл. 1.4 кроме первых трех столбцов наименования остальных в продолжение таблицы 1.4 на стр. 46 отличаются от названий этих столбцов в начале таблицы на стр. 45, что затрудняет анализ представленной информации.

2. В формуле 1.13 на странице 54 величину ΔT корректнее назвать не градиентом температуры, а приращением температуры, так как она включает начальное и конечное значения температур зерна.

3. При исследовании рациональных режимов озонирования влажного зерна кукурузы перед сушкой выбранный диапазон и шаг варьирования доз озоновоздушной обработки по данным таблицы 4.2 на стр. 110 диссертации не позволили определить оптимальную дозу, обеспечивающую минимальное время последующей сушки зерна. Возможно, при дозе меньше 600 мин·мг/м^3 время сушки было бы еще меньше.

4. В экспериментах для поиска рационального режима принята концентрация озона 10 мг/м^3, а не 9 мг/м^3, которая позже показала лучший результат? Чем обусловлен этот выбор?

5. Влияние на энергию прорастания и всхожесть оценивалось только для одного температурного режима сушки (38 °С) и одного времени озонирования (1 час). Было бы интересно увидеть, как меняются эти показатели при других температурах агента сушки (например, 46 или 54 °С), где процесс идет быстрее, но риск перегрева выше. Планируются ли такие исследования в будущем?

6. В двухцикловой сушке после отволаживания влажность повышается, но не указано, как это влияет на качество зерна (например, на трещиноватость).

7. В диссертационной работе отсутствует развёрнутое описание механизма регулирования концентрации озона.

8. В работе многократно упоминается обеззараживающее действие озона, но в выводах и в основной части экспериментальных результатов

(кроме посевных качеств) не приведено данных о снижении микробиологической обсемененности, содержании микотоксинов и т.д. Факт интенсификации доказан, но полезное сопутствующее действие только декларируется.

9. В диссертационной работе недостаточно акцентировано внимание на технике безопасности при работе с озоновоздушной смесью.

10. В разделе экономической эффективности не указаны эксплуатационные затраты на обслуживание озонатора (замена элементов, электроэнергия), что могло бы повлиять на расчёт срока окупаемости.

Заключение

Диссертационная работа Кирмасова Владислава Юрьевича на тему «Интенсификация процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой» является самостоятельно выполненной автором научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение для развития сельскохозяйственной отрасли и зерносушильного оборудования, и соответствует паспорту специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Диссертация по актуальности, новизне и практической значимости, а также объему выполненных исследований соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13 и 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Кирмасов Владислав Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы и отзыв ведущей организации на диссертационную работу рассмотрены на расширенном заседании кафедры технологического оборудования

животноводства и перерабатывающих производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» (протокол № 9 от 21 сентября 2026 г.)

Заведующий кафедрой технологического
оборудования животноводства и
перерабатывающих производств
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ,
кандидат экономических наук
(научные специальности: 08.00.05
«Экономика и управление народным
хозяйством (сельское хозяйство)»
и 05.20.03 «Эксплуатация,
восстановление и ремонт
сельскохозяйственной техники») Исаев Хафиз Мубариз-оглы

21.09.2026 г.

Полное название организации	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет»
Сокращенное название организации	ФГБОУ ВО Брянский ГАУ
Структурное подразделение	Кафедра технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств
Почтовый адрес	243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2б
Контактный телефон	Телефон: +7 (48341) 24-7-70
E-mail	kaftogpp@bkgau.ru

Подписи т.т. Исаев Х. М.
УДОСТОВЕРЯЮ
нач. канцелярии
Брянского ГАУ Потапченко А.А.
21.09 2026 г.