ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора, профессора кафедры машин и аппаратов производственных процессов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» Дранникова Алексея Викторовича на диссертационную работу Кирмасова Владислава Юрьевича на тему: «Интенсификация процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.008.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения 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

1. Актуальность темы исследования

Кукуруза является одной из ключевых сельскохозяйственных культур, занимающей третье место в мире по площади возделывания. В большинстве регионов Российской Федерации уборка кукурузы происходит в позднеосенний период при влажности зерна 20…26%, что значительно превышает кондиционные значения (14…16%), необходимые для безопасного хранения. Это делает сушку обязательным и наиболее энергоёмким этапом послеуборочной обработки.

Традиционные способы сушки зерна кукурузы характеризуются высокими энергозатратами и риском перегрева зерна, что приводит к растрескиванию оболочки и снижению его качества. Поиск эффективных методов интенсификации процесса сушки является актуальной научно-технической задачей. Предлагаемый автором подход, основанный на предварительной озоновоздушной обработке влажного зернового вороха, позволяет не только ускорить процесс сушки и снизить энергозатраты, но и обеспечить обеззараживание зерна, улучшить его посевные качества и сохранить экологическую чистоту продукции.

В связи с этим, актуальность диссертационной работы Кирмасова Владислава Юрьевича, направленной на интенсификацию процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой, не вызывает сомнений.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, их достоверность и новизна

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций работы обеспечивается применением фундаментальных положений теории тепло- и массопереноса А.В. Лыкова, методов математической статистики (критерии Фишера, Стьюдента), инструментов регрессионного анализа и имитационного моделирования в среде MATLAB Simulink, а также апробированных методик проведения экспериментальных исследований.

Достоверность полученных результатов подтверждается актуальной методологической базой, использованием современных средств вычислительной техники, поверенных измерительных приборов, согласованностью полученных теоретических зависимостей с экспериментальными данными (средняя относительная погрешность не превышает 1,5%), а также положительными результатами валидации разработанной математической модели на независимых экспериментальных данных.

Практическая значимость работы подтверждается успешным внедрением результатов в производственную деятельность ООО «Новоусманская земля» и консорциума «KOBLiK GROUP», а также использованием учебно-научно-технологическим центром «Агротехнология» и в учебном процессе ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ».

По результатам диссертационной работы сформулированы десять основных выводов.

Первый вывод получен по результатам проведённого анализа литературных источников и содержит обоснование выбора конвективного способа сушки и шахтной зерносушилки как наиболее перспективных для интенсификации процесса. Вывод носит констатирующий и обобщающий характер.

Второй вывод демонстрирует установленную закономерность изменения влагосодержания зерна кукурузы во времени от коэффициентов влагопроводности, термовлагопроводности, теплопроводности, критерия фазовых превращений, эквивалентного радиуса зерна и его плотности при конвективной сушке, учитывающую предварительную озоновоздушную обработку посредством введения коэффициента интенсификации влагопереноса. Вывод имеет научную новизну, теоретическое подтверждение и связан с первой задачей исследований.

Третий вывод раскрывает выявленную зависимость коэффициента интенсификации влагопереноса при конвективной сушке зерна кукурузы от температуры агента сушки и параметров озоновоздушной обработки, показывающую динамику

снижения влагосодержания. Вывод содержит конкретные численные значения (коэффициент изменяется в диапазоне от 1,0 до 1,18) и связан со второй задачей исследований.

Четвёртый вывод посвящён предложенному техническому решению устройства для сушки зерна (патент № 226053 РФ), включающему систему озонирования и реализующему постоянный мониторинг поступающего сырья для изменения режима предварительной озоновоздушной обработки. Практическая ценность вывода подтверждается полученным патентом РФ на полезную модель. Вывод связан с третьей задачей исследований.

Пятый вывод получен на основе экспериментальных исследований и определяет рациональные режимы предварительной озоновоздушной обработки влажного зерна кукурузы перед сушкой: доза озоновоздушной обработки 500…600 мг·мин/м³, концентрация озона 9 мг/м³, время обработки 1 час. Вывод связан с четвертой задачей исследований.

Шестой вывод вытекает из результатов экспериментальных исследований и определяет эффективность применения шахтных зерносушилок с коробами, поскольку их эффективность по времени операции на 7,5…12,5% выше, чем у зерносушилок с жалюзи.

Седьмой вывод содержит информацию о влиянии предварительного озонирования на продолжительность сушки: концентрация озона 9 мг/м³ и температура сушильного агента 38 °С позволяют сократить время сушки на 120 минут по сравнению с традиционной сушкой. Вывод имеет конкретные цифры, однако не приведена статистическая оценка значимости полученных различий.

Восьмой вывод посвящён влиянию предварительной озоновоздушной обработки влажных семян кукурузы на их посевные качества: повышение энергии прорастания на 5% и лабораторной всхожести на 4% относительно сушки без предварительного озонирования. Вывод имеет практическую ценность, однако такие задачи исследования не ставились – автор сосредоточился на интенсификации сушки, а не на изучении посевных качеств.

Девятый вывод содержит информацию об экономической эффективности: при дополнительных капитальных вложениях 1 442 346 рублей и объёме производства 2500 т/год срок окупаемости составит 1,67 года при годовом экономическом эффекте 1 002 971,8 рублей. Вывод имеет конкретные цифры, однако приведена излишняя точность (эффект рассчитан до рублей), что в современных условиях не может быть достигнуто. Вывод не связан с задачами исследований (экономическое обоснование не входило в задачи).

Десятый вывод определяет перспективные направления дальнейших исследований по изучению влияния процесса озонирования на различные компоненты зернового вороха и уточнению режимных параметров озонаторной установки. Вывод не связан с задачами исследований.

3. Научная новизна и практическая значимость диссертационной работы

Научную новизну диссертационной работы составляют:

– установленная закономерность изменения влагосодержания зерна кукурузы во времени при конвективной сушке от коэффициентов влагопроводности, термовлагопроводности, теплопроводности, критерия фазовых превращений, эквивалентного радиуса зерна и его плотности, отличающаяся учетом влияния предварительной озоновоздушной обработки в виде коэффициента интенсификации влагопереноса;

– выявленная зависимость коэффициента интенсификации влагопереноса при конвективной сушке зерна кукурузы от параметров процесса термического воздействия и предварительной озоновоздушной обработки, отличающаяся учетом концентрации озона и времени озонирования;

– предложенное техническое решение устройства для сушки зерна, отличающееся наличием предварительной озоновоздушной обработки с постоянным мониторингом режимов озонирования;

– определенные режимы предварительной озоновоздушной обработки зерна кукурузы перед подачей в шахтную зерносушилку, отличающиеся рациональной дозой озонирования.

Практическую значимость работы имеют:

- программы для ЭВМ (свидетельства № 2023614948 и № 2026619507), реализующие математическую модель конвективной сушки зерна кукурузы, предварительно обработанного озоновоздушной смесью;

- устройство для сушки зерна (патент РФ № 226053) с применением предварительного озонирования и автоматическим контролем параметров;

- рациональные режимы предварительной озоновоздушной обработки зерна кукурузы перед подачей в шахтную зерносушилку, обеспечивающие сокращение времени сушки на 25–30% и повышение энергии прорастания на 5% и лабораторной всхожести на 4%.

Научная новизна и практическая значимость диссертационной работы подтверждается научными публикациями, изданными в открытой печати (20 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК), и апробацией на научных конференциях различного уровня.

4. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 137 наименований и двух приложений. Диссертация изложена на 174 страницах, включая 37 рисунков и 31 таблицу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, её научная и практическая значимость, сформулированы цель и задачи исследования, а также отражены основные научные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, представлен личный вклад соискателя, количество публикаций, структура и объём диссертации.

В первом разделе «Анализ способов сушки зерна и поиск перспективных направлений совершенствования конструкций зерносушилок» для формирования цели и задач исследования автором осуществлён системный анализ литературных источников, затрагивающих проблематику исследований по диссертационной работе. Проведена систематизация и критическое осмысление научного опыта отечественных и зарубежных исследователей в области применения озоновых технологий при сушке зерна. Обоснован выбор конвективного способа сушки и шахтной зерносушилки как наиболее перспективных для интенсификации процесса.

Во втором разделе «Теоретические аспекты интенсификации процесса сушки зерна предварительной озоновоздушной обработкой» выполнен анализ ранее известных исследований по изменению влагосодержания зерна при сушке. Учитывая результаты предыдущих исследователей, на основе теории А.В. Лыкова разработан ряд теоретических зависимостей, вносящих вклад в развитие теории влагопереноса при конвективной сушке с предварительной озоновоздушной обработкой. Получено дифференциальное уравнение, описывающее изменение полного влагосодержания зерна во времени, в которое введён коэффициент интенсификации влагопереноса. Установлены регрессионные зависимости для коэффициентов влагопроводности и термовлагопроводности от температуры и параметров озонирования. Разработана имитационная модель в среде MATLAB Simulink и трёхэтапный алгоритм параметрической идентификации.

В третьем разделе «Программа и методика проведения экспериментальных исследований» подробно излагаются программа и методика экспериментальных исследований, а также проводится анализ полученных результатов. Описаны лабораторные установки для озонирования и сушки зерна.

В четвёртом разделе экспериментальных исследований представлена разработанная и зарегистрированная программа для ЭВМ (свидетельство № 2026619507), позволяющая моделировать процесс конвективной сушки зерна с применением

предварительной озоновоздушной обработки. Представлено устройство для сушки зерна и семян зерновых культур, защищённое патентом РФ на полезную модель (№ 226053). Экспериментально подтверждена эффективность предварительного озонирования: наиболее рациональный режим – концентрация озона 9 мг/м³, время обработки 1 час, что позволяет сократить время сушки на 120 минут по сравнению с традиционной сушкой. Установлено, что предварительная озоновоздушная обработка положительно влияет на посевные качества семян кукурузы, повышая энергию прорастания на 5% и лабораторную всхожесть на 4%.

В пятом разделе «Экономическая эффективность применения предварительной озоновоздушной обработки влажного зерна кукурузы перед шахтной зерносушилкой» установлено, что применение технологии предварительного озонирования зерна кукурузы перед сушкой целесообразно. Расчёт показал, что при дополнительных капитальных вложениях 1 442 346 рублей годовой экономический эффект равен 1 002 971,8 рублей при сроке окупаемости 1,67 года.

В заключении представлены выводы, с включением рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы.

5. Подтверждение публикации результатов диссертационной работы и соответствие автореферата содержанию диссертации

Основные положения диссертации опубликованы в 20 научных работах, в том числе 3 научных статьи в изданиях из перечня ведущих рецензируемых научных изданий, имеется один патент РФ на полезную модель и два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Опубликованные материалы по результатам исследований достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Автореферат соответствует предъявляемым требованиям, содержит краткое изложение материала диссертации. Текст изложен в логичной последовательности, связанной с основной работой. Выводы не имеют отклонений от их изложения в диссертации. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Не обосновано, почему предварительная обработка выбрана вместо обработки в процессе сушки.

2. Раздел 1.2 содержит подробное описание конструкций всех типов зерносушилок, многие из которых не имеют прямого отношения к объекту исследования (например, СВЧ-сушилки). Сокращение обзора улучшило бы фокусировку на шахтных сушилках.

3. Для описания коэффициента влагопроводности вы выбрали полином второй степени от температуры. В таблице 2.4 коэффициент $a_2^{вл}$ имеет уровень значимости p_p=0,070, что находится на границе статистической значимости. Почему вы остановились на полиноме второй степени, а не на более простой линейной зависимости, учитывая, что разница в R^2 могла быть не столь существенной?

4. В работе не приведено сравнение полученных теоретических зависимостей с известными моделями других авторов. Чем ваша модель принципиально отличается?

5. В описании устройства не пояснено, как обеспечивается герметичность буферного силоса для предотвращения утечки озона в атмосферу, учитывая, что это конусное зернохранилище с загрузкой и разгрузкой. Требуется уточнение технической реализации герметизации.

6. Чем вы руководствовались, исключая член с производной температуры по времени из уравнения (2.8)?

7. Идентификация параметров для периода падающей скорости проводилась с использованием тех же алгоритмов, что и для периода постоянной скорости. Но переход между периодами резкий или плавный? Как вы определяли этот момент?

8. В эксперименте по определению рациональных режимов озонирования вы использовали концентрацию 10 мг/м³. Почему не исследовали концентрации 0.5–1 мг/м³ для выявления минимального порога эффективности?

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Кирмасова Владислава Юрьевича «Интенсификация процесса конвективной сушки зерна кукурузы предварительной озоновоздушной обработкой» является завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научно-методическом уровне, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, направленные на интенсификацию процесса сушки зерна кукурузы. Отмеченные актуальность, новизна, объем исследований и их грамотная интерпретация позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса», а именно 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» и отвечает требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от

24.09.2013 г.), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Кирмасов Владислав Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (технические науки).

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
(научная специальность
05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств), профессор,
профессор кафедры машин и аппаратов
производственных процессов
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий» Дранников Алексей Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
Подпись т. Дранникова А.В.
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров
«25» 09.2025 г. Дичева О.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»). Почтовый адрес: 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19. Тел: +7 (473) 255-42-67. E-mail: post@vsuet.ru.