

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента **Латышенок Надежды Михайловны** на диссертацию **Головина Антона Дмитриевича** на тему «Совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озоновоздушной среде», представленную к публичной защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации

Агропромышленный комплекс в первую очередь отвечает за производство сырья для продуктов питания. Особенно важную роль отводят зернопроизводству. Хранение полученного урожая – это очень важный этап, от которого напрямую продовольственный суверенитет страны. Важно обеспечить условия, при которых качественные показатели остаются на должном уровне. Несоблюдение температурного и влажностного режима в скором времени приводит к порче зерна, развитию в нем вредителей и патогенов. Современные технологии позволяют обеспечить сохранность сырья с помощью создания регулируемой озоновоздушной среды.

В настоящее время в отрасли сельского хозяйства все больше внимания уделяется внедрению экологически безопасных методов ведения производства. К одному из таких методов относится процесс озонирования. Он является перспективным способом обработки, поскольку озон обладает мощными окислительными, фунгицидными и бактерицидными свойствами. Поэтому позволяет поддерживать защитную среду, которая защищает зерно от воздействия инфекционных заболеваний, насекомых и других вредных микроорганизмов. Благодаря специфическим условиям содержания семена сохраняют качество при хранении. В связи с вышесказанным совершенствование технологии хранения семян зерновых культур с использованием процесса озонирования является одной из перспективных областей исследования, которая сочетает научную и практическую значимость для сельского хозяйства.

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

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендации производству и перспективы развития темы, сформулированных соискателем, обеспечиваются современными методами научного исследования и подтверждаются результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Первый вывод вытекает из анализа технологий хранения зерна, который показал, что на сегодняшний день наиболее перспективными и современными конструкциями для хранения зерна являются металлические

силосы с конусным дном. В них обеспечивается достаточно высокий уровень контроля за состоянием зерна. Также хранилища возможно дооснастить системой озонирования, которая позволит создать внутри них защитную озоновоздушную среду. Вывод обоснованный и достоверный.

Второй вывод посвящён теоретическому обоснованию формы и размера зоны распространения озона в зерновой массе в зависимости от времени обработки. Проведённые исследования позволили получить закономерность изменения области действия газа, которая описывается математическими регрессиями на основе гауссовского процесса. Вывод обладает новизной и достоверностью.

Третий вывод содержит результаты теоретического исследования по обоснованию параметров озонирования. Установлена зависимость, позволяющая определить необходимое количество форсунок для равномерной подачи озона по всему объёму хранилища, учитывающая расход газа, объём зернохранилища, концентрацию озона и длительность обработки. Вывод имеет элемент новизны и достоверен.

Четвертый вывод основан на теоретическом исследовании. В результате получена зависимость, позволяющая рассчитать средний объём озоновоздушной смеси, который расходуется одной форсункой, учитывая при этом концентрацию озона, время проведения процесса озонирования, расстояния между форсунками, а также процессы диффузии и разложения газа. Вывод достоверен и обладает новизной.

Пятый вывод демонстрирует эффективность использования процесса озонирования по сравнению с другими способами обработки семян озимой пшеницы при хранении. Результаты показывают, что при дозе озона в диапазоне 950–2100 мин·мг/м³ посевные качества семян, такие как энергия прорастания и лабораторная всхожесть увеличились соответственно на 5–5,75% и 4,75–6,25% по сравнению с вариантами хранилища с вентиляцией воздухом и без обработки. Вывод основан на данных 4 раздела и имеет элементы новизны и достоверен.

Шестой вывод исследования содержит результаты экспериментов о влиянии озона на грибковые инфекции и демонстрирует, что обработка семян озимой пшеницы дозой озона 7200 мин·мг/м³ эффективно снижает заражение грибами родов *Alternaria*, *Fusarium* и *Helminthosporium* соответственно на 6,95%, 3,25% и 5,5%. Для полного обеззараживания требуется доза озона, превышающая 12200 мин·мг/м³. Вывод достоверен.

Седьмой вывод исследования отражает результаты оценки экономической эффективности использования озонирования при аэрации хранилища для семян зерновых культур. По расчетным капитальным вложениям в 2342280 рублей окупится за 2,3 года.

Восьмой вывод посвящен дачи рекомендации производству по проектированию силосных хранилищ зерна с конусным дном. Практическая значимость подтверждена актами внедрения на производстве.

Девятый вывод содержит перспективы дальнейшей разработки темы и содержит элементы, которые будут совершенствоваться в дальнейших работах автора.

3. Теоретическая и практическая ценность полученных результатов диссертационной работы

Ценность для науки имеют:

1. Закономерности изменения формы и размера очага распространения озонозвоздушной смеси внутри зернового вороха при различных режимах обработки;

2. Зависимость скорости изменения объёма распространения очага озонозвоздушной смеси от времени обработки;

3. Зависимость количества форсунок, подающих озонозвоздушную смесь в зернохранилище, от параметров пневматической системы, объёма зернохранилища, расстояния между форсунками, концентрации озона и времени озонирования;

4. Зависимость среднего объёмного расхода озонозвоздушной смеси через форсунку от параметров пневмосистемы, констант диффузии и разложения озона, которые дополняют теорию взаимодействия озонозвоздушной смеси с зерном.

Ценность для практики имеют:

1. Режимы озонной обработки, обеспечивающие максимальную скорость роста очага озонозвоздушной смеси в зерновом ворохе;

2. Компьютерные программы, реализующие математические модели азрации озонозвоздушной смесью зернохранилища для установления конструктивных и режимных параметров системы озонирования, зоны распространения озона в зерновом ворохе при различных режимах озонирования, для прогнозирования поведения озона внутри зернового вороха и управление процессом озонирования;

3. Усовершенствованное устройство для хранения семян колосовых зерновых культур с регулируемой озонозвоздушной средой в межзерновом пространстве, позволяющее повысить сохранность посевных качеств и снизить заражённость грибковыми заболеваниями.

Научная и практическая новизна выполненной диссертационной работы подтверждается публикациями автора в рецензируемых изданиях, входящих в перечень журналов, рекомендованных ВАК РФ. Основные результаты исследования опубликованы в открытой печати и доступны для ознакомления широкому кругу специалистов и ученых.

4. Оценка содержания диссертационной работы, её завершенности в целом

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы, который насчитывает 148 источников, условных сокращений и приложений. Общий объём 167 страниц, в том числе 163 страницы основного машинописного текста, включающего в себя 51 рисунок и 10 таблиц. В

приложениях, приведены акты внедрения результатов исследования в учебную и производственную деятельность.

Во введении раскрыта актуальность темы и степень её изученности, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, описана методология, методы исследования, а также отражён личный вклад автора и количество публикаций по теме.

В первом разделе «Анализ состояния технологии хранения зерна и семян зерновых культур» приведён обзор современного состояния и направлений совершенствования технологии хранения зерна. Особое внимание уделено тенденциям внедрения в сельское хозяйство процесса озонирования как одного из эффективных методов повышения качества и сохранности зерна. Проведен патентный поиск технических средств, позволяющих осуществить озонную обработку, а также проанализированы ранее известные теоретические исследования, направленные на изучение процесса озонирования семян сельскохозяйственных культур.

Во втором разделе «Теоретические основы распределения озонозооной смеси в зерновом ворохе» представлено теоретическое обоснование определения формы, размеров и объёма зоны распространения озона в зерновом ворохе. Автором получены зависимости, позволяющие определить скорость изменения объёма озона во времени, количество форсунок, необходимых для равномерного расхождения газа по хранилищу, и средний объёмный расход озона через форсунку, учитывающие характеристики пневматической системы озонирования.

В третьем разделе «Программа и методика экспериментальных исследований» содержится описание программы экспериментов, применяемых установок и методики проведения исследований, направленных на изучение распределения озона в зерновой массе и его влияния на качество семян. Представлены методы обработки и анализа экспериментальных данных.

В четвёртом разделе «Результаты экспериментальных исследований влияния способа аэрации силосных зернохранилищ на качественные показатели зерна и семян зерновых культур» отражаются результаты исследований, направленных на определение области действия озона в зерновом ворохе. Разработано устройство, обеспечивающее создание и поддержание регулируемой озонозооной среды в хранилище, а также автоматический контроль параметров влажности и температуры зерна. Представлены данные, подтверждающие положительный эффект от озонной обработки на посевные свойства озимой пшеницы и снижение уровня зараженности семян грибами.

В пятом разделе «Экономическое обоснование применения процесса озонирования при хранении семян зерновых культур» выполнена оценка экономической эффективности применения озонной технологии хранения семян зерновых культур в силосных хранилищах ёмкостью 10 тыс. т. Проведённые расчёты показали, что аэрация озонозооной смесью

обеспечивает годовой экономический эффект в размере 1308929,24 руб., при этом срок окупаемости составляет 2,3 года.

Достоверность полученных результатов подтверждена адекватностью теоретических и экспериментальных исследований. Все разделы завершаются выводами, отражающими основное содержание работы.

5. Подтверждение публикации основных результатов диссертации

Основные результаты проведённых теоретических и экспериментальных исследований представлены в 16 научных работах, из которых 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты кандидатских диссертаций. В том числе по теме исследования получены 2 патента РФ на полезную модель и 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Оформление диссертационной работы соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Автореферат диссертации соответствует установленным требованиям и представляет собой краткое изложение материала диссертационной работы, при этом основные выводы полностью соответствуют их формулировкам в диссертации.

Материалы диссертации изложены ясным и доступным языком и сопровождаются достаточным количеством наглядных иллюстраций, включая графики, схемы и рисунки. В работе большое количество программ для ЭВМ, предназначенных для расчёта отдельных показателей и моделирования исследуемых процессов.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Автор упоминает, что хранение зерна происходит в регулируемой среде. Что вкладывается в это понятие?

2. Часть зависимостей, представленных в теоретических исследованиях, имеет сложную структуру, что осложняет их практическое применение.

3. Не ясно, что автор подразумевает под совершенным и полуидеальным газом?

4. Чем обусловлен выбор исследования влияния озонной обработки на качественные показатели семян озимой пшеницы. Механизм воздействия на других колосовых зерновых культурах будет идентичен?

5. В подразделе 3.3.3 говорится, что вентилирование экспериментальных силосов происходит в течение одного часа. Чем обоснован выбор данного времени?

6. В подразделе 3.3.3 говорится, что отбор проб при определении качественных показателей семян озимой пшеницы осуществлялся один раз в две недели. Почему выбран именно такой временной промежуток?

7. В работе говорится, что озонная обработка положительно влияет на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян. Поэтому хотелось

ясности за счет чего достигается положительный эффект от озонирования на эти показатели качества.

8. Автор приводит единицы измерения концентрации озона в миллиграммах/м³, а не в граммах/м³.

9. Как известно озон состоит из трех атомов кислорода, который является взрывоопасным газом. Это как-то учитывается в рекомендациях применение озоновоздушной обработки?

Заключение

Диссертационная работа Головина Антона Дмитриевича на тему: «Совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озоновоздушной среде» представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором изложены новые, научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на совершенствование процесса озонирования семян колосовых зерновых культур при хранении. Внедрение полученных результатов способствует повышению эффективности хранения зерна и вносит значительный вклад в развитие сельского хозяйства Российской Федерации.

Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Головин Антон Дмитриевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
доцент (специальность
05.20.03. Технологии и средства
технического обслуживания в
сельском хозяйстве)

Н.М. Латышенок

(подпись)

м.п.

29.12.2025 г.

(дата)

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», должность доцент кафедры «Организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности».

Адрес 390044, ЦФО, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1
тел. +7 (4912) 35-88-31
E-mail: university@rgatu.ru



Латышенок
Начальник
29 декабря 2025 г.