

Проректор по научной и инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный университет
инженерных технологий»,
профессор, доктор биологических наук

« 22 » 12 2025 г.



ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)) на диссертационную работу *Головина Антона Дмитриевича* «Совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озоновоздушной среде», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Продолжительное и устойчивое развитие аграрного сектора является основой продовольственной независимости страны. Среди различных направлений сельского хозяйства особое место занимает зернопроизводство, которое определяет стратегическую стабильность агропромышленного комплекса. Эффективность данной отрасли напрямую зависит от уровня технологического оснащения и применения современных научных подходов к обработке и хранению урожая. Несмотря на активное развитие агротехнологий, потери зерна при хранении в мире достигают 15 %, а в России – около 9 %. Основные причины связаны со слабым контролем за состоянием продукции и невозможностью управления газовой средой межзернового пространства. Эти факторы способствуют ухудшению посевных качеств семян, что снижает их биологическую ценность и урожайный потенциал.

В условиях растущего внимания к вопросам экологии и рационального природопользования всё большую значимость приобретают технологии, обеспечивающие сохранность зерна без использования химических средств. К одному из наиболее эффективных и безопасных методов относится озонирование, при котором происходит обеззараживание и дезинфекция семян за счёт воздействия озона как сильного окислителя, не оставляющего вредных соединений после обработки. Современные технические средства позволяют

реализовывать процесс озонирования непосредственно внутри зернохранилищ. Это обеспечивает создание регулируемой озоновоздушной среды, способной не только продлить сроки хранения семян, но и сохранить их посевные качества на должном уровне. В связи с изложенным, диссертационная работа А.Д. Головина, направленная на совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озоновоздушной среде, является актуальной.

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

В диссертации представлены результаты, обладающие научной новизной, заключающиеся в установлении: закономерности изменения очага распространения озоновоздушной смеси в зерновом слое с течением времени, отличающаяся тем, что размеры и форма очага определяются по регрессии на основе гауссовского процесса; зависимости количества форсунок, подающих озоновоздушную смесь, в зернохранилище, отличающаяся учётом расходных характеристик пневматической системы, объёма зернохранилища, концентрации озона в озоновоздушной смеси и времени озонирования, а также процессов диффузии и разложения озона; зависимости среднего объёмного расхода озоновоздушной смеси через форсунку, отличающаяся учётом расстояния между форсунками, концентрации озона, скорости разложения озона и продолжительности обработки; устройства для хранения семян колосовых зерновых культур с регулируемой озоновоздушной средой в межзерновом пространстве, отличающееся тем, что управление процессом озонирования осуществляется по сигналам датчиков температуры и влажности.

Теоретическую значимость исследования имеют: закономерности изменения формы и размера очага распространения озоновоздушной смеси внутри зернового вороха при различных режимах обработки; зависимость скорости изменения объёма распространения очага озоновоздушной смеси от времени обработки; зависимость количества форсунок, подающих озоновоздушную смесь, в зернохранилище от параметров пневматической системы, объёма зернохранилища, расстояния между форсунками, концентрации озона и времени озонирования; зависимость среднего объёмного расхода озоновоздушной смеси через форсунку от параметров пневмосистемы, констант диффузии и разложения озона, которые дополняют теорию взаимодействия озоновоздушной смеси с зерном.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что: результаты работы состоят в том, что определены режимы озонной обработки, обеспечивающие максимальную скорость роста очага озоновоздушной смеси в зерновом ворохе; разработаны компьютерные программы, реализующие математические модели аэрации озоновоздушной 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; усовершенствовано устройство для хранения семян колосовых зерновых культур с регулируемой озоновоздушной средой в межзерновом пространстве, позволяющее повысить сохранность посевных качеств и снизить заражённость грибковыми заболеваниями.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Полученные результаты диссертационной работы внедрены в производство и используются в учебном процессе, и позволяют рекомендовать для зернохранилищ силосного типа с конусным дном создание регулируемой озоновоздушной среды внутри хранилища с автоматическим режимом озонной обработки (патент РФ на полезную модель № 219336) при дозе от 950 до 2100 мин·мг/м³ для обеспечения требуемых посевных качеств хранящихся семян зерновых культур, и при дозе более 12200 мин·мг/м³ для снижения заражённости грибковыми заболеваниями.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в изучении влияния озонной обработки на различные компоненты семян, уточнении режимных параметров озонаторной установки при обработке семян различных сельскохозяйственных культур.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, включающих 51 рисунок и 10 таблиц, заключения, списка литературы из 148 источников, списка условных сокращений и двух приложений. Объем диссертации с приложениями составляет 167 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы, приведена степень ее разработанности, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, изложены теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, отражены личный вклад соискателя, количество публикаций соискателя по теме диссертации, структура и объем диссертационной работы.

В первом разделе «Анализ состояния технологии хранения зерна и семян зерновых культур» рассмотрены основные типы зернохранилищ, применяемые в сельском хозяйстве, а также методы обработки зернового материала в процессе хранения. Установлено, что наиболее эффективны для хранения металлические силосные хранилища с конусным дном, обеспечивающие стабильные условия консервации и минимизацию повреждения семян. Такие конструкции позволяют осуществлять непрерывный контроль за параметрами зерновой массы и способствуют сохранению посевных качеств семян.

Особое внимание уделено технологии озонирования как инновационному и экологически безопасному методу обработки зерна. Благодаря выраженным окислительным, дезинфицирующим и фунгицидным свойствам озон эффективно уничтожает грибковую микрофлору, что позволяет повысить энергию прорастания, лабораторную всхожесть семян и обеспечить сохранность качества зерна.

Во втором разделе «Теоретические основы распределения озонозооной смеси в зерновом ворохе» выполненное теоретическое обоснование о поведении озонозооной смеси в зерновом ворохе позволило установить закономерность, которая отражает изменение области распространения озона в зависимости от времени обработки. Эта закономерность имеет математическое описание в виде регрессии, основанной на гауссовском процессе, что дает возможность получить математическую модель зоны распространения газа в зерновой массе при различных режимах озонирования. В дальнейших теоретических исследованиях получена зависимость, по которой можно рассчитать необходимое количество форсунок, обеспечивающих подачу озона в зернохранилище, учитывающая расходные характеристики пневматической системы, объём зернохранилища, концентрацию газа и время проведения операции. Также получена зависимость для расчета среднего объёмного расхода озонозооной смеси через форсунку, учитывающая расстояние между ними, концентрацию озона и время озонной обработки, а также процессы диффузии и разложения озона. Это позволяет провести рационализацию режимов работы системы озонирования в зернохранилище.

В третьем разделе «Программа и методика экспериментальных исследований» приведена программа экспериментальных исследований, описаны экспериментальные установки, методики проведения исследований и обработки экспериментальных данных.

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований влияния способа аэрации силосных зернохранилищ на качественные показатели зерна и семян зерновых культур» экспериментально определена зона распространения озонозооной смеси в зерновой насыпи и подтверждены данные, полученные при теоретическом моделировании. Разработано техническое устройство, обеспечивающее создание озонозооной среды внутри хранилища и осуществляющее мониторинг влажности и температуры семян в процессе хранения. Представлены результаты экспериментальных исследований показавшие, что применение озонной обработки способствует сохранению клейковины, стекловидности и массой доли белка в зерне и повышению посевных качеств семян озимой пшеницы, в частности, энергии прорастания и лабораторной всхожести семян, а также снижению их заражённости грибковыми болезнями.

В пятом разделе «Экономическое обоснование применения процесса озонирования при хранении семян зерновых культур» приведен расчет экономической эффективности применения предложенного технологического процесса озонной обработки зернохранилища вместимостью 10000 тонн семян.

Заключение по работе включает выводы, рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложениях представлены акты о внедрении.

Завершённость и качество оформления диссертационной работы

Основные положения, научные результаты, выводы и рекомендации диссертационной работы Головина А.Д., направленные на совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озоновоздушной среде, являются обоснованными и имеют научную новизну.

Обоснованность, представленных в работе научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена глубиной проведенного автором анализа, обеспечена использованием в качестве его основы ведущих научных работ российских и зарубежных ученых.

Достоверность результатов и выводов, полученных в диссертации, обеспечивается применением общенаучных методов и приемов. Экспериментальные исследования выполнены с использованием сертифицированного современного оборудования. Полученные результаты исследований позволяют говорить об их адекватности, они не противоречат фактам, известным из специальной литературы.

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

Использование результатов исследований на производстве и учебном процессе подтверждаются актами о внедрении. Материалы результатов диссертации отражены в 16 научных работах, в том числе четыре статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы результаты диссертаций; два патента РФ на полезную модель; четыре свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Опубликованные материалы по результатам исследований достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудования для агропромышленного комплекса.

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

Замечания по диссертации

1. В подразделе 2.3 говорится, что время обработки 1270 с рациональное для данного эксперимента и проводить озонную обработку свыше этого времени не целесообразно. Однако из рисунка 3 видно, что с увеличением времени обработки происходит прирост объема.

2. В выводе подраздела 2.3 говорится, что зависимость 2.41 учитывает расходные характеристики пневматической системы. Что подразумевается под данными характеристиками.

3. В подразделе 3.2.1 следовало было бы представить общий вид экспериментальной установки.

4. В работе рассматривается хранение семян в металлических зернохранилищах силосного типа с конусным дном. Обработка хранящихся семян происходит озонозовоздушной смесью. Не ясно, как поведет себя металл, из которого выполнен корпус зернохранилища, при частом контакте с озоном?

5. В подразделе 4.3.2 говорится, что накопительная доза озонной обработки достигнута периодической озонной обработкой. Что автор подразумевает под периодической озонной обработкой?

6. В подразделе 4.3.2 говорится, что доза озонной обработки для повышения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян озимой пшеницы при хранении находится в диапазоне от 950 до 2100 мин·мг/м³. Однако в подразделе 4.3.5 приведены результаты исследований по определению влияния озонной обработки на микрофлору семян озимой пшеницы и там уже приведена доза озонирования свыше 12200 мин·мг/м³. Как данная доза озонной обработки повлияет на посевные качества семян озимой пшеницы?

7. В подразделе 4.3.5 приведены результаты исследований влияния озонной обработки на микрофлору семян озимой пшеницы. Чем обусловлен выбор исследования данных грибковых заболеваний?

8. В разделе 5 в таблице 5.2 приведён годовой объём обрабатываемого зернового материала равный 10000 тонн. Не ясно, подразумевается модернизация одно или несколько зернохранилищ?

Заключение

Диссертационная работа *Головина Антона Дмитриевича* на тему: «Совершенствование технологического процесса хранения семян колосовых зерновых культур в регулируемой озонозовоздушной среде» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию процесса озонирования семян колосовых зерновых культур при хранении, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие сельского хозяйства Российской Федерации.

Считаем, что 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.

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы и отзыв ведущей организации на диссертационную работу рассмотрены на расширенном заседании кафедры машин и аппаратов пищевых производств, протокол № 7 от 22.12 2025 г.

Заведующий кафедрой машин
и аппаратов пищевых производств
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий»,
заслуженный изобретатель РФ,
доктор технических наук, профессор



Василенко В.Н.

адрес: 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19
эл. почта: kaf-mapp@vsuet.ru
тел. 89042103235

