

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



ИВАШКИН АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В РАЗРЕЖЕННОЙ
АТМОСФЕРЕ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.т.н., профессор

Латышенко Михаил Борисович

Рязань, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1. Физико-химические свойства зерна как объекта хранения.....	10
1.2. Анализ факторов окружающей среды, влияющих на сохранность зерна.....	16
1.3. Анализ существующих режимов хранения зерна.....	25
1.4. Анализ существующих способов хранения семенного зерна.....	31
1.5. Постановка научной проблемы, цель и задачи исследований.....	40
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В ГЕРМЕТИЧНОМ КОНТЕЙНЕРЕ С РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРОЙ.....	43
2.1. Конструкции герметичного контейнера для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере.....	43
2.2. Теоретические исследования технологии хранения семенного зерна в контейнере с разреженной атмосферой.....	46
2.3. Теоретические исследования предупреждения конденсации влаги внутри герметичного контейнера во время аэрации зерновой массы...	56
2.4. Выводы по результатам теоретических исследований.....	63
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ.....	65
3.1. Методика проведения лабораторных исследований.....	65
3.1.1. Методика определения оптимальных технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой.....	67
3.1.2. Методика исследования влияния разреженности атмосферы на жизнедеятельность насекомых-вредителей хлебных злаков.....	71
3.2. Методика натуральных испытаний технологии хранения семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной атмосферой.....	73
3.2.1. Методика натуральных испытаний влияния условий хранения на	

посевные качества и естественную убыль семенного зерна.....	74
3.2.2. Методика натуральных испытаний влияния способа хранения на физиологические показатели растений и структуру урожая.....	79
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ.....	87
4.1. Результаты лабораторных исследований.....	87
4.1.1. Результаты лабораторных исследований технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой для хранения семенного зерна.....	87
4.1.2. Результаты лабораторных исследований влияния разреженности атмосферы в герметичном контейнере на жизнедеятельность насекомых-вредителей.....	94
4.2. Результаты натуральных испытаний.....	98
4.2.1. Результаты сравнительных испытаний условий хранения семенного зерна в стандартных металлических силосах и герметичных контейнерах с разреженной атмосферой и его влияние на посевные качества, и естественную убыль семян.....	98
4.2.2. Результаты сравнительных испытаний условий хранения семенного зерна в стандартных металлических силосах и герметичных контейнерах с разреженной атмосферой и его влияние на физиологические показатели растений и структуру урожая.....	107
4.3. Оценка экономической эффективности проведенных исследований...	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	127
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	140

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Вся история развития человечества связана с производством и хранением различных продуктов животного и растительного происхождения. Упоминания о важности хранения зерна в древности можно найти в Библии.

И в наши дни хранение зерна и особенно семенного фонда не утратило своей значимости, так как с ростом численности населения на земле ежегодно примерно на 6% снижается доля возделываемой земли на душу населения. Дефицит продуктов питания в мире уже сейчас составляет более 60 млн. т [115, 121, 122].

Поэтому сохранить и довести до стола потребителей всю выращенную зерновую продукцию является актуальной и первоочередной задачей всех работников агропромышленного комплекса.

Ресурсы зерна и продуктов его переработки имеют стратегическое значение в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации, служат одним из главных источников роста национального богатства страны.

Россия уверенно выходит на ведущее место в мире по производству и экспорту зерна, за последние годы страна получает достаточно высокие валовые сборы зерна. Не последнюю роль в этом процессе играют крестьянско-фермерские хозяйства занятые производством зерна. Но в современных экономических условиях, когда сократился объем государственных закупок, и снизилась роль заготовительных элеваторов, хозяйствам не только приходится производить зерно, но и хранить его в ожидании сезонного повышения цен. Из-за слабой оснащенности и технической базы хозяйств, а порой, незнания технологий хранения имеют место рост незапланированных потерь массы и качества зерна.

Основными причинами этих потерь являются: биологические потери (возникающие в процессе дыхания зерна, интенсивность которого зависит от

температуры и влажности окружающей среды); потери от жизнедеятельности насекомых вредителей, грызунов, которые могут проникнуть в зерновую массу.

Посев семенами низкого качества даже в благоприятных погодных условиях ведет к снижению урожайности более чем на 10%.

Разработка, применение в производстве научно обоснованных способов и технологий хранения семенного зерна, модернизация существующих зерноскладов и оборудования для хранения зерновой массы является актуальной научной задачей, решение которой позволит избежать потерь продукции и обеспечить производителей зерна – качественным семенным материалом.

Степень разработанности темы исследования. Исследования в области хранения зерна выполнены Е.А. Агрономовым, А.М. Голдовским, В.М. Дринча, В.Л. Кретовичем, Н.И. Соседовым, Е.Н. Ушаковой и др.

В работах В.И. Бровенко, М.П. Демьяненко, Е.Д. Казакова, И.А. Клеева, Н.П. Козьминой, В.В. Макарова, В.С. Сергеева, Б.П. Некрасова, В.С. Уколова, была установлена роль основных факторов хранения (температуры, влажности и доступности воздуха) на изменение продовольственных и репродуктивных свойств зерна, обоснованы требования к качеству зерна и разработаны режимы и условиям его хранения.

Значительный вклад по обоснованию режимов вентилирования зерна внесли И.В. Баскаков, М.Г. Голик, К.В. Дрогалин, И.А. Клеев, Б.Е. Мельник, В.С. Уколов, которыми изучены закономерности движения воздуха в зерновой насыпи и созданы различные установки для активного вентилирования зерна.

Обобщение результатов исследований и современного производственного опыта позволило установить, что семенное зерно пытаются хранить в металлических силосах. Это приводит к необоснованным потерям качества.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» в рамках раздела 3.2. Совершенствование технологий, разработка и повышение

надежности технических средств возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственных культур в условиях ЦФО РФ.

Цель исследования: Повышение эффективности хранения семенного зерна в разреженной атмосфере и определение технологических параметров.

Задачи исследования:

- проанализировать научно-производственный опыт хранения семенного зерна, выявить резервы повышения эффективности технологического процесса хранения;

- теоретически обосновать технологические параметры, влияющие на сохранность семенного зерна в условиях разреженной воздушной атмосферы;

– экспериментально уточнить рациональные значения параметров хранения семенного зерна в разреженной атмосфере;

- провести длительное хранение семенного зерна в разреженной атмосфере;

- оценить технико-экономический эффект от внедрения результатов исследования в производство.

Объектом исследования является технологический процесс хранения семенного зерна в металлическом контейнере с разреженной воздушной средой и принудительной аэрацией межзернового пространства.

Предметом исследования являются теоретические и экспериментальные зависимости хранения семенного зерна в металлическом контейнере, исследования образования конденсата влаги при аэрации зерновой массы и технологические параметры контейнера.

Научная новизна работы состоит в математическом моделировании температурно-влажностного режима хранения зерна в контейнере с разреженной атмосферой, в аналитических зависимостях обоснования параметров хранения семян в разреженной атмосфере.

Теоретическая значимость. Установлены теоретические и экспериментальные зависимости, позволяющие определить рациональные параметры хранения зерна в разреженной атмосфере.

Практическая значимость исследований заключается в том, что для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере, установлены рациональные технологические параметры, даны практические рекомендации по борьбе с насекомыми-вредителями хлебных злаков в процессе сезонного хранения семян. Новизна технических решений подтверждена патентами на изобретение РФ № 2679053, 2689732, 2713802 (приложение А).

Методология и методы исследования. Теоретические исследования выполнены на основе известных положений, законов и методов физики, термодинамики, теоретической механики и математического анализа с использованием прикладных программ MatCad 14, Excel. При выполнении экспериментальных исследований применялись как стандартные, так и разработанные методики. Исследования проводились на сертифицированном оборудовании, обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики и программы Statistica 8. Оценка объекта исследования при проведении лабораторных и натурных испытаний осуществлялась согласно ГОСТ Р 53056-2008, ГОСТ 12038- 84 ГОСТ 13586.5-2015, ГОСТ 28666.1-90, ГОСТ 28666.2-90, ГОСТ 28666.3-90.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретически обоснованные и экспериментально уточненные рациональные технологические параметры хранения семенного зерна в разреженной атмосфере;
- результаты экспериментальных исследований качества хранения семенного зерна в разреженной атмосфере;
- оценка технико-экономического эффекта хранения семенного зерна в разреженной атмосфере.

Степень достоверности результатов исследований. Для осуществления экспериментальных исследований были использованы современные методики, лабораторные установки и приборы. Выводы, полученные в ходе исследований, обосновываются сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований (расхождение не превысило 5%) при доверительной вероятности

95%. Полученные в ходе выполнения исследований результаты, согласуются с результатами, которые опубликованы в независимых источниках по теме исследований и прошли апробацию в печати, в докладах, сделанных на международных и национальных конференциях.

Реализация результатов исследования. Полученные результаты исследования внедрены в хозяйствах Рязанской области: ООО «Разбердеевское» Спасского района, АО ПЗ «Дмитриево» Касимовского района, колхоза имени Ленина Касимовского района и ИП Сергеева Путятинского района. ООО «Научно-производственная Компания «Технология Крепления Скважин» (Смоленск) планирует начать ограниченное производство контейнеров с разреженной атмосферой (приложения Б).

Личный вклад автора в достижении поставленной цели исследования состоит в обосновании задач исследования, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновании технологических параметров хранения семенного зерна в разреженной атмосфере.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрения на конференциях Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева: 69-ой Международной научно-практической конференции «Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса» (2018 г.), Национальной научно-практической конференции «Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России» (2018 г.), Национальной научно-практической конференции «Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса» (2019 г.), 70-й Международной научно-практической конференции «Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса» (2019), 71-й Международной научно-практической конференции «Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения» (2020 г.), Национальной научно-практической конференции «Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного

комплекса» (2020 г.). Вятской ГСХА 18-й Международной научно-практической конференции «Знания молодых – будущее России» (2020), Омского ГАУ Международной научно-практической конференции «Перспективы развития отрасли и предприятий. Отечественный и международный опыт» (2020 г.).

Публикации результатов исследования. Основные положения диссертации опубликованы в 16 печатных работах, в том числе в 3 статьях в журналах, входящих в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ, в 1 статье в научном издании, включённом в базу Scopus и в 3 патентах РФ на изобретение. Объем публикаций составил 2,3 усл. п.л., из них соискателю принадлежит 0,9 усл. п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 132 наименований, в том числе 22 на иностранных языках, и 2-х приложений, изложена на 156 страницах, включает 40 рисунков и 19 таблиц.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Физико-химические свойства зерна как объекта хранения

Анализируя причины потерь продукции растениеводства, академик А.И.Опарин отмечал, что организация рационального хранения зерновых масс и сведение потерь продукции растениеводства к минимуму может быть достигнута лишь на основе знаний биологических и биохимических процессов протекающих в зерне в период его хранения.

У хлебных злаков зерно (зерновка) представляют собой плод с тонкими кожистыми околоплодниками, сросшимися с семенными оболочками, которые в свою очередь, срастаются с зародышем и эндоспермом семени.

Зерно злаков состоит из оболочек, эндосперма и зародыша. Свойства оболочек, которые закрывают эндосперм с зародышем, представляют особый интерес для обоснования технологии хранения зерна, так как защищают их от механических повреждений, высыхания, проникновения влаги и микроорганизмов, вызывающих порчу зерна.

Под семенной оболочкой зерна пшеницы находится алейроновый слой, составляющий до 9% массы зерна. Он также защищает эндосперм и состоит из толстостенных клеток, содержащих белки, липиды, биологически активные вещества (витамины, ферменты).

Эндосперм составляет более 80% массы зерна и состоит из крупных клеток различной формы, наполненных крахмалом и белками. Именно ради эндосперма и получения из неё питательных веществ выращивается зерно. Основная задача хранения зерна заключается в сохранении питательных свойств эндосперма, без излишних потерь сухих веществ на дыхание, изменение биохимического состава, повреждения микрофлорой.

Зародыш занимает у пшеницы в среднем 2% массы зерна (рис.1.1) и состоит из двух частей: щитка зародыша – органа накопления питательных веществ и зародышевой оси, состоящей из зачатков, корешка и ростка.

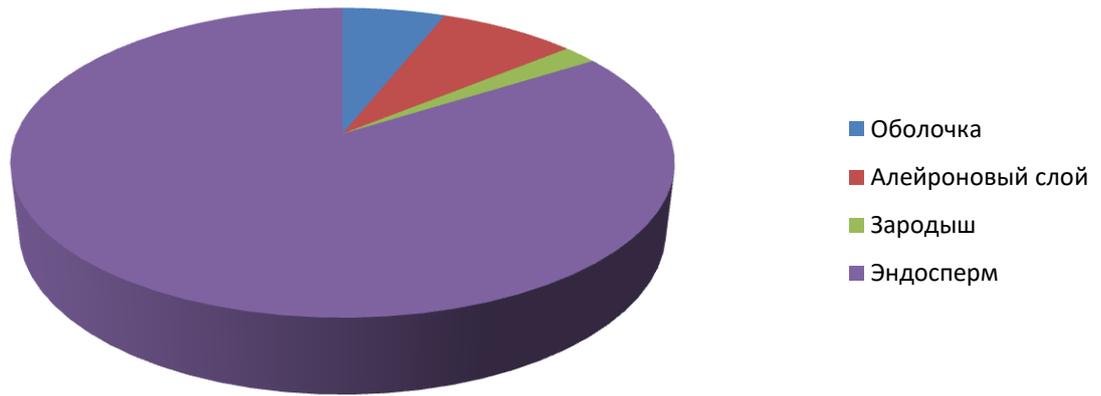
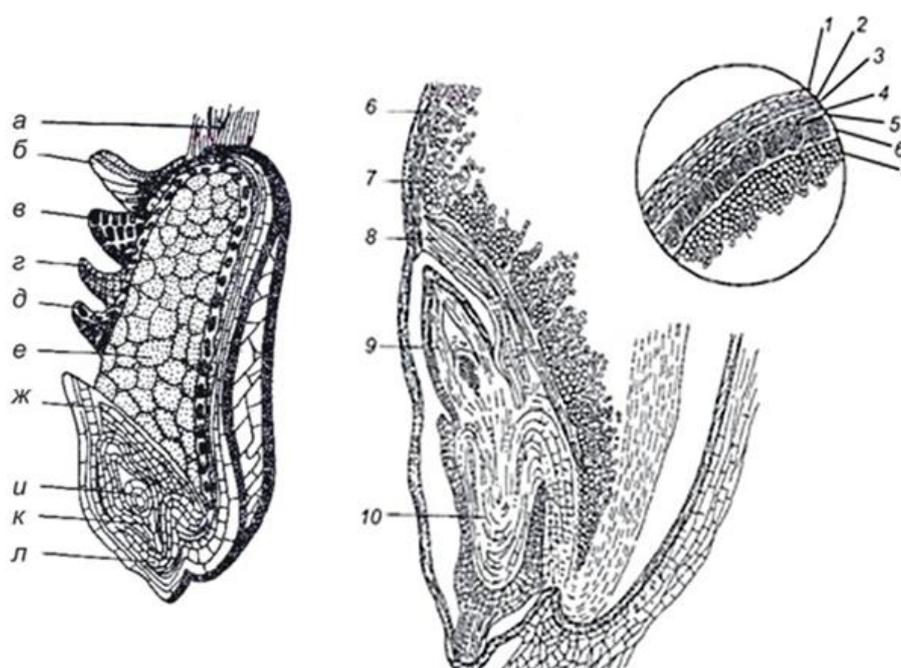


Рисунок 1.1 – Соотношения анатомических частей зерна пшеницы

Зародыш содержит белки, липиды с высокой степенью ненасыщенности, сахара и биологически активные вещества. Щиток зародыша, как и зародыш, характеризуется повышенным содержанием питательных веществ, прежде всего жира. В нем синтезируются ферменты (каталаза, амилаза, липаза, протеиназа), физиологически активные вещества (гетероауксин и др.), а также витамины (В₁, В₂, В₆, РР, Е, Н и др.). Зародыш при высоком уровне развития и достаточно высокой физиологической активности за счет наличия физиологически активных веществ, однако, несет в себе и вещества, подавляющую эту активность, – ингибиторы.

Отличительные особенности зародыша зерновки – низкая механическая прочность, особенно у зерна твердой пшеницы, что должно учитываться при перемещении и очистке зерновых масс; высокая интенсивность физиологических процессов; легкость окисления находящихся в нем жиров и, как следствие, неустойчивость в хранении. С этими особенностями приходится считаться при очистке, сушке и хранении семян зерновых культур.

Зерно пшеницы состоит из трех основных частей: зародыша, эндосперма и двух оболочек – плодовой и семенной (рис. 1.2).



а – хохолок (бородка); б, в, г – плодовая и семенная оболочки; д – алейроновый слой; е – эндосперм; ж – щиток; и – почечка; к – зародыш; л – зачаточный корешок; 1–5 – покровы семени: эпикардий, мезокардий, эндокардий, пигментный слой, гиалиновый слой; 6 – алейроновый слой; 7 – мучнистое ядро эндосперма; 8 – щиток; 9 – зачаточная почка ; 10 – корешок.

Рисунок 1.2 – Продольный разрез зерновки (зерна) пшеницы

Плодовая оболочка (перикарпий) образуется из стенок завязи и состоит из продольного слоя (эпикардия), имеет несколько рядов удлиненных клеток, расположенных вдоль зерна, верхний ряд которого называется эпидермисом; поперечного слоя (мезокардия), состоящего из тонкостенных удлиненных клеток, лежащих поперек зерна; трубчатого слоя (эндокардия), состоящего из удлиненных трубчатых клеток, расположенных вдоль зерна.

Семенная оболочка (перисперм) образуется из оболочек семяпочки и состоит из трех слоев. Первый и второй слои плотно срастаются и образованы удлиненными клетками с тонкими стенками. Первый слой прозрачный, второй пигментный из-за высокого содержания пигментов. Третий слой называется набухающим, или гиалиновым. К семенной оболочке прилегает алейроновый слой, состоящий из одного слоя клеток с сильно утолщенными стенками. Алейроновый слой содержит особые белковые образования, представленные у

некоторых видов и сортов пшеницы в виде кристаллов с вкрапленными между ними мельчайшими капельками жира. Толщина плодовой и семенной оболочек составляет 0,03-0,07 мм. Толщина алейронового слоя, состоящего всего из одного ряда клеток, приближается к толщине оболочек – 0,03-0,06 мм [6].

Так как оболочки зерновки образованы из плотных одревесневших клеточных стенок, то они надежно защищают зародыш и эндосперм от внешних механических и химических воздействий.

Одним из основных свойств семян является их способность находиться в состоянии покоя, связанное с замедлением дыхания и полным отсутствием прорастания семян. Для семян яровой пшеницы состояние покоя – неременное условие стабилизации жизнедеятельных процессов, сохранения в неблагоприятных условиях.

Ученые считают, что в состоянии покоя происходит процесс дозревания семян, когда в зерновке происходит процесс накопления ряда веществ, ингибиторов роста, тормозящих возможность прорастания зерна. На длительность процесса дозревания пшеницы оказывает доступ к зародышу кислорода и воды, под действием которых ингибиторы подвергаются распаду, семена выходят из состояния покоя, всхожесть их повышается [6].

В состав зерна входит вода, которая содержится в нем как в свободном, так и в связанном состоянии [6]. Связанная вода является составной частью большинства химических соединений находящихся в зерне и как показали исследования [42, 44, 53], не оказывает существенного влияние на процесс его хранения.

Физические свойствами зерна определяют и физические свойства зерновой массы. Для правильной организации процесса хранения зерна необходимо в первую очередь учитывать такие свойства зерновой массы, как сыпучесть, скважность, гигроскопичность, теплоемкость и теплопроводность.

Сыпучесть зерновой массы характеризуется углом естественного откоса, который для зерна пшеницы составляет 23-38 градусов [9, 107, 108]. Такое значение сыпучести зерновой массы пшеницы положительно влияет на

организацию процесса её хранения так, как позволяет легко перемещать зерновую массу с помощью подъемно-транспортных средств и загружать ее в различные по форме и размеру хранилища. По степени сыпучести можно судить о качестве её хранения так, как при повышении влажности зерновой массы происходит слеживаемость зерна при которой, сыпучесть зерновой массы уменьшается или теряется совсем.

Скважность - заполненные воздухом промежутки между зернами в насыпи. Наличие воздуха в межзерновом пространстве имеет определяющее значение для сохранения жизнедеятельных функций зерна. Высокое содержание воздуха в зерновой массе с одной стороны позволяет активное вентилирование зерна, что положительно влияет на процесс хранения, с другой стороны создает благоприятные условия для развития насекомых вредителей. Скважность определяется в процентах как отношение объема зерна к общему объему занятому зерновой массой и для пшеницы составляет 35 – 45%.

Гигроскопичность зерновой массы оказывает наибольшее влияние на стойкость зерна при хранении. Хорошо сохраняет свои исходные свойства только то зерно, в котором вся влага находится в связанном коллоидами состоянии. Между относительной влажностью воздуха в хранилище и влажностью зерна через определенное время устанавливается динамическое равновесие. Каждому значению относительной влажности воздуха и его температуры соответствует определенная равновесная влажность продукта. Оптимальный интервал влажности воздуха при положительной температуре (10 - 20⁰С) находится в пределах от 60 до 70%. В этих условиях равновесная влажность продуктов равна 13 - 14%. Влажность продукта, при которой в нем появляется свободная вода, носит название критической. Для большинства культур критическая влажность лежит в интервале 14,5 - 16%. Зерно, достигшее ее, может заплесневеть и быть использовано только как фуражное [50]. Гигроскопичность зерна зависит от содержания в них белков и высокомолекулярных пентозанов, способных поглощать влаги больше, чем другие вещества.

Теплоемкость и теплопроводность зерна также относят к физическим свойствам. Тепло в зерновой массе распространяется двумя способами: от зерна к зерну при их соприкосновении - теплопроводность зерна и перемещением воздуха в межзерновых пространствах - конвекция. Зерно имеет теплопроводность, близкую к древесине, т. е. обладает низкой теплопроводностью. Воздух также характеризуется небольшой теплопроводностью. Поэтому суммарный показатель теплопроводности зерновой массы в целом невелик и колеблется в пределах от 0,12 до 0,2 Ккал.

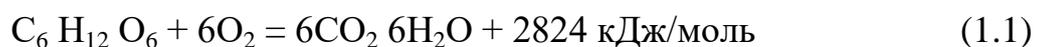
Скорость нагревания зерновой массы - теплопроводность также невелика. Таким образом, зерновая масса характеризуется большой тепловой инерцией, изменение температуры зерна в средних слоях насыпи происходит очень медленно. Поэтому зерно в зимние месяцы можно охладить, проведя активное вентилирование насыпи холодным сухим воздухом. Низкая температура его сохраняется в течение большей части лета, в результате чего замедляются биохимические процессы, протекающие в нем, и прекращается размножение амбарных вредителей. Если же на хранение засыпано теплое зерно, то в нем долго сохраняются благоприятные условия для: активной жизнедеятельности самого зерна, амбарных вредителей и микроорганизмов. В весенне-летний период, а также в осенне-зимний наблюдается большая амплитуда колебаний температуры между отдельными слоями зерновой массы, что может привести к конденсации влаги на отдельных ее участках, увлажнению зерна [9, 64].

В период хранения постоянно проводят наблюдения за зерном. Температура хранящейся зерновой массы должна находиться под повседневным контролем. При небольшом повышении температуры (на 1 – 3⁰С) проводят активное вентилирование сухим холодным воздухом. Если зерно после этого продолжает греться, то его приходится перемещать в резервный силос, пропуская при этом через зерносушилку и зерноочистительную машину (для охлаждения) [9, 51, 54, 100]. Таким образом, для сохранения жизнедеятельных функций зерна в период его хранения необходимо создать такие условия, при которых не нарушаются биологические и биохимические процессы протекающих в зерне.

1.2. Анализ факторов окружающей среды, влияющих на сохранность зерна

Сохранность зерна определяется условиями его хранения и исходного состояния, при котором оно закладывается на хранение [9, 10, 23, 85, 100, 125]. При этом многолетняя практика хранения зерна и результаты научных исследований показали, что интенсивность протекания физиологических процессов в зерновой насыпи в период хранения зерна, зависит от таких факторов, как влажность зерновой массы и содержание влаги в окружающей среде (воздухе, хранилищах, таре), температура зерновой массы и окружающей её среды. Эти факторы закономерно влияют на жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы: зерна, микроорганизмов, насекомых вредителей зерна [43, 49, 127, 129].

В работах В.Л. Кретовича [52], Л.А. Трисвятского [98, 99] отмечается, что дыхание является основным физиологическим процессом, протекающим в зерне. Поступающий во время дыхания кислород обеспечивает клетки зерна энергией, главным образом за счет окисления органических веществ. Дыхание может быть адиабатным и аэробным. При аэробном дыхании, когда в окружающей зерно среде достаточное содержание кислорода, химический процесс, протекающий в зерне, может быть представлен в виде уравнения [47]:



При недостатке воздуха в зерновой массе, а, следовательно, и кислорода, наблюдается анаэробное (бескислородное) дыхание, которое осуществляется по схеме спиртового брожения и может быть описано выражением:



Аэробное дыхание приводит к образованию в зерне этилового спирта, который в начальный период образования при незначительных концентрациях

угнетает жизнедеятельные функции клеток зерна, при дальнейшем росте концентрации убивает их, делая семена непригодные для сева.

Поэтому в период хранения зерна должны быть созданы условия для его аэробного дыхания, при этом необходимо заботиться о том, чтобы образующийся в результате дыхания углекислый газ CO_2 не накапливался в зерновой массе и вытеснялся из нее воздухом с достаточным содержанием кислорода [126].

Вид дыхания зерна можно определить по его дыхательному коэффициенту – отношению объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода. При отношении равном единице происходит аэробное дыхание, если это отношение меньше единицы, то наряду с аэробным дыханием в зерновой массе происходят другие физиологические процессы, дыхательный коэффициент больше единицы характеризует протекание процесса анаэробного дыхания зерна.

Важной характеристикой дыхания зерна является не только его характер, но и интенсивность дыхания, величина которой зависит от влажности и температуры.

Содержание влаги в зерне основной параметр, характеризующий исходное состояние зерна. Как показали исследования при влажности зерна до 15 – 16%, влага находится в связанном состоянии в белке и крахмале содержащимся в зерне и не участвует в процессе обмена веществ [105, 108]. При повышении влажности в клетке зерна появляется свободная влага, которая стимулирует активность гидролитических и дыхательных ферментов. Влажность, при которой наблюдается резкое повышение дыхания зерна, считается критической.

В трудах Трисвятского [96, 97, 98, 99] отмечается, что зерно с влажностью близкой к критической, дышит в 2-4 раза интенсивнее сухого, но уже имеет малый газообмен и поэтому может быть заложено на хранение. У сырого зерна, влажностью выше 17%, интенсивность дыхания в 20-30 энергичнее сухого, рисунок 1.3 [47].

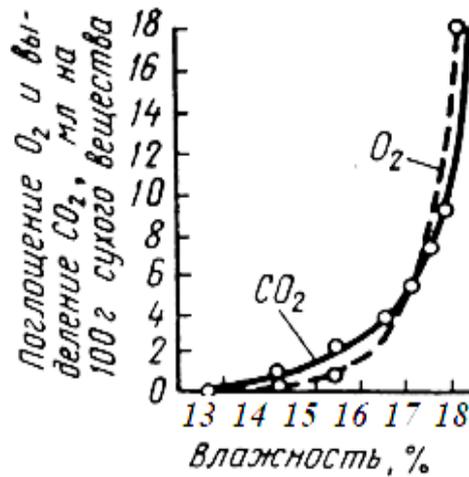


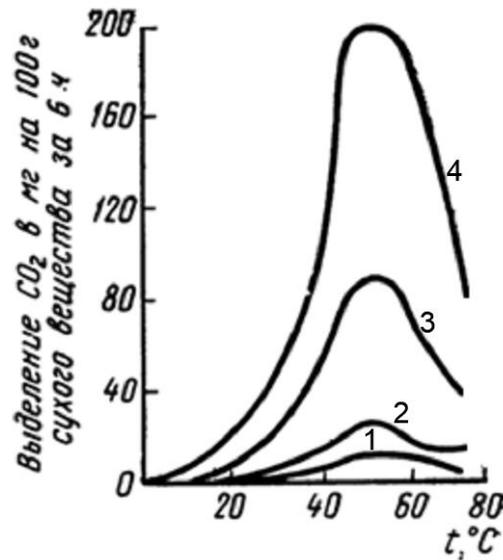
Рисунок 1.3 - Зависимость интенсивности дыхания зерна от влажности зерна

Е.Н. Мишустина [100], А.П. Ордина [99], О.П. Подъяпольский [73] и другие отмечают, что влажность зерна является одним из определяющих факторов условия развития в зерновой массе микроорганизмов.

Установлено, что, несмотря на различную потребность отдельных видов микроорганизмов во влаге для их развития достаточно влажность зерна, превышающая критическую на 0,5-1%. То есть, с появлением в зерне свободной влаги создаются условия для развития микробов.

Влиянию температуры зерна на процессы, протекающие в зерновой массе, посвящены труды Е.Д. Казакава [46, 47] и др. На основе результатов своих исследований они сделали заключение, что с повышением температуры увеличивается интенсивность дыхания. В интервале температур от -20 до 30°C увеличение интенсивности дыхания подчиняется закону Ванта – Гоффа. При температуре зерна 45°C, интенсивность его дыхания достигает максимального значения, рисунок 1.4.

Дальнейшее повышение температуры приводит к отмиранию клеток и гибели зерна, как живого организма.



1- влажность зерна 14%; 2 – влажность зерна 16%; 3 – Влажность зерна 18%; 4 – влажность зерна 20%.

Рисунок 1.4 - Влияние температуры на интенсивность дыхания зерна пшеницы

Исследованиями установлено [100], что развитие и интенсивность процесса дыхания приводит к самосогреванию зерновой массы. Так при температуре воздуха 21-23°C в зерне с влажностью 16% процесс самосогревания носил вяло текущий характер. Интенсивное развитие процесса самосогревания начинает наблюдаться при увеличении влажности зерна выше 18% и температуре до 30°C - зерно теряет всхожесть, приобретает солодовый запах и сладковатый вкус, при этом процесс самосогревания сопровождался бурным ростом плесени.

В процессе хранения зерна, особенно в герметичных емкостях, под влиянием температуры наблюдается процесс перемещения влаги [58]. Перемещение влаги происходит по направлению потока тепла и может сопровождаться скоплением в отдельных участках зерновой насыпи значительного количества капельной влаги.

Перемещение влаги особенно интенсивно наблюдается осенью и весной в зернохранилищах всех типов. В работах А.Н. Демьянченко, В.Г. Свитальского, Н.И. Соседова и др. [91] этот эффект создается в результате сезонных колебаний температуры в хранилище. Колебание температуры приводит к расслоению

температуры зерна в зерновой насыпи, возникновению конвективных потоков воздуха и как следствие этого к перераспределению влаги в зерновой массе.

В.И. Бровенко [9] в результате своих исследований установил, что при хранении ячменя в металлических силосах происходит перераспределение влаги вследствие суточного колебания температуры наружного воздуха. При этом влажность зерна в пристеночных и поверхностных слоях зерновой массы, была выше на 1,5-2% влажности остального зерна.

Как отмечено в работе В.И. Бровенко [10], температура зерна зависит от температуры наружного воздуха и обычно отстает от нее. Интенсивность суточных колебаний температуры наружного воздуха также приводит к колебаниям температуры в слоях зерновой массы. Особенно интенсивно процессы суточного колебания температуры зерна в зависимости от температуры окружающего воздуха наблюдаются при хранении зерна в металлических силосах.

Проведенные В.И. Бровенко и А.Л. Лугаревым [10] исследования показали, особенно интенсивно процесс образования конденсации влаги внутри металлических контейнеров наблюдается в осенне-весенний период хранения, во время активной вентиляции зерновой массы влажным и теплым наружным воздухом. При влажности воздуха от 60 до 80 % процесс конденсации влаги наблюдается в около стенных и верхних слоях насыпи, что приводит к снижению показателей всхожести и энергии прорастания соответственно на 5-13% и 6-15%. При влажности выше 85% изменения качества зерна наблюдалось по всему объему зерновой насыпи уже с первых месяцев хранения. Так всхожесть зерна уменьшилась на 15-30%, энергия прорастания снизилась на 11 – 25%, увеличилось кислотное число жира на 5,3 – 9,5 мг, уменьшился объемный выход хлеба на 35-75 мл.

Поэтому для предупреждения этого эффекта целесообразно проводить искусственное осушение наружного воздуха используемого для вентиляции зерновой насыпи находящейся в контейнере.

Избыточная влажность семян и повышенная температура, возникшая в период хранения, не только активизирует протекание физиологических процессов, но и является причиной повышения жизненной активности бактерий (микроорганизмов) и насекомых вредителей хлебных злаков.

Согласно материалам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) «Food and Agriculture Organization», «если не проводить различные мероприятия по уничтожению вредных насекомых, то значительная часть выращенного зерна может быть повреждена» [2]. Ежегодно вредители уничтожают около 15% мирового урожая зерновых культур [80]. В Российской Федерации недобор зерна из-за деятельности вредных насекомых в среднем составляет 9,3% [41]. Особенно активно насекомые развиваются в поврежденных (травмированных) и влажных зерновках [132].

Бактерии в основном представляют микрофлору зерновой массы. Они, по исследованиям ученых [10], не представляют особой опасности для зерна, засыпанного на хранение, за исключением термофильных микроорганизмов. Под воздействием этих организмов в зерновой массе возможно образование дрожжей. Дрожжи появляются обычно в закрытых ёмкостях при нехватке воздуха и повышенной влажности. Образовавшиеся дрожжи-эпифиты не наносят зерну вреда, но при их развитии оно приобретает запах брожения.

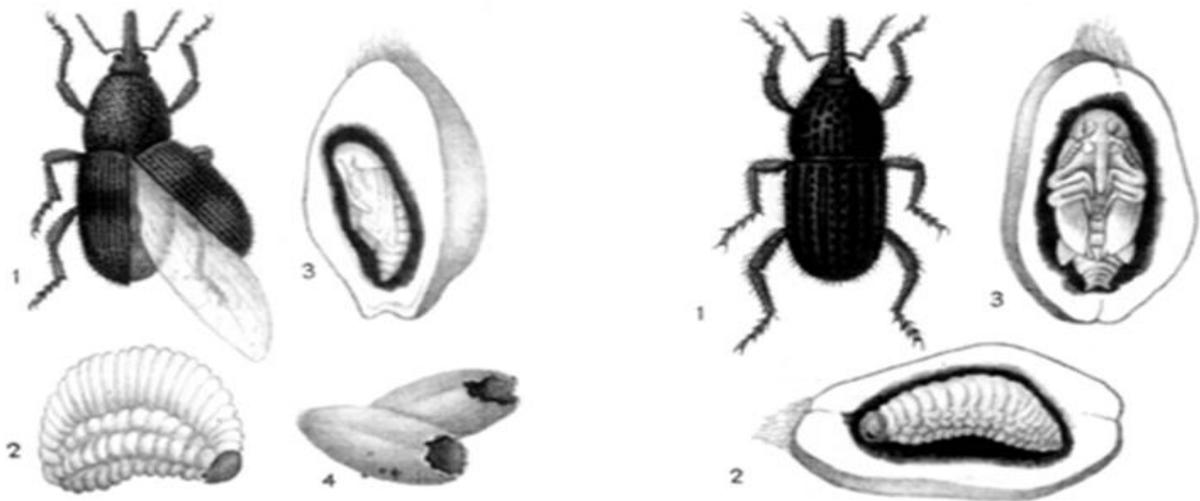
Предотвратить развитие микрофлоры можно за счет строгого соблюдения технологии хранения, которая предусматривает засыпку зерна на хранение влажностью не более 14% и не допускает смешивания влажного зерна с сухим.

После уборки зерновая масса из-за наличия в ней живых организмов (насекомых – вредителей хлебных злаков) имеет высокую физиологическую активность. Большинство из этих насекомых приспособились к обитанию в зерновой массе, используют его для питания и размножения и обладают высокой плодовитостью [26, 113].

Насекомые вредители хлебных злаков представлены двумя отрядами: жесткокрылые (Coleoptera) жуки и чешуекрылые (Lepidoptera) бабочки.

К наиболее распространенным вредителям зерна в нашей стране относятся амбарный долгоносик и зерновая моль, которыми в совокупности заражено около 14% всего зерна [37, 38, 39].

Наибольший вред среди жуков зерну, засыпанному на хранение, представляют амбарный и рисовый долгоносики (рисунок 1.5).



1 – жук; 2 – личинка; 3 – куколка; 4 – повреждённые зерна

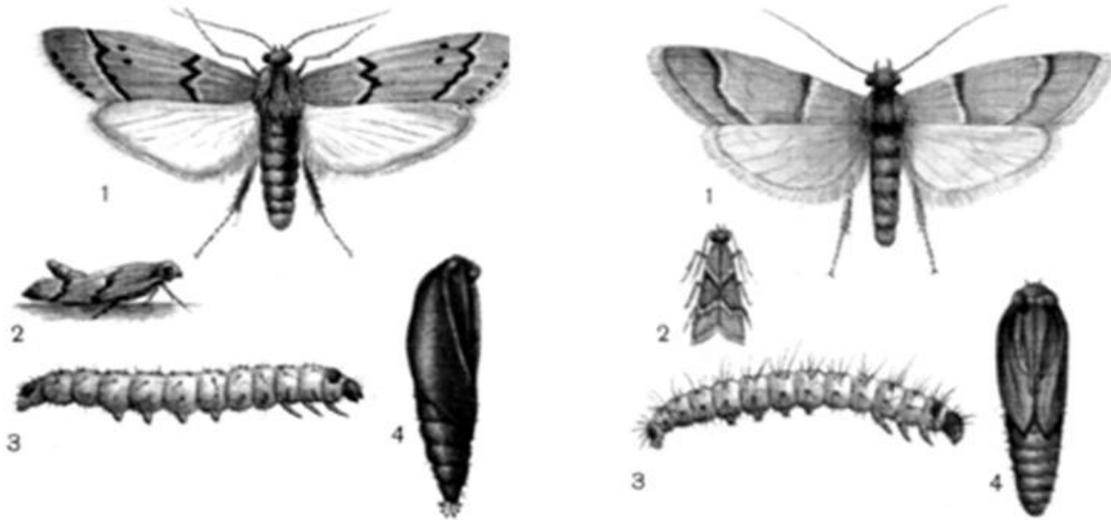
Рисунок 1.5 - Рисовый и амбарный долгоносик

По данным Г.А. Закладного [37] через 1 – 2 месяца хранения зерна долгоносики встречаются в 45% обследуемых партий зерна. Рисовый долгоносик наиболее распространен в южных областях России, в центральных и северных областях преобладает амбарный долгоносик.

Жуки вредители хлебных злаков семейства долгоносиков (Curculionidae) характеризующийся небольшими размерами (около 4 мм), жучок-вредитель выделяется темно-бурым, почти черным окрасом, узким длинным туловищем и наличием крыльев. К полетам такое насекомое не приспособлено. Долгоносики образуют скрытую форму зараженности, при которой личинка жука развивается в зерне. Самка жука высверливает в зерне отверстие, куда откладывает от 150 до 300 яиц. Из яйца развивается личинка, продолжительность развития которой составляет от 3 до 6 недель, за это время она достигает длины около 3 мм. В течение суток одна личинка уничтожает 0,1 – 0,7 мг зерна, выгрызая его

внутреннее содержание, оставляя от зерна только оболочку. По завершению развития личинки она превращается в куколку, из которой через одну три недели появляются сформировавшиеся жуки нового поколения. Средняя продолжительность жизни жука – около 2 лет.

Среди бабочек наиболее опасна для зерна зерновая моль, рисунок 1.6.



1 – бабочка; 2 – бабочка в сидячем положении; 3 – гусеница; 4 – куколка

Рисунок 1.6 - Мельничная огневка и зерновая моль

Бабочки вредители хлебных злаков в своем развитии проходят те же стадии, что и жуки. Личинки бабочек имеют хорошо развитый ротовой аппарат грызového типа.

Мельничная огневка – теплолюбивое насекомое, имеет длину тела 10 -14 мм, размах крыльев 20 -25 мм. Личинка розоватая или желтоватая, с рядами мелких желтоватых пятен у оснований волосков, длиной около 10 мм.

Бабочки огневки спариваются на 1-2 день после выхода из кокона.

После оплодотворения, самка через несколько дней приступает к кладке яиц. Самка может откладывать 150-200 яиц, даёт до 5 поколений. Превращение яиц в куколку в зависимости от температуры может занять от 3 до 12 дней.

Личинки активно переползает, выбирая удобное для питания место, образуют большие, соединенные паутиной комки. Вгрызаясь в запасы, она формирует тонкую трубочку из шелковистых нитей, покрытую сверху

экскрементами. В ней она живет и питается, выгрызая в зернах широкую камеру [33].

Зерновая моль (*Sitotrogas cerealella*) в размахе крыльев достигает 11-20 мм которые окрашены в серо-желтый цвет с вкраплениями бурых чешуек. Яйца размером около 0,5 мм, овальной формы, только что отложенные – белого цвета, позже приобретают желтый цвет. Плодовитость одной самочки достигает до 200 яиц. Гусеницы выходят из яиц через 7-9 суток, очень подвижные и активно передвигаются в поисках удобного места для проникновения в зерно. Проникая в зерновку, личинка начинает питаться её содержимым, оставляя при этом пустую полость. В конце развития перед окукливанием гусеница расширяет это отверстие и затягивает его паутиной. Куколка во время выхода бабочки не показывается из зерновки. Длительность цикла развития зависит, от температуры окружающей среды и может составлять от 29 до 114 суток [37].

Паукообразные вредители хлебных злаков – клещи (*Acarina*), обитают в хранилищах, куда заносятся грызунами или другими насекомыми. Клещи в своем развитии очень требовательны к влажности зерна. При влажности зерна выше 15% питаются пылью и битым зерном, повреждая зародыш, снижают всхожесть зерна, своими продуктами жизнедеятельности создают неприятный специфический запах. В сухом зерне с влажностью менее 12% клещи погибают от голода. Развитие клещей также зависит от температуры, оптимальной для них является температура 18 – 32°C, при этой температуре самка клеща способна откладывать от 100 до 200 яиц. При температурах ниже нуля градусов клещи впадают в оцепенение и гибнут.

Характерной особенностью всех насекомых вредителей является их трахейная система дыхания, при которой трахеи наполняются воздухом через дыхальца, это многочисленные отверстия, которые находятся на теле насекомого. Трахеи на своем окончании превращаются в трахеиты – очень тонкие трубочки, которые оплетают каждую клетку тела насекомого, обеспечивая ей приток кислорода. Эволюция насекомых наглядно показывает, что их жизненная

активность зависит от влажности, температуры и насыщенности воздуха кислородом.

В настоящее время основными способами борьбы с насекомыми вредителями хлебных злаков являются: снижение температуры воздуха и влажности засыпаемого на хранение зернового материала, а также применение различных химических веществ, которые как правило экологически не безопасны. Перспективным способом борьбы с насекомыми-вредителями хлебных злаков является способ, разработанный Баскаковым И.В. [2, 3, 4]. Способ борьбы с насекомыми вредителями за счет уменьшения содержания кислорода в межзерновом пространстве зерновой насыпи вследствие разреженности атмосферы воздушной среды изучен недостаточно хорошо и поэтому часть исследований настоящей работы будет посвящена его изучению.

Следовательно, для качественного хранения семенного зерна необходимо:

во-первых, создать такие условия, при которых зерно будет находиться в состоянии покоя;

во-вторых, поддерживать условия для аэробного дыхания зерна;

в-третьих, вентиляцию зерновой насыпи проводить предварительно осушенным воздухом;

в-четвертых, резко снизить жизненную активность насекомых вредителей хлебных злаков за счет частичного разрежения воздуха.

1.3. Анализ существующих режимов хранения зерна

Исследованиям физиолого-биохимических и технико-технологических основ хранения зерна просвещены работы Е.А. Агрономава, И.В. Баскакова, В.Л. Кретовича, Л.А. Трисвятского, А.Н. Репина, Н.Н. Кулешова, И.Г. Строны, М.Г. Голика, Н.Г. Хорошайлова, Б.В. Лесика, В.И. Анискина. В своих работах большинство исследователей выделяют такие режимы хранения зерновых масс, как хранение в сухом состоянии [95, 97, 98], в охлажденном состоянии [91, 92, 99] и в герметичных условиях (без доступа воздуха) [96]. В основе существующих режимов хранения зерновых масс лежат способы замедления жизненных циклов

зерна за счет приведения его в состояние ксероанабиоза, термоанабиоза или аноксибиоза. Каждое из этих состояний предусматривает свойственный только ему режим хранения зерна.

В состоянии ксероанабиоза зерно можно привести путем его обезвоживания, за счет чего снизить физиологическую активность большинства компонентов зерновой массы. Критическая влажность для всех зерновых и зернобобовых культур составляет 12-14%. Обезвоживание зерна до значений ниже критического приводит к тому, что и зерне значительно замедляется газообмен, все живые организмы, находящиеся в зерновой массе впадают в анабиотическое состояние, исключение составляют только насекомые вредители.

Режим хранения зерна в сухом состоянии в настоящее время наиболее распространен, он позволяет хранить зерно длительное время, при этом поддерживает высокий уровень жизнедеятельности семян и их качественные показатели [102, 104]. Опыт производственной деятельности показал, что очищенные от примесей и обеззараженные зерновые массы, можно хранить без перемещения в обычных зерновых складах 4 – 5 лет [1, 5, 12], а в силосах элеватора – 2 -3 года [13, 14]. В обычных зерновых складах зерно можно хранить в высоких насыпях, что в первых позволяет с наибольшей эффективностью использовать помещение; во вторых создаются условия для сохранения качества зерна так, как температуре и влажность зерна подвержены меньшим колебаниям, чем в зерновой насыпи небольшой высоты.

Сухое зерно можно перевозить всеми видами транспорта на дальние расстояния. Перевозка сырого зерна допустима лишь на короткие дистанции [14, 16].

Вместе с тем режим хранения зерна в сухом состоянии имеет и некоторые недостатки [123, 124]. К недостаткам необходимо отнести необходимость проведения систематического наблюдения за состоянием зерновой массы, её своевременное вентилирование и достаточная изоляция от внешних воздействий (резких колебаний температуры наружного воздуха и его повышенной

влажности), а также борьбу с вредителями, которые способны существовать и размножаться в зерне с влажностью ниже критической.

Другая причина порчи сухой зерновой массы – образование капельножидкой влаги и повышение влажности в каком-то ее участке вследствие перепадов температур и явления термовлагопроводности [17].

Принцип термоанабиоза достигается за счет охлаждения зерновой массы в период хранения. К охлаждению чувствительны все живые компоненты, заложенной на хранение, зерновой массы включая микроорганизмы, насекомых и клещей.

Хранение зерна в охлажденном состоянии является одним из эффективных средств, обеспечения сокращения потерь зерна. Даже при хранении сухого зерна его охлаждение дает заметный дополнительный эффект и увеличивает степень консервирования сухой зерновой массы [15].

Низкая теплопроводность зерна способствует практическому применению хранения зерновых масс в охлажденном состоянии, так как в больших массах зерна позволяет сохранить пониженные температуры в течение длительного времени. Необходимо охлаждать зерно независимо от предполагаемых сроков хранения, а также перед его транспортировкой, это способствует сохранению качественных показателей зерна во время пребывания в пути.

Охлажденными считаются только партии зерна, имеющие в насыпи температуру не более 10°C . При этом зерновые массы с температурой во всех слоях насыпи от 0 до 10°C считаются охлажденными в первой степени, а с температурой ниже 0°C – второй степени [15].

Технологии охлаждения зерновых масс можно разделить на две группы естественное (пассивное) и искусственное (активное).

При естественном охлаждении зерна его не перемещают и не нагнетают в него холодный воздух. С наступлением холодной погоды температуру зерна снижают за счет проветривания зернохранилищ, устраивая в них вентиляцию с помощью вытяжных труб или открывая двери, фрамуги и окна.

Эффективность естественного охлаждения во многом зависит от разницы температуры наружного воздуха и зерновой массы, а также продолжительности периода охлаждения. Кратковременное естественное охлаждение не может обеспечить достаточной эффективности снижения температуры зерна, так как холодный воздух, циркулируя в зернохранилище, медленно и неравномерно охлаждает зерно. Неравномерность охлаждения связана с низкой теплопроводностью зерновой массы, за счет чего её внутренние участки поддаются охлаждению медленно.

Несмотря на недостатки естественного охлаждения, он довольно широко применяется, особенно в условиях центральной и северной зоны России, так как не требует расхода энергии и значительных трудовых затрат.

В состоянии аноксбиоза зерно можно привести за счет снижения потребности зерновых масс в кислороде путем изоляции зерна от атмосферного воздуха или помещения зерна в специальную газовую среду, не содержащую кислорода.

Для создания специальной бескислородной среды используют один из трех методов:

1 – накопление углекислого газа в замкнутом объеме, где храниться зерно, естественным образом, то есть за счет продуктов дыхания зерна и всех живых организмов, находящихся в этом объеме;

2 – создание в объеме с зерном вакуума;

3 – введение в объем с зерновой массой газов, вытесняющих воздух из межзернового пространства.

Первый метод самый доступный и дешёвый, но основной недостаток его состоит в том, что требуется значительное время в течение, которого необходимо имеющийся в зернохранилище кислород будет заменен продуктами дыхания зерна, насекомых и микроорганизмов. В течение этого времени, возможно, значительное изменение качества зерна.

Метод консервации зерна за счет помещения его в вакуум широкого распространения не получил из-за больших технологических сложностей и материальных затрат на создание герметичных хранилищ.

Хранение сухого зерна, как показали исследования зарубежных ученых, в полном вакууме возможно только при его влажности не выше 8%, при этом в зерне прекращаются все жизнедеятельные процессы зерно сохраняет свою пищевую ценность, но резко падают показатели всхожести зерна, такие же процессы наблюдаются и в процессе хранения в специальной газовой среде [74, 111].

Для хранения зерновой массы в специальной газовой среде используются металлические силосы. Для создания газовой среды используется диоксид углерода. В процессе закладки зерновой массы в неё добавляются куски сухого льда, который во время таяния выделяет диоксид углерода, способный быстро вытеснить воздух из межзернового пространства. Так же в качестве газовой среды можно использовать смесь газов (86-88% азота, 11-13% диоксида углерода 0,5-1% кислорода), образуемых в результате сжигания природного газа. Однако это довольно дорогостоящий способ создания бескислородной среды.

На практике применяют режим хранения зерна без доступа воздуха только в тех случаях, когда необходимо обеспечить сохранность зерна с повышенной влажностью. Для хранения семенного зерна он неприемлем, так как полностью прекращает все жизнедеятельные процессы, протекающие в зерне в процессе хранения.

В последнее время все большее распространение стал получать четвертый режим хранения зерновых масс, который предусматривает химическое консервирование зерна.

Химическое консервирование обычно применяется в тех случаях, когда первые три режима по какой, то из причин применить невозможно. Обычно это поступление на хранение зерна повышенной влажности, сушка которого экономически нецелесообразна или на неё нет времени.

При химическом консервировании зерновой массы в неё добавляются консерванты, которые приводят зерно в состояние абиоза или анабиоза, подавляют развитие микроорганизмов, вызывающих порчу зерна и особенно плесневых грибов [96].

В качестве консервантов используются метабисульфит (пиросульфит) натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), низкомолекулярные карбоновые кислоты особенно пропионовая и препараты на её основе Пропкорн, Кемстор, а также используются органические кислоты муравьиная, уксусная и бензойная. Консервирующие составы используются в дозах от 0,5 до 17% от массы зерна.

Современные консервирующие составы могут гарантировано сохранить зерно в течение 30 - 50 суток и используются в основном только для хранения фуражного зерна, поскольку позволяют обеспечить хорошее усвоение животными зерна обработанного консервационными составами, поскольку они не являются инородными соединениями.

Для хранения продовольственного и семенного зерна способ с использованием консервационных составов не применяется, так как ухудшает пищевые и хлебопекарные свойства зерна, и резко снижает показатели всхожести зерна и энергии его прорастания.

Наиболее перспективным направлением хранения зерна в России и, особенно за рубежом стало применение технологии комбинированных режимов хранения. Самой распространенной технологией хранения зерна является технология с предварительной сушкой зерна, и последующим его хранением в охлажденном состоянии. Эта технология позволяет сохранить зерно с повышенным качеством, но она требует высоких энергетических и материальных затрат [15].

Из всех рассмотренных режимов хранения зерна на практике применяются, хранение в сухом или охлажденном состоянии, а также комбинация этих двух режимов [75].

При изучении передового опыта и современных научных исследований мы не нашли материалов по хранению семенного зерна в условиях разреженной

атмосферы или регулируемой воздушной среды. А этот режим может быть весьма перспективен, так как предположительно зерно потребляет для поддержания своих жизнедеятельных функций меньшее количество воздуха, чем микроорганизмы и насекомые вредители, находящиеся в зерновой массе. Следовательно, ограничение содержания воздуха в межзерновом пространстве в первую очередь повлияет на жизненную активность насекомых и микроорганизмы. Вместе с тем разрежение атмосферы, не должно привести к изменению способа дыхания зерна, оно должно остаться аэробным.

Поэтому настоящее исследование будет посвящено разработке конструкции устройства для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере и определению его конструктивно-режимных параметров.

1.4. Анализ существующих способов хранения семенного зерна

Для хранения семенного зерна используют два основных способа: хранение в таре (в мешках) и насыпью [15, 65, 112, 130].

Тарный способ хранения зерна применяется только при хранении элитных семян и семян первой репродукции. Хранят также в таре семена, имеющие хрупкую или легко растрескивающуюся оболочку (арахис, сухая фасоль и т.п.). Основным видом тары для зерна являются мешки, изготовленные из льняной, полульняной, льноджутовой, льноджутокенафной и пенькоджутовой ткани. Вид ткани, используемой на пошив мешка, определяет прочность мешка. Мешки могут быть обычной прочности без цветовой полосы или с повышенной прочностью с одной или несколькими цветными полосками.

Для затаривания и зашивки мешков применяются комплекс затаривания мешков КЗМ – 1 выпускаемый ПКФ «ЖАСКО» г. Волгоград или комплексы, выпускаемые ООО «УК ФЕРМЕРЪ» г. Бронницы и ООО «Промышленные системы и автоматы» г. Воронеж. На каждый затаренный и зашитый мешок с семенами крепится специальный ярлык с указанием категории семян.

Мешки укладываются на поддоны высотой 12 – 15 см штабелями. Для этого на поддон кладут по три мешка в каждый ряд штабеля, при укладке к двум

параллельно положенным мешкам перпендикулярно кладут третий, в следующем ряду мешки размещают в обратном порядке, получая надежную «связку» мешков. Все мешки при формировании штабеля укладываются внутрь зашитой стороной, между штабелями оставляют проходы 1 – 2 метра для контроля над хранением и при необходимости перекладывания мешков.

Между штабелями и стенками зернохранилища оставляют проход не менее 0,75 м. Рациональная высота штабеля для зерновых и зернобобовых культур составляет 6 -8 мешков, но при недостатке площадей для хранения зерна допускается высота штабеля до 20 мешков, рисунок 1.7.

Тара из льняной, полульняной, льноджутовой, льноджутокенафной и пенькоджутовой ткани обладает хорошей гигроскопичностью, что приводит к изменению влажности хранящегося зерна. Летом и осенью семена подсыхают, а зимой и весной существенно повышают свою влажность. Интервал колебаний влажности зерна может достигать до 2,5-3%, что доводит влажность хранящихся семян в отдельные периоды до 16-16,5% [15].



Рисунок 1.7 -Тарный способ хранения зерна

В последнее время для хранения зерна стали использовать бумажные и полиэтиленовые мешки. Преимущество бумажных мешков является их относительная дешевизна, полиэтиленовых отсутствие гигроскопичности.

В Институте зернового хозяйства УААН были проведены исследования по изучению влияния упаковочного материала на всхожесть семян таблица 1.1.

Анализ таблицы показывает, что эффективное хранение семян в полиэтиленовой упаковке, которая ограничивает доступ влаги к семенам и тем самым снижает интенсивность дыхания семян, может быть, если семена в полиэтиленовые мешки закладывались совершенно сухим (начальная влажностью 9-10%). При сезонном хранении семян закладываемых с влажностью близкой к критической достаточно бумажной упаковки.

Таблица 1.1. Влияние упаковочных материалов при хранении на качество семян

Упаковочный материал	Влажность семян исходная, %	Всхожесть семян лабораторная (%) на протяжении хранения, лет					Всхожесть семян полевая (%) на протяжении хранения, лет				
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Бумага	9	95	92	73	60	40	88	80	68	43	17
	13	92	92	70	51	28	85	81	63	40	15
	15	90	84	63	30	12	81	63	32	8	0
Полиэтилен	9	98	98	96	95	95	93	90	90	85	86
	13	96	95	92	85	70	90	86	85	70	65
	15	85	61	33	0	0	60	34	5	-	-

В общей сложности недостатками тарного способа хранения зерна являются его высокая себестоимость вызванная трудоемкостью работ, дополнительными расходами на тару и приобретение комплексов для затаривания мешков, большая доля ручного труда выполняемых работ по формированию штабелей и переукладывания мешков.

Основным способом хранения семенного и фуражного зерна, в настоящее время, является хранение зерна насыпью, которое в свою очередь подразделяется на напольное и силосное [15, 114, 120].

В зависимости от целевого назначения и состояния зерна устанавливается высота насыпки зерновой массы. С максимально возможной высотой насыпи хранят продовольственное и фуражное зерно, которое имеет докритическую влажность, прошедшее послеуборочное дозревание и очищенное от примесей. Для партий такого зерна высота насыпи может быть ограничена только высотой и прочностью самого зернохранилища.

Партии семенного зерна для сохранения жизнеспособности семян хранят в зернохранилищах при высоте насыпи от 1 до 3 метров.

Анализ литературных источников показал, что снижение высоты насыпи семенного зерна обусловлено спецификой вентилирования зерновой массы.

Значительный вклад по обоснованию режимов вентилирования зерна внесли Г. Боуманс [8], Т.К. Головкин [18], В. Дринча [33], Б.А. Карпов [48], В.В. Лебедев [61], Б.Е. Мельник [68], В.С. Уколов [100], которыми изучена закономерность движения воздуха в зерновой массе. В трудах этих ученых отмечается, что в нижних слоях зерновой насыпи скапливается углекислый газ, который нарушает дыхательный режим семян. Для удаления скопившегося углекислого газа требуются дополнительное вентилирование нижних слоев насыпи [107, 108, 110, 131].

Преимущества способа хранения семенного зерна насыпью являются:

- более полное использование площади и объема зернохранилища;
- возможность использовать средства механизации для перемещения зерновой массы;
- удобство проведения контроля над сохранностью зерна, по всем принятым направлениям;
- возможность борьбы с вредителями зерновых продуктов.

К недостаткам данного способа следует отнести значительные затраты на строительство и содержание (подготовку к приему урожая) зернохранилища.

Все зернохранилища можно подразделить на зерносклады и элеваторы. Зерносклады - это сооружения с горизонтальными или наклонными полами, предназначенные для хранения зерна насыпью по всей площади склада.

Зерновые склады классифицируют в зависимости от способа размещения зерна, степени механизации погрузочно-разгрузочных работ, срока хранения зерна и вида строительного материала. Наиболее распространенная форма - прямоугольник.

Современные зерносклады (рисунок 1.8) характеризуются использованием следующих технологических приемов [89, 105]:

- механизацией транспортных и погрузочно-разгрузочных работ;
- контролем температуры и влажности зерна,
- регулированием температуры и влажности хранимого зерна путем вентилирования воздухом;
- дополнительной обработкой зерна перед и в процессе хранения с целью поддержания его качества (очистка, сушка, охлаждение, дезинсекция и т.п.) [71].



1 – вентиляционные установки; 2 – датчики контроля температуры зерна

Рисунок 1.8 - Хранение зерна в зерноскладе насыпью

Зерносклады любого типа обычно строят неотапливаемыми, без чердачных перекрытий.

В зависимости от способов хранения зерна зерносклады, сооружаемые в сельскохозяйственных предприятиях и хлебоприемных пунктах, подразделяются на следующие типы:

- закромные, где зерно хранят в отдельных емкостях - закромах (отсеках);

-напольные, где зерно хранят насыпью на горизонтальном или наклонном полу, а семенное зерно - в таре на горизонтальном полу;

-комбинированные, в которых зерно хранится насыпью на полу и в отдельных закромах;

- бункерные, в которых зерно хранится в отдельных бункерах или силосах.

Закромные зерносклады наиболее удобны для раздельного хранения относительно небольших партий зерна различного качества и назначения. Эти хранилища в первую очередь пригодны для сортового и семенного зерна, которое должно храниться невысоким слоем по сортам и категориям в условиях, исключающих возможность смешивания рядом лежащего зерна. Для образования закров зерносклад внутри разгораживают перегородками из чистых досок на отделения, которые и являются простейшими закромами. Все закрома устраивают одинаковой вместимости, так как это позволяет унифицировать размеры элементов и деталей для их изготовления. В случае необходимости вместимость каждого закрома может быть уменьшена или увеличена путем установки дополнительных перегородок или снятием их.

Вместимость отдельных закров для хранения семенного зерна принимают не более 25 т при предельно допустимой высоте загрузки зерна в них 3 м. Закрома располагают группами в 2...4 ряда с образованием между ними продольных проходов, предназначенных для загрузки и разгрузки зерна, а также поперечных проходов с непосредственными выходами наружу. Ширину продольных проходов принимают в зависимости от габаритов механизмов, предназначенных для перемещения и обработки зерна, но не менее 2 м.

В напольных зерноскладах зерно засыпают на пол. Высота насыпи зависит от состояния зерна и обычно не превышает у стен 2,5 м, а посередине зерносклада 5 м, и оно обычно применяется для хранения продовольственного и фуражного зерна.

Комбинированный способ хранения обычно применяют, если требуется раздельное хранение небольших партий зерна разных культур, назначений или в зерноскладе одновременно хранится зерно с и использованием различных

способов хранения (на пример хранение насыпью и тарный способ хранения). Площадь зерносклада перегораживают передвижными щитами высотой 2,5 - 4 метра.

Закромные и напольные зерносклады рассчитываются на эксплуатацию их с применением передвижных машин передвижных транспортеров, тракторных погрузчиков и т. п. Зерно принимают и отпускают через распашные ворота.

В период хранения зерновой массы в зерноскладе устанавливаю причину порчи или снижения качества зерна. Поэтому несмотря на значительные материальные затраты зерносклады тщательно подготавливают к приему нового урожая.

Подготовку к приему начинают сразу после вывоза старой зерновой массы. Для предупреждения попадания в зерносклад дождевой воды возле него делают отмостку или водосточные каналы. Если отсыревают стены, то их изнутри обшивают досками или панелями из ДСП на высоту предполагаемой насыпи зерна. Между панелями и стеной устраивают воздушный промежуток 20-40 мм, для естественной вентиляции. Все трещины в строительных конструкциях заделывают промасленной ветошью или цементируют.

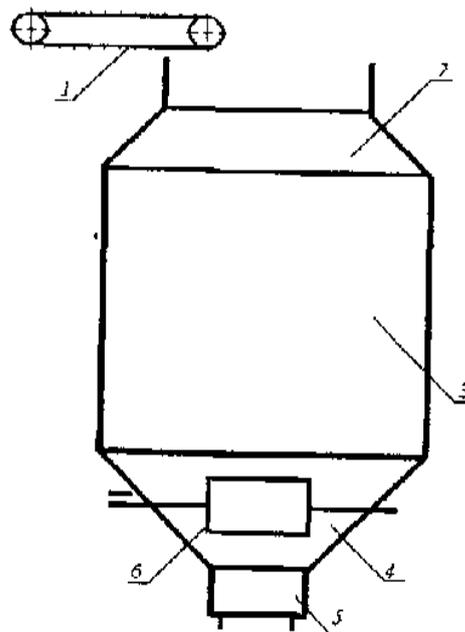
После освобождения зернового склада от зерна инвентарь, всё оборудование и помещение склада очищают от остатков зерна и мусора. Мешки и брезенты прогревают в горячей воде (70-90°С), просушивают и убирают на хранение в отдельное помещение. После этого склады обрабатывают фосфорорганическими соединениями – карбофосом, хлорофосом и т.п. Проводят мероприятия направленные на уничтожение насекомых вредителей хлебных злаков и грызунов, дезинсекцию и дезактивацию помещения.

В современных условиях способ хранения зерна в металлических емкостях (силосах) является наиболее перспективным и экономически целесообразным из-за низкой стоимости хранения и быстроты строительства самого хранилища. Так в США, Канаде, Франции и других странах в металлических емкостях хранятся более 70% зерна уложенного на долгосрочное хранение [116, 117, 118]. При этом зерно хорошо очищается от примесей, оно полностью проходит процесс

послеуборочного дозревания и имеет влажность 13-14% [66, 67, 83, 119]. Стоимость хранения 1 тонны зерна в металлической емкости в 2-3 раза ниже, чем хранение в складах из железобетонных конструкций или кирпича [9, 10, 87]. При строительстве металлического хранилища удельный расход стали составляет 10-18 кг на тонну хранящегося зерна [10].

Анализ конструкции металлических емкостей используемых для хранения зерна как у нас в стране, так и за рубежом показал, что в части планировочных решений они выполнены как отдельно стоящие силоса в виде цилиндра большого диаметра высотой до 30 метров [93, 100]. В верхней части металлический силос имеет конусную крышку, в нижней части – плоское, но чаще всего конусное днище. Для транспортирующих средств по загрузке и выгрузке зерна металлические силоса имеют надсилосные и под силосные галереи, кроме того они комплектуются специальным оборудованием для вентилирования и газовой обработки зерна.

Загрузка металлического силоса осуществляется конвейером через верхнее отверстие, при этом достигается полное использование герметичного объема, а выгрузка через выпускную воронку в днище (рис 1.9).



- 1 - загрузочный конвейер; 2 - верхняя часть силоса; 3 - емкость силоса;
4 - выпускная горловина; 5- выгрузное устройство; 6 - побудитель потока.

Рисунок 1.9 - Устройство силоса для хранения зерна

Днище силоса изготавливается с небольшим наклоном, поэтому около 15-18% зерна при разгрузке силоса требуют подгрёбки, которая осуществляется с помощью выгрузного устройства с побудителем потока.

Анализ научной литературы показал, что наряду со всеми преимуществами способ хранения зерна в металлических ёмкостях не используется ни у нас в стране ни за рубежом для хранения семенного зерна [88, 90]. Это обусловлено тем, что выпускаемые промышленностью металлические силосы имеют объёмы, которые в несколько раз превышающие потребность хозяйств занятых хранением семенного зерна, что неизбежно приводит к недозагрузке силоса или к пересортице семенного материала.

Кроме того, металлические силоса обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при разработке режимов хранения семенного зерна. В частности, вследствие того, что с ростом высоты зерновой насыпи в силосе складываются не благоприятные условия для изменения состава воздуха внутри металлической ёмкости и накопления углекислого газа в глубинных слоях зерновой насыпи, для удаления которого необходимо проводить активную вентиляцию зерна. А так же, как было отмечено в параграфе 1.2, возникают условия образования конденсата влаги внутри металлической ёмкости.

В разработанных проектах как отечественных, так и зарубежных металлических хранилищ силосного типа для активной вентиляции зерновой массы в основном используется устройство аэродинамического днища на базе аэрожелобов закрытого типа.

В научных трудах М.Г. Голик, М.А. Теленгатора В.С. Уколова [36, 95, 100] отмечается то, что активную вентиляцию целесообразно применять для выравнивания температурного поля зерновой насыпи. Для правильной организации дыхания зерна, активная вентиляция менее эффективна, так как распределение свежего воздуха в зерновой массе происходит неравномерно, и образуются «застойные» зоны, для продувания которых нужно увеличение удельного расхода воздуха. С увеличением расхода воздуха резко возрастает

аэродинамическое сопротивление зерновой массы, что приводит к необходимости использования более мощных вентиляционных устройств.

Наиболее перспективным способом правильной организации дыхания зерна является аэрация зерновой массы, так как скорость фильтрации в насыпи при аэрации значительно ниже, чем при активном вентилировании. Опытные данные и расчеты показали, что при снижении температуры зерна на одинаковую величину удельные затраты электроэнергии будут в 2-2.5 раза ниже по сравнению с активной вентиляцией, хотя время обработки зерна воздухом будет больше [35, 36].

К недостаткам способа хранения семенного зерна в металлических силосах следует также отнести затрудненную борьбу с вредителями хлебных злаков, которые могут оказаться в зерновой насыпи внутри металлического силоса. Сложность и высокая трудоемкость проведения процессаконтроля над качеством хранения семенного зерна ведет к увеличению эксплуатационных затрат.

Анализ научной литературы показал, что в настоящее время отсутствуют исследования конструктивно-режимных параметров хранения семенного зерна в металлических емкостях силосного типа в условиях разреженной атмосферы и позволяющих проводить принудительную аэрацию зерновой массы [70]. Решение этих вопросов является одной из задач диссертационной работы.

1.5. Постановка научной проблемы, цель и задачи исследований

Предварительные исследования существующих способов хранения семенного зерна позволило установить, что наиболее приемлемой технологией хранения семенного зерна является технология хранения в металлических силосах (контейнерах) малой емкости [101]. При этом в ходе анализа существующих технологий хранения зерна в металлических силосах был выявлен ряд существенных недостатков.

К недостаткам следует отнести:

1 - изменение состава воздуха в межзерновом пространстве связанное с накоплением углекислого газа в глубинных слоях зерновой насыпи;

2 - возможность образования конденсата влаги на поверхности зерна при проведении вентиляции межзернового пространства зерновой массы;

3 - затруднение борьбы с вредителями хлебных злаков, которые могут оказаться в зерновой насыпи внутри металлического силоса;

4 - сложность конструкции системы вентиляции зерна, за счет высокой стоимости его изготовления, ремонта и обслуживания вентиляционного оборудования;

5 - процесс хранения и контроля качества хранения зерна не автоматизирован и требует периодического присутствия оператора, что также ведет к увеличению эксплуатационных затрат.

Чтобы избежать этих недостатков, нами создано устройство для хранения зерна в регулируемой воздушной среде [76, 77, 78], позволяющее не допустить конденсации влаги внутри контейнера в процессе аэрации межзернового пространства за счет снижения влажности поступающего в контейнер воздуха, прекратить жизнедеятельность насекомых вредителей путем разрежения воздуха внутри контейнера.

Поэтому целью настоящей работы было повышение эффективности хранения семенного зерна в разреженной атмосфере и определение технологических параметров.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1.- проанализировать научно-производственный опыт хранения семенного зерна, выявить резервы повышения эффективности технологического процесса хранения;
- 2.- теоретически обосновать технологические параметры, влияющие на сохранность семенного зерна в условиях разреженной воздушной атмосферы;

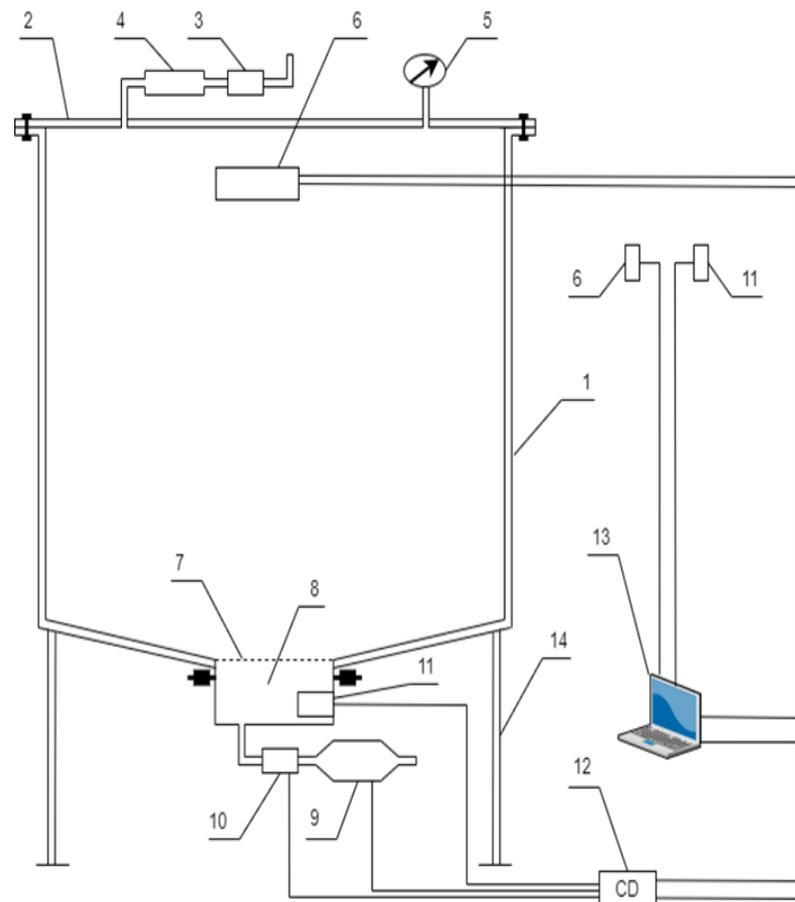
- 3.- экспериментально уточнить рациональные значения параметров хранения семенного зерна в разреженной атмосфере;
- 4.– провести длительное хранение семенного зерна в разреженной атмосфере;
- 5.– оценить технико-экономический эффект от внедрения результатов исследования в производство.

Решение поставленных задач обеспечит более рациональное использование материальных и трудовых ресурсов при проведении работ по хранению семенного зерна в АПК.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В ГЕРМЕТИЧНОМ КОНТЕЙНЕРЕ С РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРОЙ

2.1. Конструкции герметичного контейнера для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере

Для устранения недостатков хранения семенного зерна в силосах малой емкости нами была разработана конструкция герметичного контейнера для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере [78, 82], схема и общий вид которого представлены соответственно на рисунках 2.1 и 2.2.



1 - корпус контейнера ; 2 - герметичная крышка; 3 - атмосферный электромагнитный клапан; 4 – емкость с осушителем воздуха; 5 - вакуумметр; 6 - регистратор влажности и температуры воздушной смеси; 7 – защитная сетка; 8 – емкость-накопитель углекислого газа; 9 - вакуумный насос; 10 – датчик контроля давления газа; 11 - датчик контроля содержания кислорода в воздушной смеси; 12 – контрольно-управляющее устройство; 13 - персональный компьютер; 14 – опорная стойка;

Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологическая схема герметичного контейнера для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере



Рисунок 2.2 - Общий вид герметичного контейнер для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере

При разработке окончательной конструкции контейнера с разреженной атмосферой были использованы разработанные нами патенты на изобретение № 2679053, 2689732, 2713802 (приложение А).

Герметичный контейнер для хранения семенного зерна в регулируемой воздушной среде (см. рис. 2.1) состоит из корпуса 1 установленного на опорные стойки 14 с герметичной крышкой 2. На крышке установлены контрольный вакуумметр 5, емкость с осушителем воздуха заполненную техническим силикагелем [19] 4 и атмосферный электромагнитный клапан 3. В нижней части

корпуса имеется разгрузочная горловина, к которой через герметичную прокладку подсоединена емкость для сбора углекислого газа 8, образующегося в результате дыхания зерна. Чтобы зерно не попадало в карман, на дне корпуса контейнера имеется защитная сетка 7. Процесс аэрации воздуха в межзерновом пространстве, осуществляется с помощью вакуумного насоса 9. Для автоматической аэрации межзернового пространства и создания необходимого разрежения воздуха в конструкцию герметичного контейнера входит контрольно-управляющее устройство 12, которое соединено с датчиками контроля давления 10 и концентрации кислорода в воздухе 11. Периодический контроль состояния воздушной атмосферы внутри герметичного контейнера может осуществлять оператор с помощью персонального компьютера 13 соединённого с датчиком контроля температуры и влажности воздуха в межзерновом пространстве 6.

Для осуществления способа хранения зерна в контейнере с разреженной воздушной средой, контейнер через горловину заполняется зерном. Затем крышка 2 герметично закрывается. После включения контрольно-управляющего устройства 12, начинается процесс вакуумирования, для чего в устройство подаётся команда на включение вакуумного насоса 9. Насос производит откачку воздуха из контейнера, пока давление воздушной смеси в контейнере не достигнет величины, при которой будет поддерживаться аэробное дыхание зерна, и будет нарушена жизнедеятельность насекомых вредителей. При этом давлении воздуха зерно будет храниться внутри герметичного контейнера, не теряя своих свойств. Образовавшийся в процессе дыхания углекислый газ из-за своей тяжести будет опускаться на дно контейнера, и скапливаться в емкости-накопителе 8. Способ хранения зерна в герметичном контейнере с регулируемой воздушной средой предусматривает периодическую принудительную аэрацию воздуха в межзерновом пространстве. Аэрация проводится при снижении концентрации кислорода в контейнере ниже критической величины, при которой зерно может перейти на анаэробное дыхание, а также при повышении температуры и влажности воздуха в межзерновом пространстве. Процесс смены вида дыхания зерна фиксируется датчиками концентрации кислорода 11,

температура и влажность воздуха в межзерновом пространстве контролируется датчиком 6. При получении соответствующего сигнала от этих датчиков контрольно-управляющее устройство включает вакуумный насос 9. Производится откачка воздуха с пониженным содержанием кислорода из контейнера. Откачка производится до тех пор, пока вакуумметрическое давление не снизится до минимального возможного для вакуумного насоса значения. Затем вакуумный насос отключается, и открываются атмосферный электромагнитный клапан 3, через который свежий воздух, проходя через емкость с осушителем воздуха 4, заполняет межзерновое пространство в контейнере. После того, как будет заменен воздух в контейнере, атмосферные электромагнитные клапаны закрываются, и повторно включается вакуумный насос. Производится откачка воздуха до тех пор, пока вакуумметрическое давление не достигнет величины заданной технологическим процессом. Периодический контроль условий хранения семенного зерна в герметичном контейнере с регулируемой воздушной средой может проводить оператор с помощью персонального компьютера 13, к которому подключены датчик контроля температуры и влажности воздуха в межзерновом пространстве, контрольно-управляющее устройство, датчики давления газа и концентрации кислорода в воздухе.

2.2. Теоретические исследования технологии хранения семенного зерна в контейнере с разреженной атмосферой

При хранении зерна в контейнерах с разреженной атмосферой мы имеем два вида термодинамических систем: закрытый и открытый (рисунок 2.3) [109].

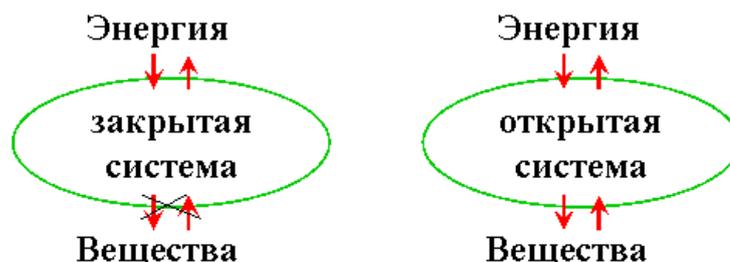


Рисунок 2.3 - Взаимодействие термодинамической системы контейнера с окружающей средой

Закрытой системой контейнер для хранения семенного зерна с разреженной атмосферой будет большую часть времени, когда осуществляется режим хранения семян. При накоплении углекислого газа для исключения анаэробного дыхания зерна необходимо осуществлять аэрацию зерна находящегося в контейнере свежим наружным воздухом. Поэтому теоретические исследования накопления углекислого газа в рабочем объеме контейнера будем вести как для закрытой системы. При аэрации зерна находящегося в контейнере и его вакуумировании система будет открытой и это учитывалось при обосновании термодинамических процессов, чтобы исключить увлажнение воздуха и зерна.

Воздушную среду в межзерновом пространстве зерновой насыпи можно рассматривать как смесь, состоящую из n компонентов. Для анализа состава газовой многокомпонентной смеси нами были применены массовые (ω), молярные (x) и объёмные доли (φ). Массовая доля компонента воздушной смеси определяется выражением

$$\omega_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2.1)$$

где ω_i – массовая доля i -го компонента; m_i – масса i -го компонента; $\sum_{i=1}^n m_i$ – сумма масс n компонентов смеси.

Молярные доли компонентов газовой смеси определяется выражением

$$x_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}, \quad (2.2)$$

где x_i – молярная доля i -го компонента воздушной смеси; v_i – количество вещества i -го компонента; $\sum_{i=1}^n v_i$ – сумма количеств веществ n компонентов смеси.

Для перехода от массовых долей к молярным долям и наоборот применялись выражения 2.3 и 2.4:

$$x_i = \frac{\omega_i / M_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i / M_i} \quad (2.3)$$

$$\omega_i = \frac{x_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^n x_i \cdot M_i}, \quad (2.4)$$

где M_i – молярная масса i -го компонента воздушной смеси.

Объемные доли компонентов газовой смеси определялись выражением 2.5

$$\varphi_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (2.5)$$

где V_i – объём i -го компонента воздушной смеси; $\sum V_i$ – сумма объёмов n компонентов.

В атмосферном воздухе содержится множество газов, основными из которых являются: азот (78.09%), кислород (20.95%), водород (0.01%), углекислый газ(0.03%) и инертные газы(0.93%). Также в воздухе всегда находятся водяные пары, количество которых зависит от температуры среды. Среднее содержание водяных паров в воздухе при нормальных условиях составляет 8...17 г/м³. Колебания содержания водяных паров в воздухе влияют на содержание в нем газов. Удельная масса воздуха зависит от температуры и содержания водяных паров. При одинаковой температуре удельная масса сухого воздуха больше, так как водяные пары имеют значительно меньшую массу, чем другие газы воздуха. При нормальных условиях молекулярная масса воздуха (1 моль = 22,4 л) равна около 29 граммам. Газовый состав воздуха в объемном и массовом отношении приведен в таблице 2.1 [57].

Следует отметить, что объёмные и молярные доли одинаково выражают состав воздушной среды. То есть соотношение молярных и объемных долей для данной смеси газов одинаково. Анализируя объемное соотношение и массовое содержание в таблице, видно, что начиная с углекислого газа содержание газов ничтожно мало, а объемное соотношение первых четырех компонентов

составляет около 99%. Поэтому теоретические исследования были проведены только для условной воздушной смеси, из азота, кислорода, аргона и углекислого газа.

Таблица 2.1. — Состав атмосферного воздуха

Компонент	Объемное соотношение, %	Массовое содержание, %
Азот N ₂	78,084	75,50
Кислород O ₂	20,946	23,15
Аргон Ar	0,932	1,292
Углекислый газ CO ₂	0,037	0,046
Неон Ne	1,818 · 10 ⁻³	1,4 · 10 ⁻³
Гелий He	4,6 · 10 ⁻⁴	6,4 · 10 ⁻⁵
Метан CH ₄	1,52 · 10 ⁻⁴	8,4 · 10 ⁻⁵
Криптон Kr	1,14 · 10 ⁻⁴	3 · 10 ⁻⁴
Водород H ₂	5 · 10 ⁻⁵	8 · 10 ⁻⁵
Оксид азота N ₂ O	5 · 10 ⁻⁵	8 · 10 ⁻⁵
Ксенон Xe	8,6 · 10 ⁻⁶	4 · 10 ⁻⁵
Озон O ₃	3 · 10 ⁻⁷ - 3 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁷ - 5 · 10 ⁻⁶
Радон Rn	6 · 10 ⁻¹⁸	4,5 · 10 ⁻¹⁷

Среднее значение молярной массы условной воздушной среды, исходя из состава и молярных масс компонентов, определялась из выражения:

$$M_{cp} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{M_i}}, \quad (2.9)$$

где n – количество компонентов воздушной среды; M_i – молярная масса i -го компонента смеси [г/моль]; ω_i – массовая доля газа, (следует учитывать, что

массовая доля указана в процентах $\omega, \% = \omega \cdot 100\%$, $\omega_{газ.см.} = \sum_{i=1}^n \omega_i = 1$).

Молярная масса основных компонентов воздушной смеси составила:

- азота

$$Mr(N_2) = 2 \cdot Ar(N) = 2 \cdot 14,0067 = 28,0134 ,$$

$$M(N_2) = 28,0134 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

- кислорода

$$Mr(O_2) = 2 \cdot Ar(O) = 2 \cdot 15,9994 = 31,9988 ,$$

$$M(O_2) = 31,9988 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

- аргона

$$Mr(Ar) = Ar(Ar) = 39,948 ,$$

$$M(Ar) = 39,948 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

- углекислого газа

$$Mr(CO_2) = 1 \cdot Ar(C) + 2 \cdot Ar(O) = 1 \cdot 12,01115 + 2 \cdot 15,9994 = 44,00995 ,$$

$$M(CO_2) = 44,00995 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

- паров воды

$$Mr(HO_2) = 1 \cdot Ar(H) + 2 \cdot Ar(O) = 1 \cdot 1,00797 + 2 \cdot 15,9994 = 18,01534 ,$$

$$M(HO_2) = 18,01534 \frac{\text{г}}{\text{моль}} .$$

Для сухой условной воздушной смеси средняя молярная масса была определена из уравнения:

$$M_{cp} = \frac{1}{\frac{\omega_{(N_2)}}{Mr(N_2)} + \frac{\omega_{(O_2)}}{Mr(O_2)} + \frac{\omega_{(Ar)}}{Mr(Ar)} + \frac{\omega_{(CO_2)}}{Mr(CO_2)}} . \quad (2.10)$$

Как было отмечено в главе 1 интенсивность дыхания семян злаковых культур зависит от их влажности и температуры. Для сохранения качественных свойств семян необходимо поддержание определенной влажности зерна. Как показал анализ проведенных научных исследований, при нормальных атмосферных условиях влажность закладываемого на хранения зерна должна быть около 14%, при хранении зерна в условиях вакуума влажность снижается до 8%, что создает условия анабиоза. В условиях разреженной атмосферы

воздушной смеси влияние влажности зерна на его сохранность не изучено. Оптимальное значение влажности зерна для хранения в герметичном контейнере с регулируемой воздушной средой аналитическим методом невозможно получить, оно было получено в ходе дальнейших экспериментальных исследований.

В процессе аэробного дыхания семян, состав воздуха в межзерновом пространстве постоянно меняется, содержание углекислого газа увеличивается, а кислорода падает. Также при дыхании выделяется значительное количество воды, которая поднимается в виде пара вверх к крышке контейнера или конденсируется на поверхности семян и стенках контейнера при резких перепадах температуры наружного воздуха. Так как объем межзернового пространства мал, то процессы дыхания зерна существенным образом влияют на содержание в воздухе кислорода, углекислого газа и паров воды. Наличие в герметичном контейнере свободного от зерна объема воздуха в некоторой степени может повлиять на интенсивность процесса изменения состава воздуха в межзерновом пространстве.

Объем занимаемый воздухом в герметичном контейнере складывается из свободного от зерновой массы объема контейнера и объема воздуха находящегося в межзерновом пространстве и аналитически может быть определен из выражения:

$$V_{св} = \beta \cdot S \cdot V_k \div 100\%, \quad (2.11)$$

где $V_{св}$ - свободный объем занимаемый воздухом внутри герметичного контейнера, м³;

β – степень заполнения контейнера зерновой массой,

S – скважность зерновой массы, %;

V_k – внутренний объем контейнера, м³.

Скважность зерновой массы характеризует процесс активного вентилирования межзернового пространства и зависит от многих факторов: формы и размеров зерна, количества и состава примесей, массы и влажности зерновой партии, формы и вместимости хранилища. Скважность зерновой массы может быть определена из выражения:

$$S = \frac{V_n - V}{V_n} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где V_n — общий объем зерновой массы, м^3 ;

V — истинный объем зерен, м^3 .

Процесс дыхания семян характеризуется дыхательным коэффициентом, который равен отношением объемов выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода. При аэробном дыхании дыхательный коэффициент (ДК) будет равен единицы, то есть в герметичном контейнере доли углекислого газа и кислорода будут равны:

$$V_{CO_2} = V_{O_2} \quad (2.13)$$

Массовая доля углекислого газа и кислорода составит:

$$\omega_{CO_2} = \frac{x_{CO_2} \cdot M_{CO_2}}{x_{CO_2} \cdot M_{CO_2} + x_{O_2} \cdot M_{O_2}} = 0,57901 \quad (2.14)$$

$$\omega_{O_2} = \frac{x_{O_2} \cdot M_{O_2}}{x_{CO_2} \cdot M_{CO_2} + x_{O_2} \cdot M_{O_2}} = 0,42988 \quad (2.15)$$

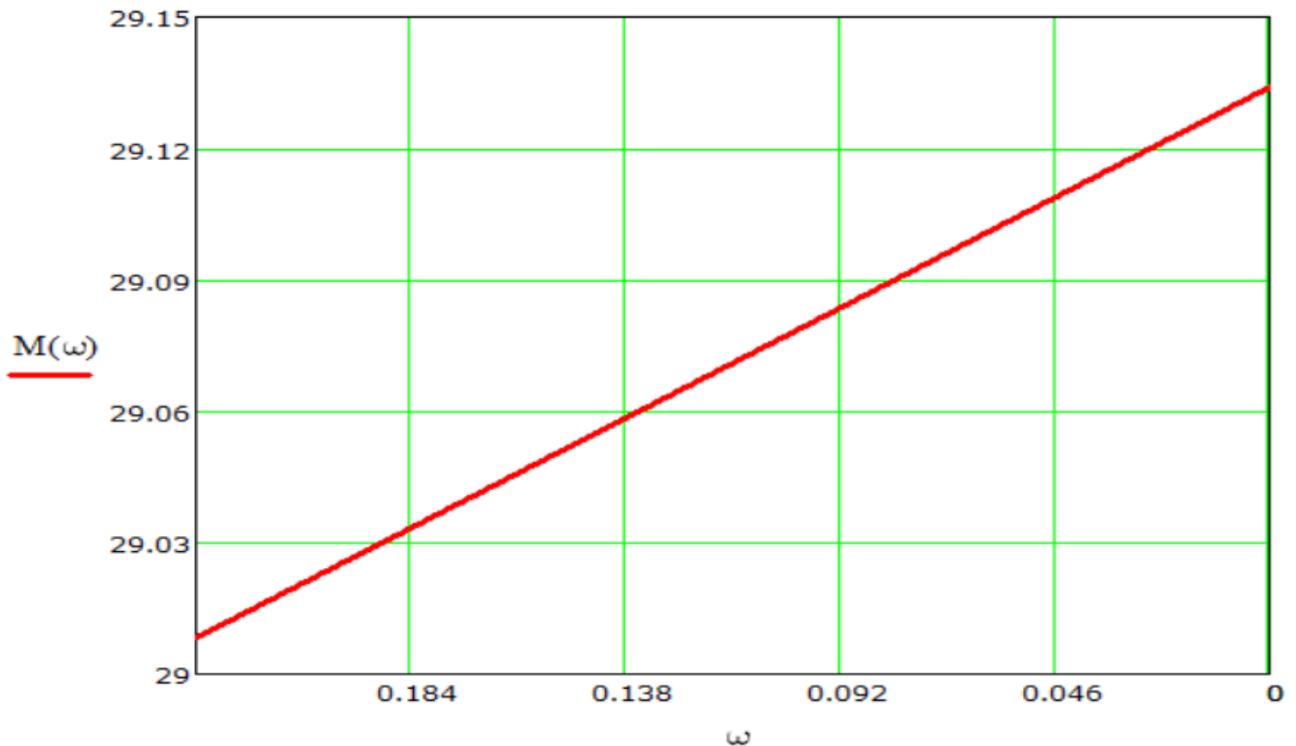
Соотношение массовых долей равно:

$$\frac{\omega_{CO_2}}{\omega_{O_2}} = \frac{0,57902}{0,42988} = 1,3469 \quad (2.16)$$

тогда средняя молярная масса газовой смеси при дыхании семян будет описываться следующим выражением:

$$M_{cp} = \frac{1}{\frac{0,7550}{28,0134} + \frac{\omega_{O_2}}{31,9988} + \frac{0,01292}{39,948} + \frac{0,00046 + 1,3469(23,15 - \omega_{O_2})}{44,00995}} \quad (2.17)$$

На основании полученных выражений 2.12 и 2.15 в программе Mathcad был построен график зависимости молярной массы воздушной смеси от массовой доли содержащегося в ней кислорода показанный на рисунке 2.4.



$M(\omega)$ – молярная масса воздушной смеси, ω – содержание кислорода в воздушной смеси

Рисунок 2.4 – График зависимости молярной массы воздушной смеси от массовой доли кислорода

Анализ графической зависимости (см. рис. 2.4) показал, что с уменьшением концентрации кислорода, средняя молярная масса воздушной смеси возрастает из-за увеличения доли углекислого газа. Углекислый газ тяжелее других газов и может их вытеснять из нижней части контейнера. Увеличение доли углекислого газа может привести к переходу зерна, находящегося на дне контейнера, к анаэробному дыханию, поэтому при хранении зерна в разреженной воздушной среде необходимо периодически контролировать содержание кислорода, особенно, в нижней части контейнера, а так же должен быть установлен объем емкости накопителя углекислого газа.

Для расчёта объема емкости накопителя углекислого газа было принято допущение, что условную воздушную смесь, находящуюся в емкости накопителе можно считать идеальным газом, так как она находясь внутри герметичного контейнера с температурой близкой к температуре окружающей среды, имеет малый объем по сравнению с рабочим объемом контейнера.

Тогда, используя уравнение Менделеева-Клапейрона для идеального газа [55], было получено выражение:

$$P_{xp} \cdot V_{св} \cdot M_{воз см} = m_{воз.см} \cdot RT_{xp}, \quad (2.18)$$

где P_{xp} — давление воздушной смеси внутри герметичного контейнера, Па;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль $^{\circ}$ К);

T_{xp} — температура воздушной смеси, $^{\circ}$ К;

$M_{ср}$ — молярная масса воздушной смеси, кг/моль;

$m_{воз.см}$ — масса воздушной смеси в контейнере, кг; .

Используя выражение 2.17 и выражение 2.18 была определена масса воздушной смеси $m_{воз.см}$,

$$m_{воз.см} = (P_{xp} \cdot \beta \cdot S \cdot V_k \cdot M_{воз см}) / (RT_{xp} \cdot 100\%), \quad (2.19)$$

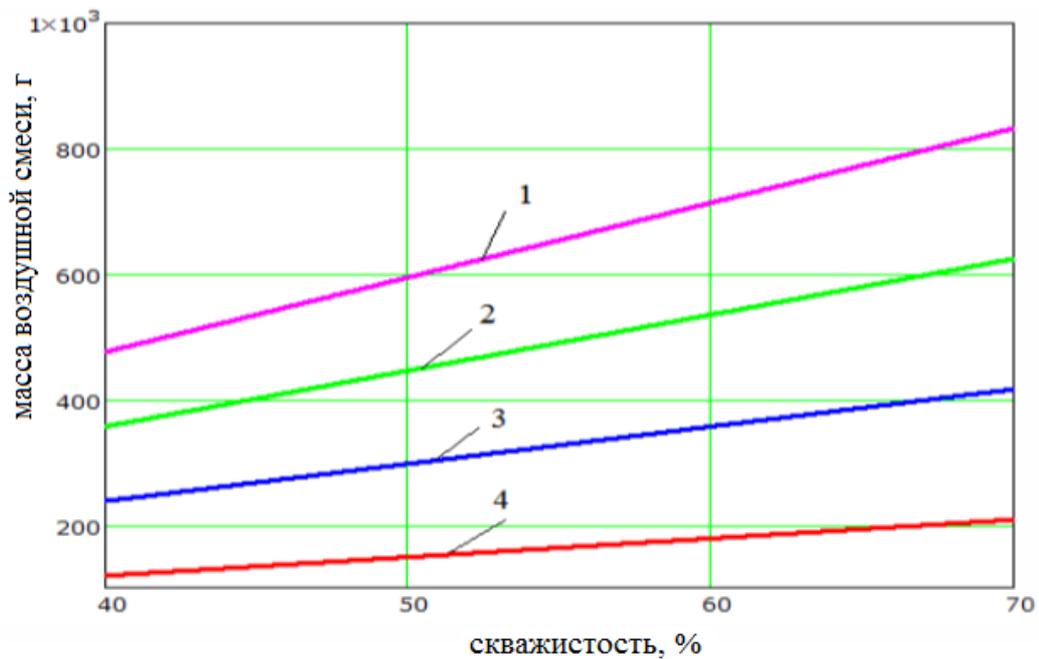
Из формулы 2.19 видно, что при постоянном объёме контейнера и температуре хранения, которая будет зависеть от внешних климатических условий, на процесс дыхания зерна в герметичном контейнере будет оказывать влияние давление воздушной смеси внутри контейнера и степень заполнения контейнера зерновой массой. Оптимальные значения этих двух технологических параметров необходимо установить в ходе экспериментальных исследований.

Массовое содержание углекислого газа в воздушной смеси может быть определено из выражения:

$$m(CO_2) = \omega(CO_2) \cdot [P_{xp} \cdot \beta \cdot S \cdot V_k \cdot M_{воз см}] / (RT_{xp} \cdot 100\%), \quad (2.20)$$

Известно, что скважность зерновой массы пшеницы составляет 35...45%, при насыпной плотности 750...850 кг/м 3 .

Используя полученную зависимость 2.20, с помощью программы Mathcad, был построен график зависимости массы воздушной смеси от скважности и давления внутри герметичного контейнера для хранения семян в регулируемой воздушной среде при следующих условиях $T_{xp} = 293^{\circ}$ К, в межзерновом пространстве контейнера объёмом $V_r = 1,0$ м 3 .



1 - давление 100 кПа, 2 - давление 75 кПа, 3 - давление 50 кПа, 4 - давление 25 кПа

Рисунок 2.5 – График зависимости массы воздушной смеси от скважистости и давления внутри герметичного контейнера для хранения семян в регулируемой воздушной среде

Из выражения 2.20 также может быть определен объем емкости для накопления углекислого газа, имеющейся в конструкции герметичного контейнера с разреженной воздушной средой, позволяющей избежать накопления углекислого газа CO_2 в нижних слоях контейнера, что вызывает сокращение лишних циклов аэрации межзернового пространства для обеспечения достаточного количества кислорода для аэробного дыхания зерна. Объем емкости для накопления углекислого газа определен из уравнения 2.21:

$$V_{CO_2} = \frac{m(CO_2) \cdot R \cdot T_{xp}}{M_{cp} \cdot p_{xp}}, \quad (2.21)$$

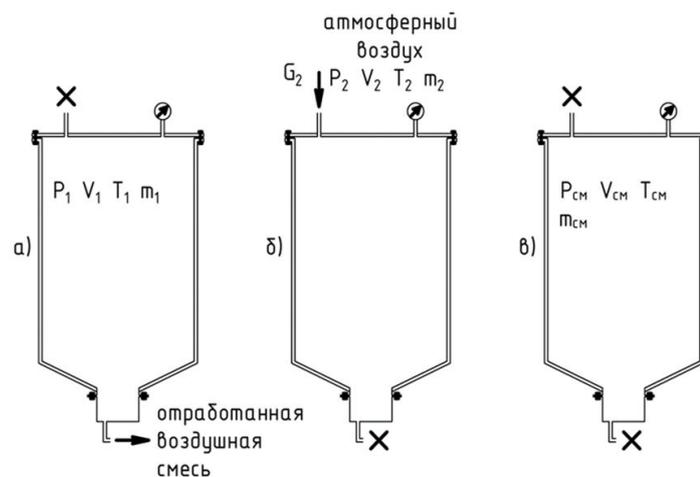
где V_{CO_2} – объём емкости для накопления углекислого газа, m^3 ; M_{cp} – молярная углекислого газа, $кг/моль$.

Проведенные выше теоретические исследования позволили сделать заключение, что на сохранность семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной воздушной средой оказывают влияние такие параметры как влажность закладываемого на хранение зерна, степень заполнения контейнера

зерновой массой, предельное содержание кислорода в воздушной среде, разреженность воздушной среды, а также объем емкости-накопителя углекислого газа. Оптимальные значения влажности зерна, предельного содержания кислорода в межзерновом пространстве, разреженность воздушной среды и степень заполнения контейнера зерновой массой могут быть определены только экспериментальным путем и поэтому они будут взяты в эксперимент в качестве определяющих факторов. Расчет объема емкости накопителя углекислого газа может быть проведен только после определения оптимального значения давления воздушной смеси внутри контейнера и массы углекислого газа, образовавшегося в контейнере в результате дыхания семян.

2.3. Теоретические исследования предупреждения конденсации влаги внутри герметичного контейнера во время аэрации зерновой массы

Процесс аэрации воздухом из окружающей среды зерновой массы, находящейся в герметичном контейнере с разреженной воздушной средой, может сопровождаться опасностью образования конденсата влаги внутри контейнера из-за изменения температуры вновь образуемой воздушной среды, вследствие изменения её давления [56]. Процесс аэрации зерновой массы условно можно разделить на три этапа и представить в виде схемы [59, 60], изображенной на рисунке 2.6.



а – подготовка к аэрации зерновой массы; б – аэрация зерновой массы; в – окончание аэрации зерновой массы.

Рисунок 2.6. – Поэтапная схема аэрации зерновой массы находящейся в контейнере с разреженной воздушной средой.

Первый этап (а) – подготовка к аэрации межзернового пространства. Во время этого этапа вакуумным насосом производится откачка отработанной воздушной смеси с пониженным содержанием кислорода. После откачки остатки воздушной смеси в герметичном контейнере будут иметь параметры давления, удельного объема, температуры и массы соответственно p_1, v_1, T_1, m_1 .

Второй этап (б) – аэрация зерновой массы. Во время аэрации воздух из окружающей среды из-за разности атмосферного давления и давления внутри контейнера, заполняет свободный объем, находящейся межзерновом пространстве, образуя новую воздушную смесь. Атмосферный воздух поступающий в контейнер, имеет параметры давления, удельного объема, температуры и массы p_2, v_2, T_2, m_2 .

Третий этап (в) – окончание аэрации зерновой массы. Процесс начинается, когда давление воздуха снаружи контейнера становится равным давлению воздуха в межзерновом пространстве внутри контейнера. Образовавшаяся внутри контейнера воздушная смесь имеет параметры давления, удельного объема, температуры и массы $p_{см}, v_{см}, T_{см}, m_{см}$.

Общую массу воздуха, поступающую в контейнер, при аэрации зерновой массой m_2 можно определить по графику зависимости массы воздушной смеси от давления (рисунок 2.5), учитывая, что:

$$m_2 = (m_{см} - m_1), \quad (2.22)$$

где m_1 – масса отработанной воздушной смеси оставшейся в контейнере после откачки воздуха с пониженным содержанием кислорода, кг;

$m_{см}$ – масса свежей воздушной смеси образовавшейся в контейнере после аэрации зерновой, массы кг.

Удельный объем образованной воздушной смеси $v_{см}$ будет равен:

$$v_{см} = \frac{V_{св}}{m_{см}} \quad (2.23)$$

где $V_{св}$ – свободный объем занимаемый воздухом внутри герметичного контейнера, м³;

Для определения параметров состояния воздушной смеси с учетом затрат энергии на аэрацию зерновой массы, находящейся в контейнере, было сделано допущение, что процесс аэрации протекает адиабатно, без подвода тепла из окружающей среды, $Q = 0$. Тогда на основании первого закона термодинамики может быть получено уравнение:

$$Q = U_{см} - (U_1 + U_2) + A. \quad (2.24)$$

где Q – теплота, подводимая к контейнеру для хранения семян (теплота при адиабатном процессе равна $Q = 0$), Дж;

$U_{см}$ – внутренняя энергия свежей воздушной смеси в контейнере после аэрации, Дж;

U_1 – внутренняя энергия воздушной смеси в контейнере до аэрации, Дж;

U_2 – внутренняя энергия атмосферного воздуха в окружающей среде, Дж;

A – внешняя работа воздушной смеси при заполнении контейнера во время аэрации, Дж.

В процессе аэрации зерновой массы воздух из окружающей среды поступая в контейнер смешивается с остатками отработанного воздуха образуя свежую воздушную смесь, совершается внешняя работа A , которую, в соответствии с законами термодинамики, можно определить из выражения:

$$A = - p_2 V_2. \quad (2.25)$$

где V_2 – объем поступившего атмосферного воздуха в контейнер для хранения семян, м³;

p_2 – давление поступившего атмосферного воздуха в контейнер для хранения семян, Па.

Подставив значения работы и теплоты в выражение (2.24), получим:

$$0 = U_{см} - (U_1 + U_2) - p_2 V_2 \quad (2.26)$$

Тогда кинетическая энергия смеси будет равна:

$$U_{см} = U_1 + U_2 + p_2 V_2 \quad (2.27)$$

Поделив выражение (2.27) на массу свежей воздушной смеси получим удельную внутреннюю энергию смеси:

$$u_{см} = \omega_1 u_1 + \omega_2 i_2, \quad (2.28)$$

где $u_{см}$ – удельная внутренняя энергия свежей воздушной смеси в контейнере после аэрации, Дж;

u_1 – удельная внутренняя энергия отработанной воздушной смеси в контейнере до аэрации, Дж;

i_2 – удельная энтальпия атмосферного воздуха в окружающей среде, Дж;

ω_1 и ω_2 – массовые доли компонентов отработанной воздушной смеси и атмосферного воздуха соответственно.

Таким образом, определив удельную внутреннюю энергию и удельные объемы частей отработанной воздушной смеси и атмосферного воздуха, определим температуру свежей воздушной смеси в межзерновом пространстве после аэрации $T_{см}$. Учитывая, что процесс протекающий на первом и третьем этапах аэрации зерновой массы при постоянном объеме удельная внутренняя, а на втором этапе без поступления теплоты из внешнего пространства энергия отработанной воздушной среды может быть рассчитана из уравнений:

$$u_1 = c_v T_1, \quad (2.29)$$

где c_v – массовая изохорная теплоёмкость отработанной воздушной смеси, $\frac{кДж}{кг \cdot K}$;

T_1 – начальная температура отработанной газовой смеси в контейнере, $^{\circ}K$.

Энтальпия может быть установлена из выражения:

$$i_2 = c_p T_2, \quad (2.30)$$

где c_p – массовая изобарная теплоёмкость атмосферного воздуха, $\frac{кДж}{кг \cdot K}$;

T_2 - температура поступающей газовой смеси из окружающей среды, °K.

Тогда:

$$u_{см} = c_v T, \quad (2.31)$$

где c_v – массовая изохорная теплоёмкость свежей воздушно-газовой смеси после аэрации, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

T – конечная температура свежей воздушной смеси в контейнере после аэрации, °K.

Масса поступающей воздушной смеси описана уравнением:

$$m_2 = G_2 \tau, \quad (2.32)$$

где G_2 – удельный расход атмосферного воздуха, кг/с;

τ – время аэрации межзернового пространства, с.

Учитывая кинетическую энергию потока воздушной смеси с массой m_2 и скоростью W_2 , при заполнении контейнера, баланс полной внутренней энергии по завершению процесса аэрации будет равен:

$$U = U_1 + I_2 + \frac{m_2 W_2^2}{2} = U + I^*, \quad (2.33)$$

где I_2 – энтальпия поступающего в контейнер наружного воздуха.

Считая воздушную смесь идеальной, а ее теплоемкость постоянной, выражение запишется в виде:

$$u_{см} = \omega_1 u_1 + \omega_2 i_2 + \frac{g_2 W_2^2}{2}. \quad (2.34)$$

Подставив в полученное выражение 2.34. ранее полученные значения формулы 2.29, 2.30, 2.31 можно определить температуру воздушной смеси после аэрации зерновой массы:

$$T = \omega_1 T_1 + k \omega_2 T_2 + \frac{g_2 W_2^2}{2}, \quad (2.35)$$

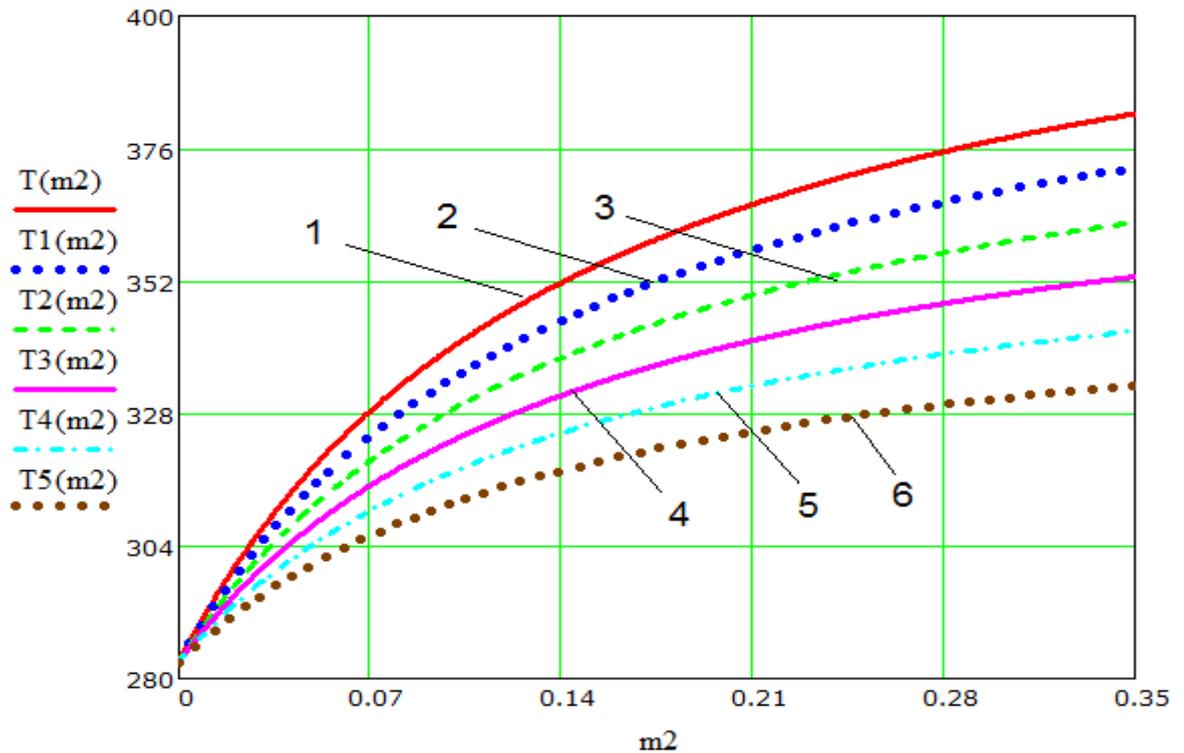
где $k = c_p / c_v$ – отношение изобарной и изохорной теплоемкостей;

$\omega_1 = m_1 / m$; $\omega_2 = m_2 / m$ – массовые доли воздушной смеси находящейся в контейнере до смешения и поступившего в контейнер наружного воздуха в процессе аэрации. Если сделать допущение, что скорость заполнения герметичного контейнера атмосферным воздухом будет постоянной величиной, то возможно пренебречь кинетической энергией потока наружного воздуха с массой m_2 . Тогда температура свежей воздушной смеси $T_{см}$ после аэрации будет равна:

$$T_{см} = (T_1 \cdot m_1 + k \cdot T_2 \cdot m_2) \div (m_1 + m_2), \quad (2.36)$$

Используя полученное уравнение (2.36) в программе Mathcad была построена графическая зависимость, представленная на рисунке 2.7. Анализ полученной зависимости показал, что во время аэрации зерновой массы находящейся в герметичном контейнере температура поступающего воздуха повышается. Учитывая, что масса свежей воздушной смеси существенно ниже массы семян в контейнере, увеличение температуры не оказывает существенного влияния на температуру семян, но не исключена вероятность образования конденсата влаги из поступившего в контейнер наружного воздуха внутри контейнера.

Снизить вероятность конденсации влаги возможно за счет осушения поступающего наружного воздуха. Влажосодержание воздуха меняется в зависимости от его параметров. Для исключения конденсации влаги при аэрации в конструкции герметичного контейнера с разреженной воздушной средой предусмотрен осушитель, который представляет собой емкость с влагопоглощающим материалом. В качестве влагопоглощающего материала может быть использован силикагель марки КСКГ.



- 1- температура поступающего воздуха $T_2=303$ $^{\circ}\text{K}$;
 2- температура поступающего воздуха $T_2=293$ $^{\circ}\text{K}$,
 3- температура поступающего воздуха $T_2=283$ $^{\circ}\text{K}$,
 4- температура поступающего воздуха $T_2=273$ $^{\circ}\text{K}$;
 5 температура поступающего воздуха $T_2=263$ $^{\circ}\text{K}$;
 6- температура поступающего воздуха $T_2=253$ $^{\circ}\text{K}$

Рисунок 2.7. – Зависимость изменения температуры воздушной смеси от массы воздуха, поступившего в контейнер в процессе аэрации зерновой насыпи.

Для определения параметров осушителя, необходимо установить возможное количество влаги, которая может образоваться внутри контейнера при аэрации зерновой массы и на основе поглотительной способности силикагеля марки КСКГ и определить необходимую массу абсорбента.

Количество влаги в наружном воздухе, используемого для аэрации, может быть определено из выражения:

$$W = G_2 (d_1 - d_2) \cdot \tau_c \quad (2.37)$$

где W – количество влаги, кг;

G_2 – удельный расход наружного воздуха для аэрации зерновой массы, кг/с;

d_1 – начальное влагосодержание воздуха, кг/кг;

d_2 – требуемое влагосодержание воздуха в осушителе, кг/кг;

τ_c – длительность осушения, с;

Определение необходимых массы G_c (кг) и объема V_c (m^3) адсорбента проводили по выражениям:

$$G_c = W/\alpha_c; \quad (2.38)$$

$$V_c = G_c/\rho_c, \quad (2.39)$$

где α_c – сорбционная способность силикагеля, $\alpha_c = 0,08...0,11$;

ρ_c – удельный вес силикагеля, $\rho_c = 600$ кг/ m^3 .

Фильтрующая поверхность осушителя F_c (m^2) определяется выражением:

$$F_c = G_c / (\rho_c v), \quad (2.40)$$

где v – скорость воздушного потока при продувке, м/с.

Толщина слоя силикагеля в осушителе при скорости воздушного потока $v = 0,15...0,5$ м/с может быть определена из выражения:

$$\delta_c = 0,07(d_1 - d_2) \cdot \tau_c \cdot v. \quad (2.41)$$

Расчет, проведенный на основании полученных выражений показал, что для предотвращения образования конденсата влаги внутри герметичного контейнера в процессе аэрации межзернового пространства атмосферным воздухом при скорости воздушного потока 0,15-0,5 м/с и его влагосодержании в пределах 0,0015-0,002 кг/кг, необходимо иметь осушитель воздуха с параметрами: диаметр осушителя $D = 0,1$ м; высота осушителя $H = 0,12$ м; масса адсорбента - силикагеля марки КСКГ $G_c = 0,5$ кг.

2.4. Выводы по результатам теоретических исследований

На основе проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Теоретически обосновано, что хранение семенного зерна возможно в герметичных контейнерах с разреженной атмосферой. При этом конструкция контейнера должна состоять из корпуса с герметичной крышкой, емкости с

осушителем воздуха, емкости-накопителя углекислого газа и вакуумного насоса, с помощью которого периодически будут проводиться аэрация зерновой массы, находящейся в контейнере.

2. На сохранность семенного зерна заложенного на хранение в герметичный контейнер с разреженной атмосферой оказывают влияние такие конструктивно-технологические параметры как: влажность зерна; степень заполнения контейнера зерновой массой; предельное содержание кислорода в воздушной смеси, при которой необходимо проводить аэрацию зерновой массы и давление воздушной смеси внутри контейнера. Оптимальные значения этих конструктивно технологических параметров необходимо установить в ходе проведения экспериментальных исследований.

3. Для предупреждения образования конденсата влаги при аэрации зерновой массы, в конструкции герметичного контейнера с разреженной атмосферой емкостью 1 м^3 , необходимо предусмотреть емкость с осушителем диаметром $0,1 \text{ м}$ и высотой $0,12 \text{ м}$, в которой должен находиться абсорбент силикагеля марки КСКГ весом не менее $0,5 \text{ кг}$.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ

3.1 Методика проведения лабораторных исследований

Лабораторные исследования проводились с целью подтверждения результатов теоретических исследований о возможности хранения семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной атмосферой и изучение влияния конструктивно-режимных параметров герметичного контейнера на репродуктивные свойства семян и жизнедеятельные функции насекомых вредителей хлебных злаков.

Лабораторные исследования проводились на экспериментальной установке, общий вид которой представлен на рисунке 3.1.

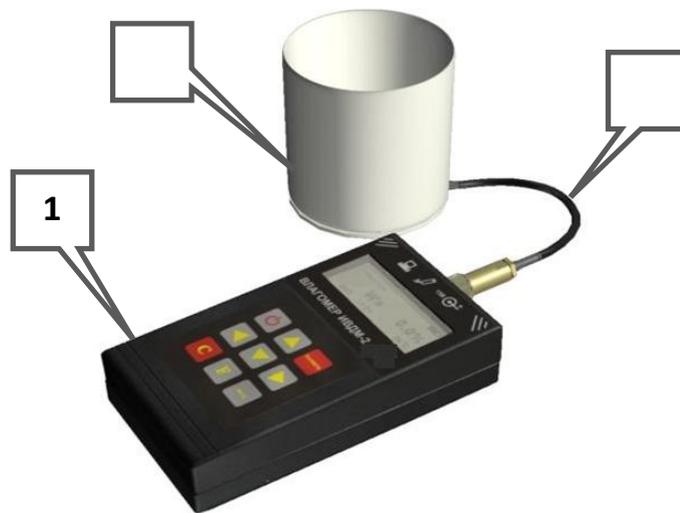


1 - бак для хранения зерна; 2 - герметичная крышка бака; 3 - атмосферный золотник с вентилем; 4 - контрольный вакуумметр GSGJ 27100; 5 - вакуумный золотник с вентилем; 6 - вакуумный насос MHR – A998A с вакуумметром; 7 – газосигнализатор комбинированный многокомпонентный портативный СК-2; 8 – входной штуцер с фильтром для забора проб газа из контейнера; 9 - выходной штуцер для отвода газовой пробы в контейнер; 10 -воздушный фильтр, 11 – зарядное устройство.

Рисунок 3.1 - Общий вид лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из бака 1 с герметичной крышкой 2, на которой смонтирован контрольный вакуумметр 4 GSGJ 27100. На стенках бака установлены золотники с вентилями 3 для подачи воздуха из окружающей среды в бак в процессе аэрации зерновой насыпи. Удаление загрязнённого воздуха из бака и создание разреженной атмосферы внутри бака осуществлялось с помощью вакуумного насоса в марки MHR – A998A через золотник с вентилем 5. Контроль содержания кислорода в воздухе внутри бака осуществлялся комбинированным многокомпонентным сигнализатором 7 марки СК-2, работающего в режиме O₂. Забор воздуха для контроля содержания в нем кислорода проводился через штуцер 8 соединённый полиэтиленовой трубкой через воздушный фильтр 10 с комбинированным сигнализатором, воздух после анализа в газосигнализаторе 7 возвращался в бак через штуцер 9 по полиэтиленовой трубке. Подзарядка аккумулятора сигнализатора осуществлялась с помощью устройства 10 от электрической сети 220В.

Контроль влажности зерна осуществлялся с помощью влагомера ИВДМ-2-01 (рисунок 3.2.).



1 – измерительный блок; 2 – объемный зонд; 3 – соединительный кабель.

Рисунок 3.2 - Влагомер ИВДМ-2-01

Влагомер имеет диапазон измерения влажности зерновых культур от 4% до 35% и абсолютную погрешность измерения 1%, время измерения 1 сек. Для связи с компьютером имеется порт RS 232.

3.1.1 Методика определения оптимальных технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой

В ходе лабораторных исследований оптимальных конструктивно-технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой в качестве образцового материала были выбраны семена яровой пшеницы «КВС Аквилон», в соответствии с техническими требованиями [27, 84], которые рекомендованы и начинают широко использоваться в растениеводстве Рязанской области. Перед закладкой зерна в контейнер оно сортировалось, из него были удалены механически поврежденные семена и посторонние растительные включения.

За параметры оптимизации были приняты следующие конструктивно-технологические параметры оказывающие влияние на всхожесть семян после периода сезонного хранения:

- влажность зерна закладываемого на хранения (W);
- предельное содержание кислорода в воздухе находящегося в межзерновом пространстве (C_k);
- давление воздушной смеси (разрежения атмосферы) в контейнере (P);
- степень заполнения объема контейнера зерном (V_p).

При проведении лабораторных исследований устанавливались конструктивно-технологические параметры варьирования.

Давление воздушной смеси (разрежения атмосферы) в контейнере (P) с вариантами: $P_{-1} = 0.9$ МПа; $P_0 = 0.5$ МПа; $P_{+1} = 0.1$ МПа.

Пределы изменения давления воздушной смеси были взяты из условия, что при увеличении нижнего предела $P_{-1} = 0,9$ МПа параметры хранения зерна становятся близкими к естественным условиям хранения и эффект от разрежения воздуха может не наблюдаться. Максимальная величина разрежения воздушной среды в контейнере была выбрана из технологических соображений с целью снижения частоты вентиляции межзернового пространства.

Степень заполнения объема контейнера зерном (V_p) с вариантами: $V_{p-1} = 80\%$; $V_{p0} = 90\%$; $V_{p+1} = 100\%$.

Верхний предел степени заполнения контейнера представляет максимально возможную величину заполнения, нижний предел $V_{p-1} = 80\%$ был выбран из экономических соображений, так как дальнейшее снижение не заполняемости контейнера будет резко повышать стоимость хранения зерна.

Предельное содержание кислорода в воздухе находящегося в межзерновом пространстве (C_k) с вариантами: $C_{k-1} = 8\%$; $C_{k0} = 13\%$; $C_{k+1} = 18\%$.

Так как кислород из воздуха будет расходоваться на дыхание семян, верхний предел был выбран с учетом того, что их аэробное дыхание при таком содержании кислорода в воздухе, как показали предварительные эксперименты, не затруднено. Нижний предел $C_{k-1} = 8\%$ находится в пределах вероятной границы перехода семян с аэробного на анаэробное дыхание, при котором резко снижает качество хранения семян.

Влажность зерна закладываемого на хранения (W) с вариантами: $W_{-1} = 10\%$; $W_0 = 14\%$; $W_{+1} = 18\%$.

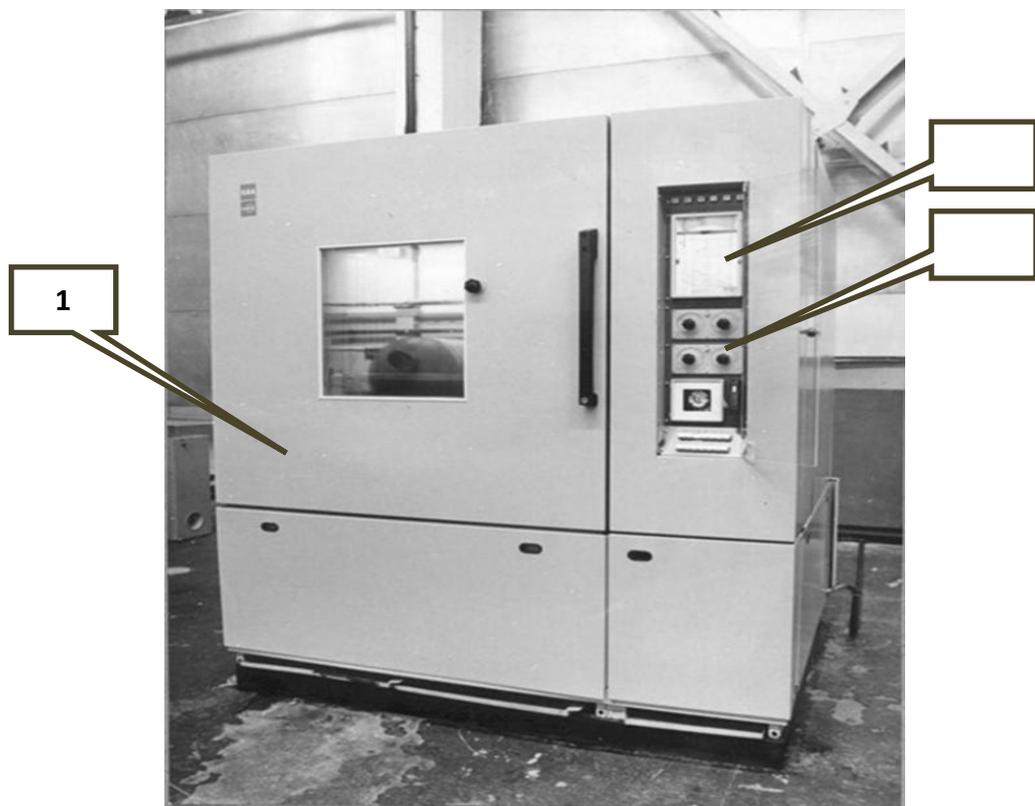
Границы предельных значений влажности зерна были установлены из следующих условий. Верхнее 18% максимальная влажность зерна, при которой оно может быть заложено на временное хранение в силосы или в закрытые ангары насыпью. Среднее значение влажности зерна 14% является показателем критической влажности семян злаковых культур, при этой влажности зерно резко снижает процесс дыхания. Нижний предел был установлен в соответствии с правилами планирования экспериментов.

Чтобы исключить влияние внешних климатических факторов, таких как температура и относительная влажность воздуха, резкие колебания температуры воздуха, на результаты экспериментов лабораторные испытания проводились в климатической камере тепла и холода КТК 3000 (рис.3.3).

В камере постоянно поддерживалась температура 5°C и относительная влажность воздуха 90%, такие климатические параметры были выбраны из

условий реального хранения семенного зерна в хозяйствах средней полосы Российской Федерации. Период хранения составил 90 календарных дней.

Лабораторные исследования проводились в следующей последовательности [31]. Семенное зерно после очистки и сортировки засыпалось в контейнер и закрывалось герметично крышкой. Затем с помощью вакуумного насоса проводилась откачка воздуха и создавалась разреженная атмосфера величины соответствующей плану проведения экспериментов. Условия хранения зерна заложенного в контейнере проверялось ежедневно.



1- камера; 2 – самописец регистрации климатических параметров; 3 – автомат регулировки влажности и температуры воздуха.

Рисунок 3.3 - Климатическая камера тепла и холода КТК – 3000

Во время контроля фиксировалась степень содержания кислорода в воздухе в межзерновом пространстве внутри контейнера, с помощью комбинированного сигнализатора 7 и по контрольному вакуумметру 4 контролировалось разрежение атмосферы. При достижении предельной величины содержания кислорода, определенного планом проведения эксперимента, проводилась замена воздуха с

низким содержанием кислорода на свежий воздух, из окружающей контейнер среды. Для этого открывался вакуумный золотник 5, вакуумным насосом 6 проводилась откачка воздуха с пониженным содержанием кислорода из контейнера, при этом внутри контейнера создавалось давление порядка 7-12 кПа. Затем вакуумный золотник закрывался, и открывались атмосферные золотники, через которые свежий воздух проникал в контейнер, заполняя всё межзерновое пространство. Атмосферные золотники были открыты до тех пор, пока вакуумное давление, величина которого контролировалась вакуумметром 4, не становилось близкой к 0 Па. После чего атмосферные золотники закрывались, открывался вакуумный золотник, и вакуумным насосом создавалось разрежение атмосферы в контейнере до величины, определенной планом проведения экспериментов.

По окончании периода экспериментального хранения осуществлялась проверка семян зерна на всхожесть, согласно требованиям государственного стандарта [22].

Из зерна одного контейнера отбирались четыре пробы по 100 семян в каждой. Чашки Петри, которые использовались, как ложе для проращивания семян предварительно мылись горячей водой с моющим средством, ополаскивались 1%-ным раствором марганцовокислого калия, а затем водой и так как проращивание проводилось на ложе из фильтровальной бумаги, перед употреблением дезинфицировались спиртом.

Проращивание семян проводилось стандартно, т.е. семена раскладывались в чашках между слоями увлажненной фильтровальной бумаги (три слоя бумаги на дно чашки и один слой прикрывал семена).

Чашки Петри с семенами помещались для проращивания в термостат друг на друга, верхняя чашка в каждой стопке накрывалась стеклом.

Семена проращивались в термостате при постоянной температуре 20°C в темноте. Температура в термостате проверялась три раза в день, что позволяло поддерживать её в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ от выбранной нормы, также ежедневно проводился контроль увлажнения ложа, при необходимости фильтровальная бумага смачивалась водой комнатной температуры, переувлажнение не

допускалось. При проверке увлажнения одновременно проводилась вентиляция в термостате и в чашках Петри. Вода в поддоне на дне термостата менялась каждые три дня.

Оценка и учет проросших семян для определения всхожести и энергии прорастания проводилась через 3 и 7 суток испытаний.

К числу нормально проросших семян относились семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и ростком размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины coleoptile.

К не проросшим семенам относились набухшие семена, которые к моменту окончательного учета всхожести не проросли, но имеют здоровый вид и при нажатии пинцетом не разваливались, а также твердые семена, которые к установленному сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида.

3.1.2. Методика исследования влияния разреженности атмосферы на жизнедеятельность насекомых-вредителей хлебных злаков

Исследования проводились на основе положений государственного стандарта [28, 29, 30].

В основу методики определения изменения жизненной активности вредных насекомых поражающих зерно в зависимости от разреженности атмосферы в межзерновом пространстве, положен метод ускоренных испытаний выделения углекислого газа живыми организмами [30]. Этот метод позволяет определить жизненную активность свободно живущих в зерне насекомых и насекомых, которые находятся внутри отдельных зерен или во взрослом состоянии, или в стадии личинок, развившихся из яиц, отложенных внутри зерен. Сущность метода заключена в том, что скорость реакций обмена веществ (дыхания) зерна, особенно сухого, очень мала, в сравнении со скоростью обменных реакций насекомых, так, что повышение концентрации углекислого газа в межзерновом

пространстве государственными стандартами рассматривается как признак жизненной активности насекомых, так и степени заражённости зерна.

В качестве лабораторной установки была использована установка, представленная на рисунке 3.1. Содержание углекислого газа в воздухе в межзерновом пространстве контролировалось многокомпонентным комбинированным портативным сигнализатором СК-2, который был перенастроен на замеры в режиме CO_2 .

Перед началом экспериментов зерновая масса, влажностью 16%, засыпалась в предварительно вымытый и сухой бак лабораторной установки в количестве трех килограммов. Затем зерно искусственно заражалось, для чего в бак с зерновой массой добавлялись по 50 зерен зараженных личинками Амбарного долгоносика (*Sitophilus granarius*) или Зерновой моли (*Sitophilus zeamais*). Зараженные зерна были получены на станции защиты растений.

Данный вид вредителей был выбран из условий того, что, во-первых они повсеместно распространены на территории Рязанской области, во-вторых они особенно приспособлены к повреждению целых зерен и обычно проводят значительную часть жизненного цикла внутри зерен, включая полный период развития и питание личинок, а также имеют одинаковый период инкубации (42 дня).

Согласно методике эксперимента, баки с зараженным зерном закрывались не герметичными крышками и помещались в климатическую камеру, где были созданы благоприятные условия для развития насекомых (температуре 30°C и влажности воздуха 65%). В таких условиях зерно выдерживалось до тех пор, пока выделение углекислого газа за 24 часа инкубации насекомых не составляло 0,5% на один килограмм зерновой массы, что согласно ГОСТ 28666-90 соответствовало средней зараженности зерна насекомыми, при которой зерно не может храниться более 2 месяцев.

После этого баки закрывались герметичными крышками, и проводилась откачка воздуха до значений 0.9 МПа, 0.7 МПа, 0.5 МПа, 0.3 МПа и 0.1 МПа.

Концентрация углекислого газа определялась через 24 , 48 и 72 часа после начала эксперимента.

Сходимость результатов эксперимента обеспечивалась тем, что по каждой экспериментальной группе бралось три бака, с трехкратным повторным проведением замера содержания углекислого газа в межзерновом пространстве. Замеры проводились один за другим одним и тем же лаборантом, разница полученных результатов не превышала 0,2%.

В ходе лабораторного исследования влияния разреженности воздуха в межзерновом пространстве на жизнедеятельность вредителей зерновых культур были проведены опыты по установлению возможности насекомых, после нахождения в разреженной атмосфере, восстановить свои жизнедеятельные функции.

Для этого, после процесса нахождения в разреженной атмосфере, насекомых выдерживали в течение 720 часов в условиях наиболее благоприятных для их инкубации (атмосферное давление 1 МПа, температура 35 °С, влажность воздуха 65%).

За этот период проводилось наблюдение за способностью насекомых-вредителей восстанавливать свои жизнедеятельные функции после нахождения в условиях разреженной атмосферы. По результатам этих наблюдений делались выводы о возможности использовать разреженную атмосферу для борьбы с ними.

3.2.Методика натуральных испытаний технологии хранения семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной атмосферой

Для подтверждения результатов теоретических и лабораторных исследований проводились натурные исследования. В задачи натуральных исследований входило:

– исследование влияния способа хранения на посевные качества семян и их естественную убыль семенного зерна;

– исследование влияния способа хранения семенного зерна на физиологические показатели растений и структуры урожая.

3.2.1. Методика натуральных испытаний, влияния способа хранения на посевные качества и естественную убыль семенного зерна

Методика исследования влияния условий хранения на посевные качества и естественную убыль семенного зерна предусматривала проведение сравнительных испытаний предложенного способа хранения в герметичном контейнере с разреженной атмосферой с существующим вариантом хранения в стандартном металлическом силосе фирмы Нуабомодели 18-00603 объёмом 10м³, с системой активной вентиляции и высотой засыпки зерна менее 5 метров.

В ходе испытаний были использованы репродуктивные семена категории РС-3 перед закладкой зерна на хранение, которые имели следующие сортовые и посевные качества [24]:

- сортовая чистота не менее 98%;
- чистота семян не менее 98%;
- содержание семян других растений не более 40 шт./кг;
- лабораторная всхожесть не менее 92 %;
- масса 1000 семян не менее 37 г.
- влажность семян до 15%, а для закладываемых на хранение сроком более 12 месяцев в металлических силосах не более 12%.

В течение всего периода хранения было организовано систематическое наблюдение за качеством и состоянием семенного зерна. Для этого проводился периодический контроль над температурой и влажностью семян, исследовались органолептические показатели качества (запах и цвет семян).

Наиболее чувствительным показателем, указывающим на активизацию жизнедеятельных процессов и самовозгорание зерна, во время хранения, является повышение температуры зерновой массы, независимое от изменения температуры окружающей среды.

Контроль температуры проводился по каждому из выбранных способов хранения. Для измерения температуры зерна в металлическом силосе применялась электротермическая установка МАРС-5М. Герметичный металлический контейнер с разреженной атмосферой имел автоматическую систему контроля температуры с использованием регистратора влажности и температуры воздуха модели DT – 171.

Для наблюдений за состоянием зерна в силосах и контейнерах делались специальные отверстия с плотно завинчивающимися крышками. Периодичность наблюдения за температурой семян устанавливалась в зависимости от наивысшей температуры, обнаруженной в отдельных слоях зерновой насыпи. Если температура насыпи была менее 10 °С, то наблюдение проводилось 1 раз в 15 дней, если 10 – 20 °С, то 1 раз в 10 дней. Повышение температуры семенного зерна не связанное с изменением температуры окружающей среды было сигналом для начала активной вентиляции зерновой массы с целью её охлаждения. Температура зерновой насыпи в этом случае контролировалась ежедневно.

Влажность семенного зерна, хранящегося в силосе, контролировалась через каждые 10 дней.

Контрольные пробы для определения влажности семенного зерна брались в верхнем слое зерновой насыпи на глубине 0,3 м. Для контроля влажности семенного зерна применялся влагомер ИВДМ-2-01. При обнаружении увеличения влажности зерна в отдельных участках зерновой насыпи, которая может возникнуть при активизации дыхания зерна, высокой теплопроводности стенок контейнера и взаимодействия с окружающей средой, применялись срочные меры по её выравниванию.

Для определения постороннего запаха зерна из средней пробы отбиралась навеска зерна массой около 100 г, после чего зерно помещалось на сито и пропаривалось в течение 2-3 минут над сосудом с кипящей водой. Пропаренное зерно помещалось на чистый лист бумаги и определялось наличие постороннего запаха [20].

Для определения степени обесцвечивания зерна отбиралась навеска массой около 20 г, очищенная от сорных и зерновых примесей. Сравнения проводилось визуально при рассеянном дневном свете.

Содержание зерен каждой стадии обесцвечивания в процентах вычислялась по формуле:

$$X = (m \cdot 100) / M, \quad (3.1.)$$

где m – масса с полной потерей блеска и обесцвечиваемости в области спинки и бочков зерна, г;

M – масса навески, г.

Степень обесцвечивания зерна определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 10967-2019.

Сравнительный анализ посевных качеств семян прошедших полный цикл хранения (8 месяцев - сезонное хранение, 20 месяцев - длительное хранение) проводился по следующим показателям: чистота, всхожесть, жизнестойкость, влажность, масса 1000 семян, зараженность болезнями и зараженность вредителями.

Отбор проб зерна для проведения анализа посевных качеств семян проводился в соответствии с требованиями [25, 40, 45], при этом точечные пробы зерна хранящегося в силосах и герметичных контейнерах отбирались при выгрузке зерна из силоса (контейнера) путем пересечения струи через равные промежутки времени в течение всего периода выгрузки зерна.

Определение чистоты, влажности, массы 1000 семян, зараженности болезнями, зараженности вредителями, жизнестойкости и лабораторной всхожести проводилась по методикам государственных стандартов специалистами станции защиты растений.

Одним из основных показателей качества хранения зерна является его естественная убыль при хранении. Она складывается из потерь за счет изменения влажности семян, потерь за счет сорных примесей и потерь, связанных с расходом сухих веществ на дыхание.

Фактическая естественная убыль зерна устанавливалась по формуле:

$$Z_{\text{фак}} = M_1 - M_2, \quad (3.2.)$$

где $Z_{\text{фак}}$ – фактическая естественная убыль зерна за время хранения, кг;

M_1 – масса зерна по приходу на хранение, кг;

M_2 – масса зерна по расходу после хранения, кг.

Для определения массы контрольной пробы зерна было проведено пятикратное взвешивание точечных проб зерна взятых на глубине 30...50 см от поверхности зерновой насыпи.

Для анализа причин возникновения естественной убыли зерна проводился расчет весомости причин потерь зерна во время хранения.

Весомость потерь зерна из-за снижения его влажности определялась из выражения:

$$\Delta\varphi = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{\varphi_1} \cdot 100\%, \quad (3.3.)$$

где $\Delta\varphi$ – весомость потерь зерна из-за снижения его влажности, %;

φ_1 – влажность зерна по приходу, %;

φ_2 – влажность зерна по расходу, %.

Весомость потерь зерна за счет сорной примеси (ΔC) рассчитывалась из выражения:

$$\Delta C = \frac{(\chi_1 - \chi_2)}{\chi_1} \cdot 100\%, \quad (3.4.)$$

где χ_1 – чистота семенного зерна по приходу, %;

χ_2 – чистота семенного зерна по расходу, %.

Весомость потерь зерна за счет расходования сухих веществ зерна на его дыхание ($\Delta Д$) определялась из выражения

$$\Delta Д = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100\%, \quad (3.5.)$$

где m_1 – масса 1000 семян по приходу на хранение, кг;

m_2 – масса 1000 семян по расходу после хранения, кг.

Показатель весомости причины возникновения естественной убыли зерна определялся как отношение весомости i -ой причины к сумме весомостей всех причин естественной убыли при j -ой способе хранения семенного зерна

$$U_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum Y_{ij}} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

где U_{ij} - показатель весомости i -ой причины при j -ой способе хранения семенного зерна, %;

Нормы естественной убыли зерна установлены приказом министерства сельского хозяйства РФ №3 от 14 января 2009г «Об утверждении норм естественной убыли зерна, продуктов его переработки и семян различных культур при хранении». В соответствии с ним при сроке хранения пшеницы от 3 месяцев до одного года норма естественной убыли $Z_{нор}$ может быть определена из выражения:

$$Z_{нор} = \alpha + \delta \varepsilon / \omega, \quad (3.6)$$

где α – норма естественной убыли зерна за предыдущий срок хранения, %;

δ – разница между нормами естественной убыли за последующий и предыдущий сроки хранения, %

ε – разница между средним, сроком хранения и предыдущим, мес.;

ω – разница между последующим и предыдущим сроком хранения, мес.

При среднем сроке хранения зерна более одного года норма естественной убыли рассчитывалась из выражения:

$$Z_{нор} = \alpha + 0,04\varepsilon_2 / 12, \quad (3.7.)$$

где ε_2 – количество месяцев хранения свыше одного года, мес.

Посевные качества зерна устанавливались в соответствии с государственным стандартом [32].

3.2.2 Методика натуральных испытаний влияния способа хранения на физиологические показатели растений и структуру урожая

Для определения влияния способа хранения семенного зерна на биологическое развитие растения и структуру урожая производился контрольный сев семян яровой пшеницы и фенологические наблюдения [81, 94].

Контрольный сев проводился на опытном участке, который имел типичное для ООО «Разбердеевское» и всего Спасского района почвенно-климатические условия (почва дерново-подзолистая серая лесная). Участок имел ровный рельеф с небольшим однообразным уклоном 1/75.

На всей площади опытного участка в течение 4 лет высевали одни и те же культуры, применяли единую систему удобрений и единую технологию обработки почвы. Участок не имел пятен с наиболее бедной и плодородной почвой, с выраженными пятнами злостных сорняков (пырея и осота). Опытный участок предварительно был разбит на делянки, число делянок определялось из условия четырехкратного повторения опыта [34]. Площадь каждой делянки составляла 250 м² (ширина делянки 10 м, длина 25 м). Все делянки располагались на одном опытном участке в два яруса.

Опытный участок имел боковые и концевые защитные полосы. Боковые защитные полосы были расположены вдоль длинных сторон делянок, для исключения влияния растений соседних вариантов, ширина боковой защитной полосы составляла 0,5 – 1 м. Концевые защитные полосы имели ширину не менее 5 м и использовались для разворота машин и орудий с обоих концов делянок.

Делянки на опытном участке были расположены систематическим методом, предусматривающим неизменный порядок расположения вариантов в каждом повторении (1, 2). Схематический план опытного участка представлен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 - Схематический план опытного участка

Осенью после уборки озимой пшеницы дважды проводилось дискование участка.

В качестве способа сева был выбран узкорядный способ (сеялка СЗ-3,6А), глубина посева семян составляла 3-4 см. После посева почву укатывали катком. В качестве предшественника в севообороте, на опытном участке, была соя и озимая пшеница. Сев проводился после того как агрономом была установлена физическая спелость почвы, проведена предпосевная культивация и боронование.

Норма высева семян была определена по формуле:

$$N_i = \frac{H \cdot m \cdot 100\%}{K} \quad (3.8.)$$

где N_i – норма высева семян при i – том способе хранения, кг/га;

H - рекомендованная норма высева, млн. шт./га ($H=4$ млн.);

m - масса 1000 семян, г для семенного зерна яровой пшеницы «КВС Аквилон», $m=40$ г;

K – коэффициент посевной годности семян после i – того способа хранения.

Коэффициент посевной годности вычисляют по формуле:

$$K = \frac{A \cdot B}{100\%} \quad (3.9.)$$

где А – показатель чистоты семян, %;

В - лабораторная всхожесть семян, %.

Полевая всхожесть семян определялась подсчетом числа растений в фазе всходов, для этого на каждой делянке опытного поля по ее диагонали устанавливались три учетные площадки площадью 1 м².

В период развития растений проводились фенологические наблюдения, которые позволяли обнаружить эффекты от способов хранения семенного зерна, не сохраняющиеся до учета урожая.

Фенологические наблюдения за временем наступления отдельных фаз развития растения позволили установить как длительность отдельных периодов между фазами, так и общую длину вегетационного периода. В течение вегетации яровой пшеницы отмечались следующие фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку (стеблевание), колошение, цветение, созревание (молочная спелость, восковая спелость и полная спелость).

За начало фазы принимался день, в который признаки фазного развития отмечались не менее чем у 50% растений.

Отличительными признаками фаз развития растения являлись: всходы - появление первого листа из почвы и образования первичных корней; кущение - образованием первого бокового побега; выход в трубку – у поверхности почвы на высоте 4-6 см внутри листового влагалища главного стебля легко прощупываются стеблевые узлы (бугорки); колошение – появление соцветия из влагалища верхнего листа; цветение – появление цветков в середине колоса; созревание - влажность зерна менее 20%.

Кроме определения в длительности отдельных фаз вегетационного периода яровой пшеницы «КВС Аквилон» на делянках опытного участка, устанавливались и биометрические (количественные) показатели её развития. К биометрическим показателям относятся число растений на 1 м² (густота стояния растений),

средняя высота растений, коэффициент прироста массы колоса, чистая продуктивность фотосинтеза.

В фазе всходы, кроме продолжительности этой фазы, устанавливалась густота всходов и средняя длина ростков и количество корешков.

Определение густоты стояния растений заключалась в подсчете количества растений на площадках размером 100 × 100 см. Замеры густоты стояния яровой пшеницы проводились в фазе образования третьего листа.

Измерение высоты растений проводилось в фазе образования третьего листа и молочной спелости. Высота растения измерялась, с помощью снегомерной рейки длиной 150 см, от поверхности почвы до конца листа, возвышающимся над другими листьями растения или до верхушки колоса.

За три дня до начала уборки проводилась оценка развития культурного растения, и по его результатам осуществлялся анализ структуры урожая. Структурный анализ начинался с создания объединенного снопа, для которого с каждой делянки отбиралось 10 проб по 25 растений с корневой системой. Затем из объединенного снопа бралось без выбора 25 растений.

После обмывки корневой системы растения, приступали к измерению главного стебля пшеницы (рис. 3.5).

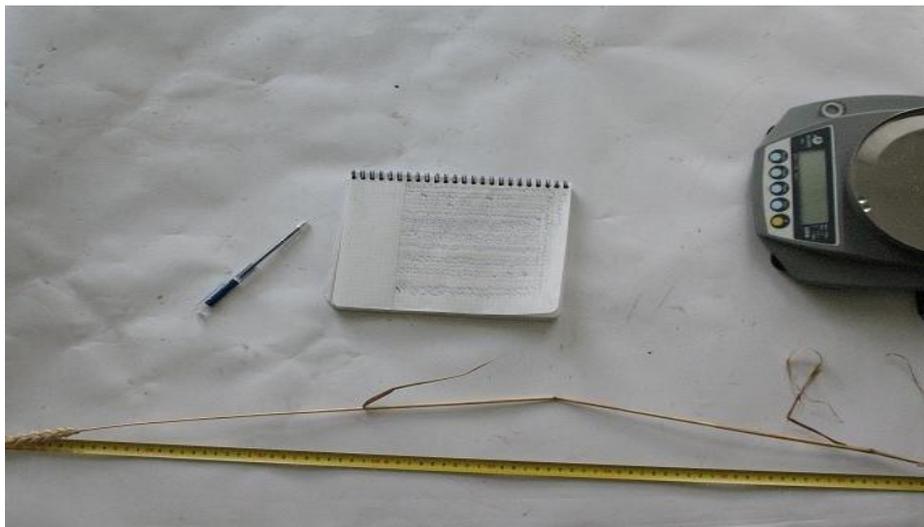


Рисунок 3.5 - Определение длины главного стебля растения

Продуктивная кустистость растения, устанавливалась отношением общего числа стеблей у контролируемого растения к числу стеблей с полноценным колосом.

Длина колоса определялась измерением от основания первого колоска до края последней чешуйки без учета остей, рисунок 3.6.



Рисунок 3.6 - Определение длины колоса

Определение количества колосков расположенных на выступах колосового стержня и количества зерен в колосе устанавливалась подсчетом на колосе главного стебля растения.

Вес колоса определялся с помощью аналитических электронных весов АСОМЖВ-1, рисунок 3.7.

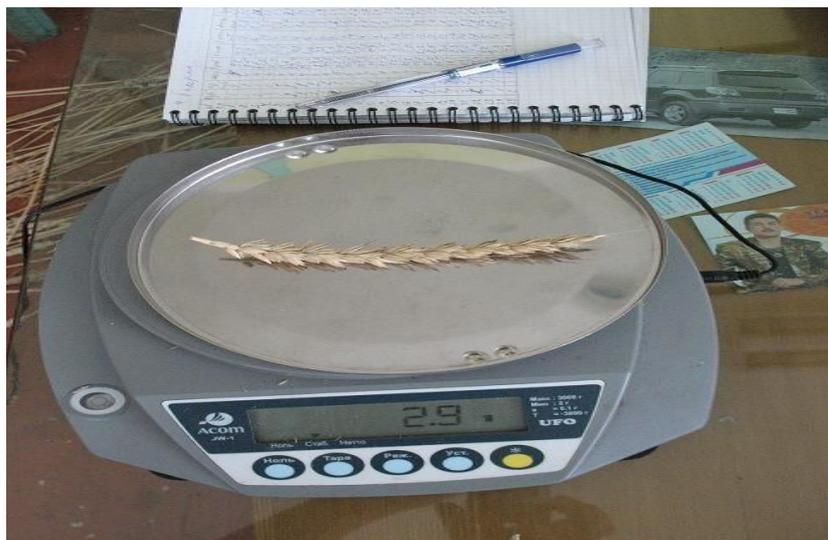


Рисунок 3.7 - Определение веса колоса

Вес зерна устанавливался после ручного обмолота колоса, рисунки 3.8, 3.9.



Рисунок 3.8 - Ручной обмолот колоса.

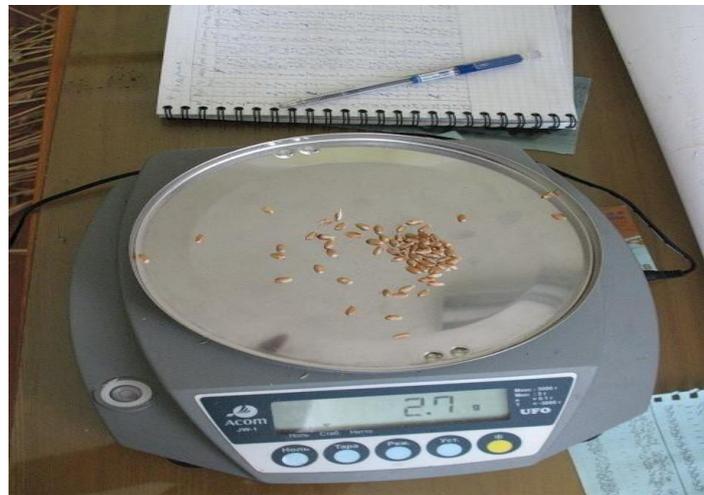


Рисунок 3.9 - Определение веса зерна из одного колоса

Для каждого показателя анализа структуры урожая было выполнено 25 измерений.

Масса одной тысячи зерен определялась для каждого исследуемого способа хранения семенного зерна отдельно. Для этого из снопа соответствующего анализируемому способу хранения семенного зерна без выбора отбиралось 200 колосьев, после ручного обмолота, в которых все зерно тщательно перемешивалось. Затем без выбора отбирались две пробы по 500 зерен в каждой, и взвешивалось до сотой доли в граммах.

Если разница результатов двух проб не превышала допустимые значения, то результаты взвешивания складывались и считались массой 1000 зерен. Если

расхождение результатов было больше допустимого значения, отбиралась третья проба.

Уборка урожая проводилась зерноуборочным комбайном S 300 «NOVA 330» с жаткой РСМ – 081.27 «PoverStream», рисунок 3.10.

Уборка проводилась способом прямого комбинирования на одном и том же режиме работы комбайна [106]. Комбайн за один проход убирал среднюю учетную часть делянки, оставляя защитные полосы. После уборки комбайн работал 4-5 минут для полного обмолота колосьев. Затем проводилась выгрузка зерна в мешки и этикетирование. После обмолота зерна с одной делянки комбайн переезжал на другую.



Рисунок 3.10 - Уборка урожая с опытного участка комбайном S 300 «NOVA 330»

Бункерный урожай с каждой делянки взвешивался на хлебоприёмном пункте хозяйства. Сразу после взвешивания из мешка отбиралась проба зерна массой около 1 кг, затем в соответствии с государственным стандартом [21, 25] устанавливается фактическая влажность и засорённость зерна, после чего урожай зерна, полученный при взвешивании, пересчитывают на 14% влажности и 100% чистоту по формуле:

$$X = 100 \frac{Y(100-b)(100-c)}{(100-b1)100}, \quad (3.10.)$$

где X – приведённый урожай (влажность - 14% , чистота - 100%), ц/га;

Y – фактический урожай, ц/га;

b – влажность зерна при взвешивании, %;

b_1 – стандартная влажность, %;

c – засорённость зерна, %.

Для определения производственно-экономической оценки каждого способа хранения производился хронометраж работ связанных с хранением семенного зерна. Для этого были созданы группы экспертов. В каждую группу входил агроном и техник-хронометражист. Сбор данных проводился по мере выполнения работ, результаты наблюдений и хронометража заносились в журнал наблюдений. Затраты связанные с хранением семенного зерна и его дельнейшим использованием устанавливались в ходе анализа бухгалтерских документов.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ

4.1. Результаты лабораторных исследований

4.1.1 Результаты лабораторных исследований технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой для хранения семенного зерна

Исследование технологических параметров герметичного металлического контейнера с разреженной атмосферой сводилось к определению оптимальных значений влажности закладываемого семенного зерна, степени заполнения объема металлического контейнера зерновой массой, давления разреженной воздушной смеси внутри металлического контейнера, предельного содержания кислорода в воздушной смеси при которой необходимо начинать аэрацию зерновой массы.

Для определения технологических параметров контейнера для хранения семенного зерна с разреженной атмосферой и подтверждения результатов теоретических исследований был проведен четырёхфакторный эксперимент, реализующий план Бокса-Бенкина второго порядка [7, 69, 86].

Полученные в ходе экспериментов результаты позволили определить уравнение множественной регрессии и установить связь между всхожестью семян Y_i параметрами хранения семенного зерна в условиях разреженной атмосферы, где:

X_1 - влажность семян, %

X_2 - предельное содержания кислорода в воздухе, %

X_3 - давление воздушной смеси, кПа

X_4 - степень заполнения контейнера, %

Матрица плана, уровни варьирования факторами эксперимента и полученные значения параметра оптимизации, представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1. Матрица плана экспериментов и уровни варьирования факторов проведения лабораторных исследований

Уровень варьирования факторов опыта	Факторы				Критерий оптимизации	
	Влажность семян, % (X ₁)	Предельное содержания кислорода в воздухе, % (X ₂)	Давление воздушной смеси, кПа (X ₃)	Степень заполнения контейнера % (X ₄)	Процент всхожести семян Y	
Верхний уровень (+1)	20	20	0,9	100	-	
Основной уровень (0)	16	17	0,5	90	-	
Нижний уровень (-1)	12	14	0.1	80	-	
Интервал варьирования	4	3	0,4	10	-	
План опытов	№ опыта					
	1	+1	+1	0	0	65.82
	2	+1	-1	0	0	71.94
	3	-1	+1	0	0	72.74
	4	-1	-1	0	0	79.82
	5	0	0	+1	+1	74.66
	6	0	0	+1	-1	80.70
	7	0	0	-1	+1	80.66
	8	0	0	-1	-1	81.30
	9	0	0	0	0	97.42
	10	+1	0	0	+1	61.14
	11	+1	0	0	-1	73.30
	12	-1	0	0	+1	76.86
	13	-1	0	0	-1	77.38
	14	0	+1	+1	0	74.34
	15	0	+1	-1	0	76.54
	16	0	-1	+1	0	79.34
	17	0	-1	-1	0	84.70
	18	+1	0	+1	0	66.28
	19	+1	0	-1	0	67.88
	20	-1	0	+1	0	71.48
	21	-1	0	-1	0	77.48
	22	0	+1	0	+1	76.04
	23	0	+1	0	-1	80.12
	24	0	-1	0	+1	82.88
25	0	-1	0	-1	86.48	

На рисунке 4.1 показаны проросшие семена пшеницы после хранения в герметичном контейнере с разреженной атмосферой.



Рисунок 4.1 - Чашка Петри с проросшими семенами пшеницы после хранения в герметичном контейнере с разреженной атмосферой

Обработка результатов эксперимента сводилась к расчету коэффициентов регрессии, которые определялись методом математической статистики с помощью компьютерной программы Statistica v8. На основании полученных значений коэффициентов была получена математическая модель зависимости всхожести семенного зерна от параметров его хранения:

$$\begin{aligned}
 Y = & 97,42 - 3,70X_1 - 3,30X_2 - 1,90X_3 - 2,092X_4 + 0,24X_1X_2 + 1,1X_1X_3 \\
 & - 1,16X_1X_4 + 0,8X_2X_3 - 0,12X_2X_4 - 1,1X_3X_4 - 8,2X_1^2 - 4,22X_2^2 \\
 & - 5,12X_3^2 - 3,81X_4^2
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

В результате полученное уравнение регрессии характеризуется коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9169$ и коэффициентом регрессии $R = 0,9575$, что показывает высокую достоверность соответствия полученных результатов экспериментов и данной математической модели.

Проверка значимости коэффициентов модели была проведена с помощью критерия Стьюдента, табличное значение которого при дисперсии

воспроизводимости в параллельных опытах принято 0,271 и числе степеней свободы $f = 10$ составляло 2,23. Результаты проверки представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Проверка значимости коэффициентов математической модели

Значимость	Коэффициент . Стьюдента	Коэффи циент:
1	16.51	b_0
1	2.79	b_1
1	6.54	b_2
1	4.876	b_3
1	1,182	b_4
1	7.32	$b_{1,1}$
1	5.53	b_{12}
1	5.781	b_{13}
1	2.87	b_{14}
1	8.637	b_{22}
1	7.537	b_{23}
1	3.76	b_{24}
1	6.743	b_{33}
1	1.992	b_{34}

Проверка значимости коэффициентов модели показала, что коэффициенты имеют фактическое значение критерия Стьюдента выше табличного значения и поэтому параметры X_1 (влажность зерна), X_2 (критическое содержание кислорода в воздухе), X_3 (давление разреженной воздушной среды внутри герметичного контейнера) являются значимыми. Степень заполнения контейнера семенным зерном X_4 в выбранных пределах проведения эксперимента не оказывают существенное влияние на всхожесть зерна.

На основании полученной математической модели (4.1) были построены графические зависимости всхожести семенного зерна от технологических параметров контейнерного хранения в условиях разреженной воздушной среды.

На рисунке 4.2 показан график зависимости всхожести зерен яровой пшеницы от влажности зерна при закладке его на хранение и содержания кислорода в разреженной атмосфере воздушной среды внутри герметичного контейнера, на рисунке 4.3 - график зависимости всхожести зерен яровой пшеницы от влажности зерна и давления разреженной атмосферы в контейнере.

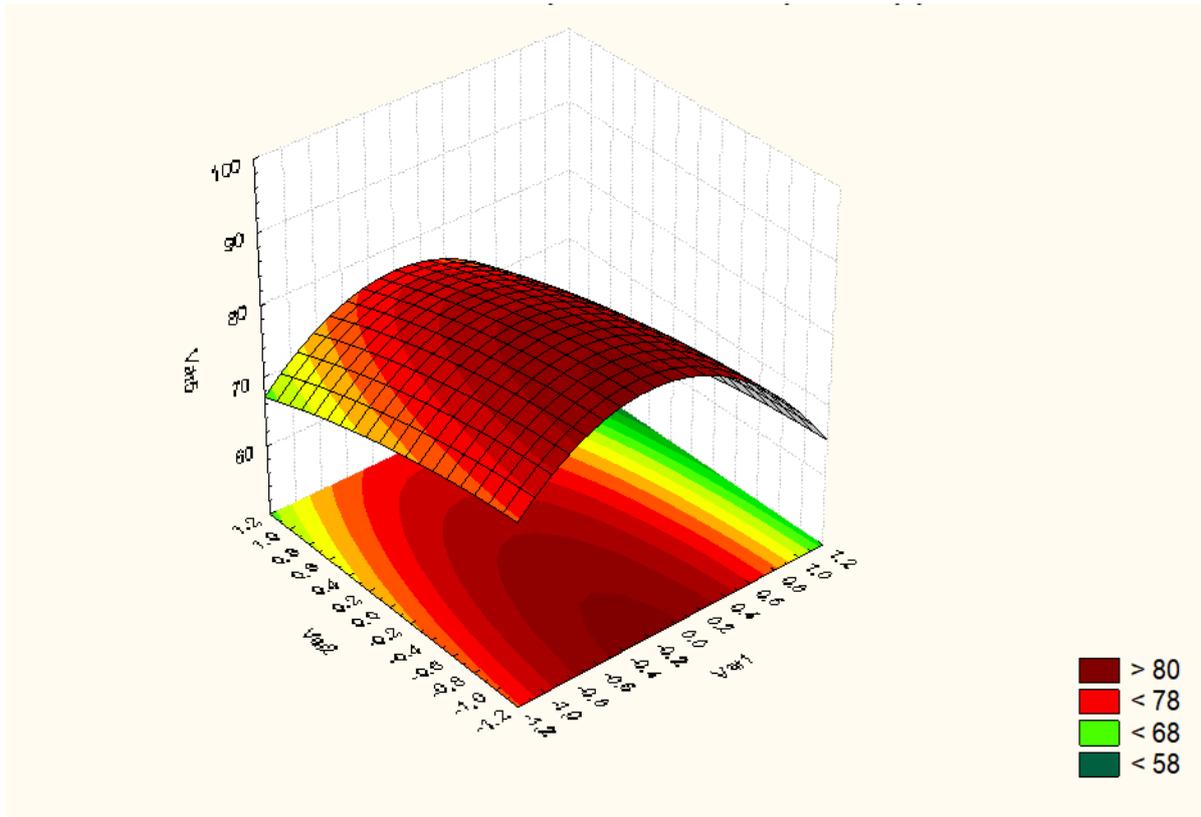


Рисунок 4.2 - График зависимости всхожести зерен яровой пшеницы от влажности зерна при закладке его на хранение и содержания кислорода в разреженной атмосфере воздушной среды внутри герметичного контейнера

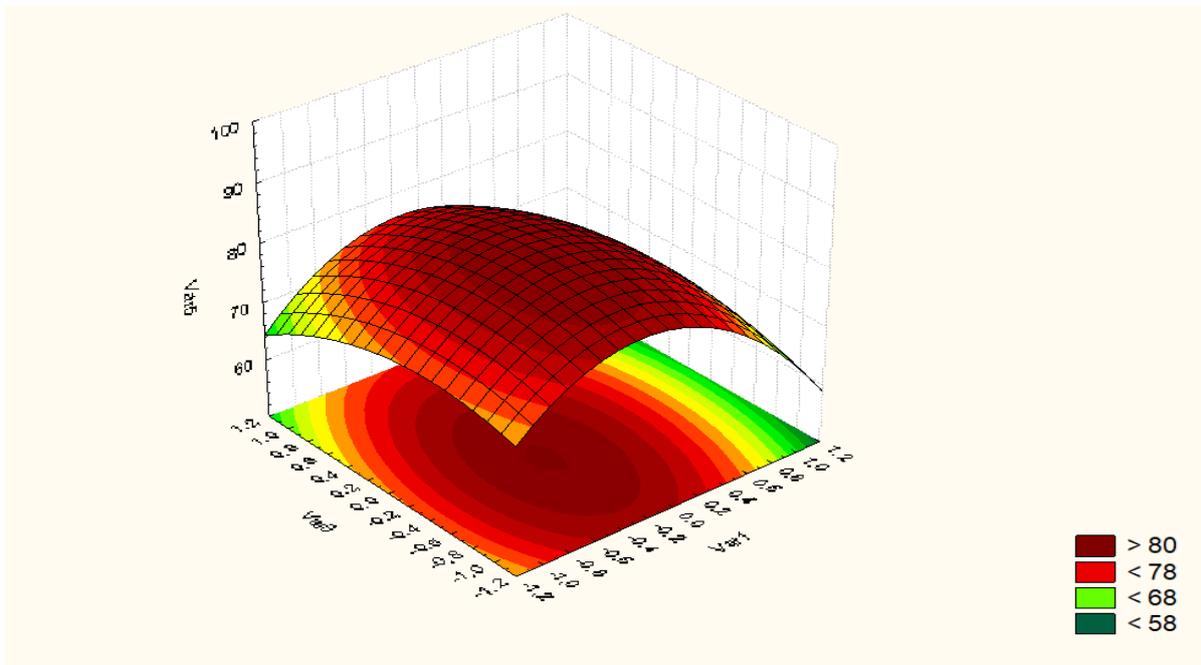


Рисунок 4.3 - График зависимости всхожести зерен яровой пшеницы от влажности зерна и давления разреженной атмосферы в контейнере

График зависимости всхожести зерна яровой пшеницы от влажности зерна и степени заполнения контейнера показан на рисунке 4.4.

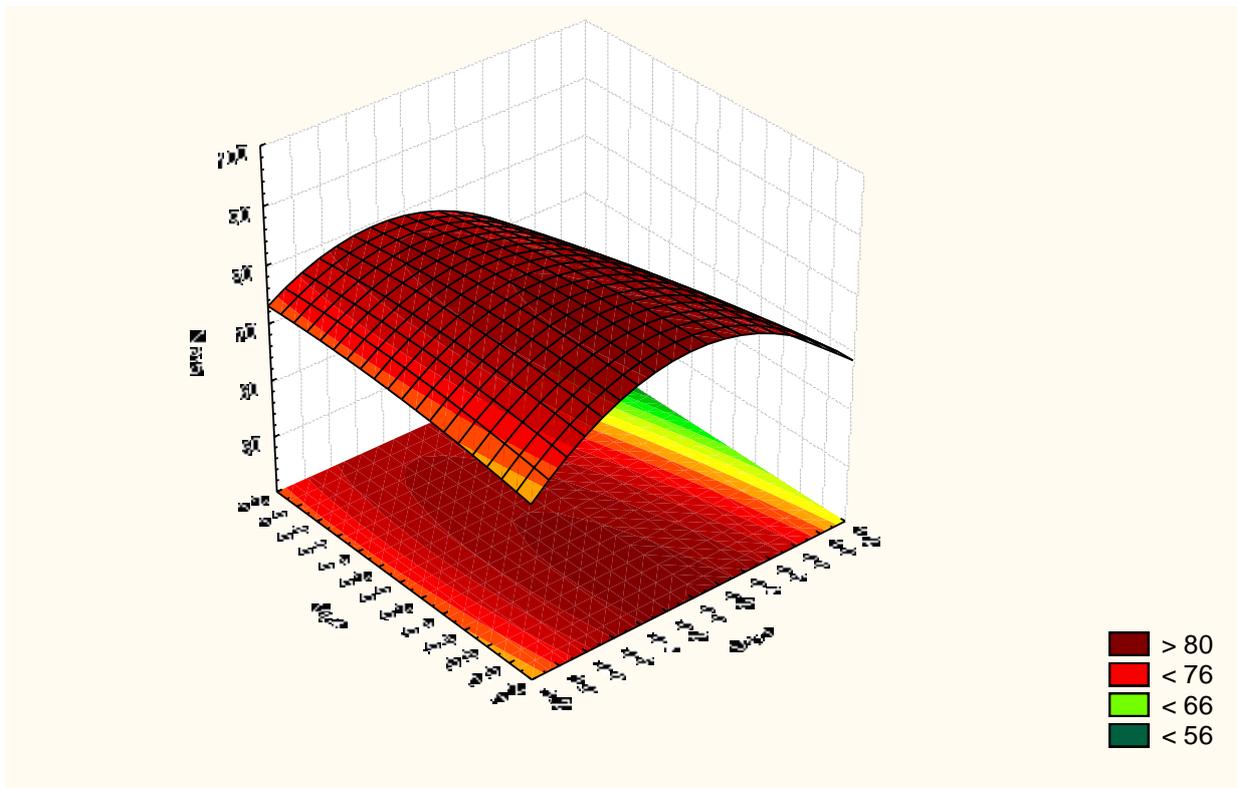


Рисунок 4.4 - График зависимости всхожести зерна яровой пшеницы от влажности зерна и степени заполнения контейнера

Анализ полученных графических зависимостей позволил сделать следующие заключения:

- во-первых – зерно, закладываемое на хранение в контейнер, должно иметь влажность не более 15,2%, то есть хранение зерна в контейнере в условиях разреженной атмосферы не требует сушки зерна до критического значения влажности 14%, что позволит сократить время нахождения зерна в сушильной установке и приведет к сокращению энергетических и временных затрат, а так же позволит снизить повреждение зерна во время сушки за счет создания более щадящего режима сушки;

- во-вторых – для сохранения всхожести зерна необходимо в процессе хранения поддерживать разрежение воздуха в контейнере равное 0,66 МПа.

- в-третьих – для сохранения всхожести семенного зерна, принудительную аэрацию зерновой насыпи, находящуюся в герметичном контейнере с разреженной атмосферой, необходимо начинать при достижении концентрации кислорода в воздушной смеси не менее 14%.

После определения рабочего давления хранения семенного зерна в герметичном контейнере и критической концентрации углекислого газа, при котором необходимо начинать аэрацию зерновой насыпи по формуле 2.21 можно рассчитать объём емкости для сбора углекислого газа.

Масса углекислого газа при хранении семян пшеницы имеющих скважность зерновой массы равную 0,4 и концентрацию CO_2 в воздушной смеси 7% составит 0,0105 кг.

Тогда объём емкости для накопления углекислого газа с зерновой массы находящейся в рабочем объеме герметичного контейнера 1 м^3 при температуре хранения зерна $20 \text{ }^\circ\text{C}$ составит $V_{\text{co2}} = \frac{0,0105 \cdot 8,314 \cdot 293}{44,001 \cdot 66000} = 0,0000088 \text{ м}^3 = 8,8 \text{ л.}$

По результатам лабораторных исследований конструктивно-технологических параметров герметичного контейнера с разреженной атмосферой для хранения семенного зерна можно сделать следующее заключение.

Технология хранения семенного зерна в контейнере в условиях разреженной атмосферы позволяет сохранить его всхожесть. При этом можно закладывать на хранение зерно в контейнер влажностью около 15%; создавать и поддерживать в период хранения разрежение воздуха в пределах 0,66 МПА; проводить замену отработанной воздушной смеси в рабочем объеме контейнера при снижении концентрации кислорода в ней до 14%. Контейнер с разреженной атмосферой должен иметь емкость для накопления углекислого газа, объём которой должен составлять около 8.8 литров на один кубический метр рабочего объёма герметичного контейнера.

4.1.2. Результаты лабораторных исследований влияния разреженности атмосферы в герметичном контейнере на жизнедеятельность насекомых-вредителей

В ходе лабораторных исследований влияния разреженности атмосферы в герметичном контейнере на жизнедеятельность насекомых-вредителей хлебных злаков были проведены опыты (см. параграф 3.1.2).

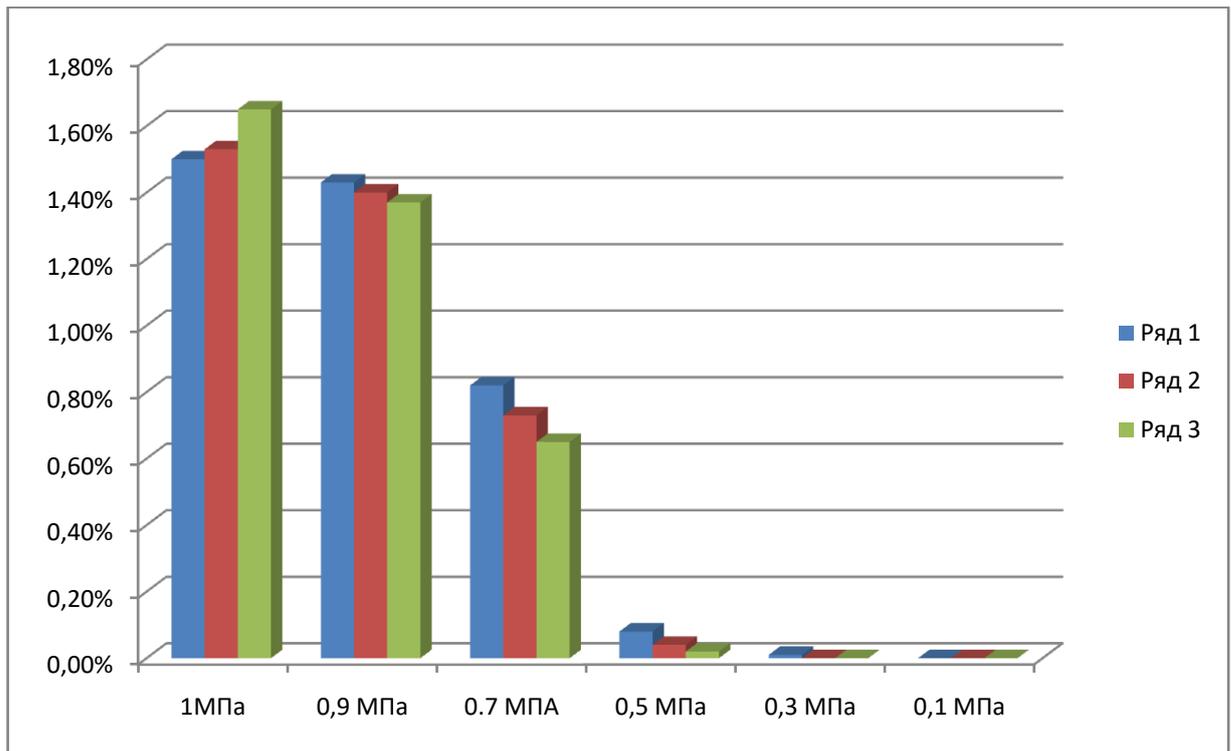
Результаты проведенных экспериментов представлены в таблицах 4.3, 4.4 и на гистограммах (рис.4.5, 4.6):

Таблица 4.3 Изменения концентрации углекислого газа в контейнере с зерном, зараженным Амбарным долгоносиком в зависимости от разрежения атмосферы

Давление воздуха в баке с зерном	24 часа инкубации	48 часа инкубации	72 часа инкубации
1 МПа	1,5%	1,53%	1,65%
0,9 МПа	1,43%	1,4%	1,37%
0,7 МПа	0,82%	0,73%	0,67%
0,5 МПа	0,08%	0,04%	0,02%
0,3 МПа	0,01%	0	0
0,1 МПа	0	0	0

Таблица 4.4. Изменения концентрации углекислого газа в контейнере с зерном зараженным Зерновой молью в зависимости от разрежения атмосферы.

Давление воздуха в с зерном	24 часа инкубации	48 часа инкубации	72 часа инкубации
1 МПа	1,5%	1,63%	1,72%
0,9 МПа	1,43%	1,41%	1,37%
0,7 МПа	0,8%	0,75%	0,62%
0,5 МПа	0,04%	0,02%	0,01%
0,3 МПа	0,01%	0,	0
0,1 МПа	0	0	0

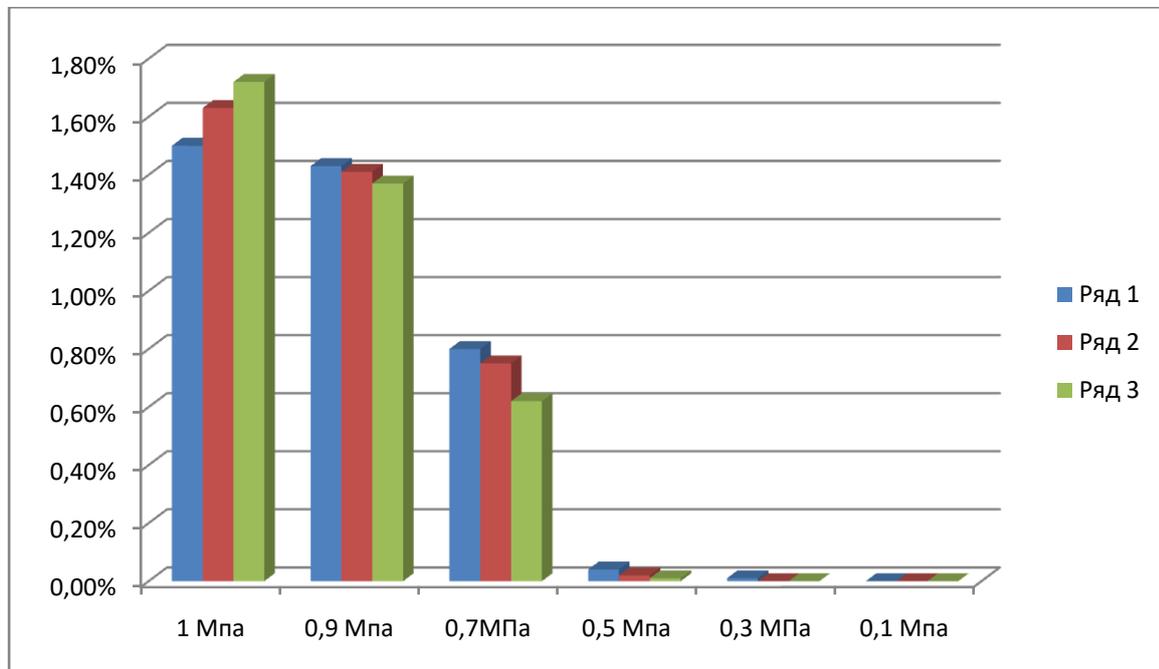


Ряд 1 – 24 часа инкубации насекомых

Ряд 2 – 48 часов инкубации насекомых

Ряд 3 – 72 часа инкубации насекомых

Рисунок 4.5 - Гистограмма влияния разреженной атмосферы на жизнедеятельность Амбарного долгоносика



Ряд 1 – 24 часа инкубации насекомых

Ряд 2 – 48 часов инкубации насекомых

Ряд 3 – 72 часа инкубации насекомых

Рисунок 4.6 - Гистограмма влияния разреженной атмосферы на жизнедеятельность Зерновой моли

Анализ гистограммы показал, что при отсутствии разреженности воздуха (атмосферное давление 1МПа) Амбарный долгоносик продолжает развиваться и его жизнедеятельность в зерне становится активнее, о чем свидетельствует рост концентрации углекислого газа в межзерновом пространстве с 1,5 % до 1,65%. С ростом разреженности атмосферного воздуха начинает снижаться и процесс жизнедеятельности насекомых.

Так же в ходе лабораторного исследования влияния разреженности атмосферы в межзерновом пространстве на жизнедеятельность насекомых-вредителей зерновых культур были проведены опыты по способности насекомых восстанавливать свои жизнедеятельные функции после нахождения в разреженной атмосфере. Для этого после нахождения в разреженной атмосфере в течение 72 часов, насекомых выдерживали в течение 720 часов в благоприятных условиях для развития (атмосферное давление 1МПа, температура и влажность воздуха соответственно 30 °С и 65%).

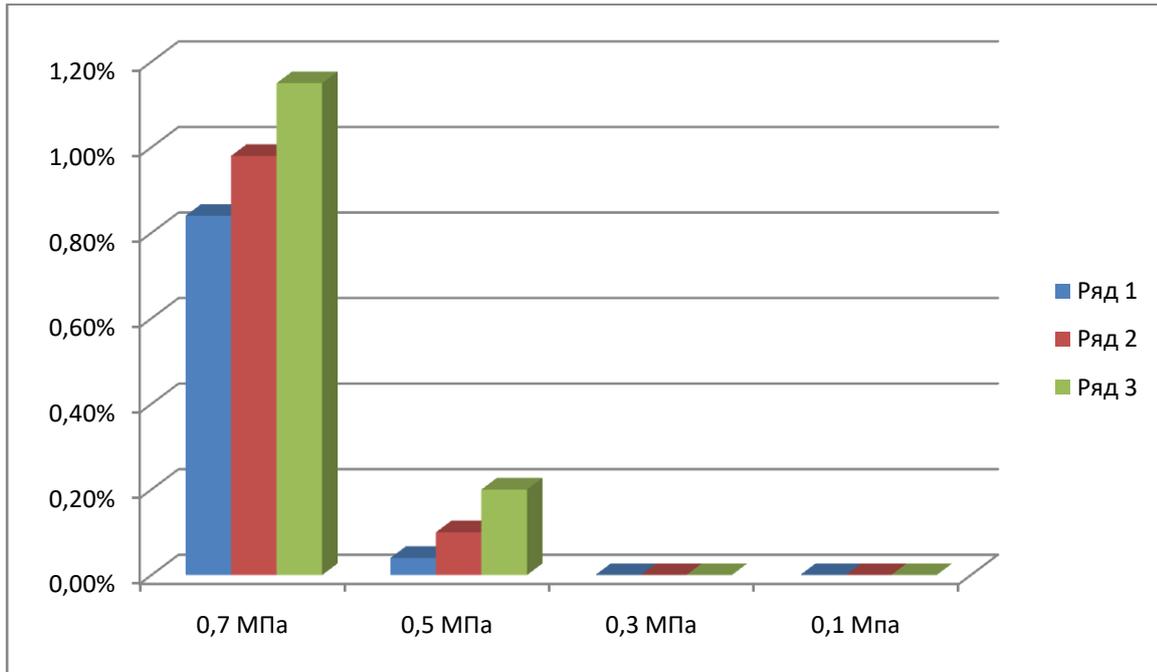
Результаты проведенных экспериментов представлены в таблицах 4.5, 4.6 и на гистограммах (рис. 4.7, 4.8):

Таблица 4.5. Восстановление жизнедеятельных функций Амбарным долгоносиком

Давление в баке, МПа.	0,7			0,5			0,3			0,1		
Время инкубации, час	120	240	360	120	240	360	120	240	360	120	240	360
Концентрация CO ₂ , %	0,84	0,98	1,15	0,04	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0

Таблица 4.6 Восстановление жизнедеятельных функций Зерновой молью

Давление в баке, МПа.	0,7			0,5			0,3			0,1		
Время инкубации, час	240	480	720	240	480	720	240	480	720	240	480	720
Концентрация CO ₂ , %	0,86	1	1,16	0,04	0,1	0,21	0	0	0	0	0	0

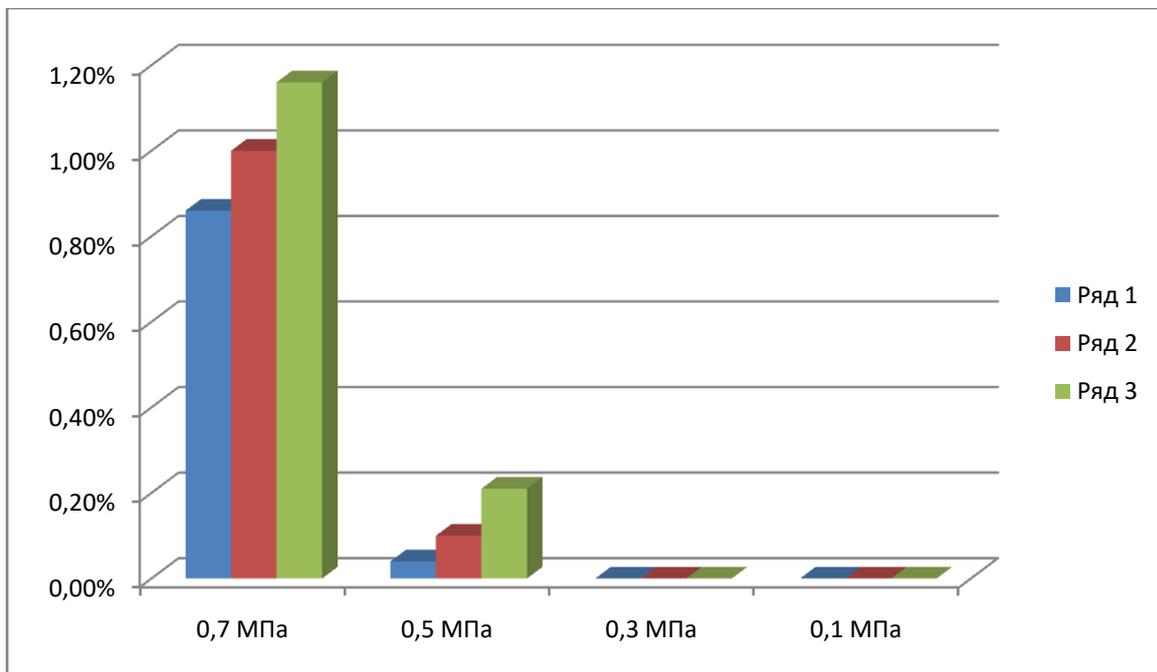


Ряд 1 – 240 часа инкубации насекомых

Ряд 2 – 480 часов инкубации насекомых

Ряд 3 – 720 часа инкубации насекомых

Рисунок 4.7 - Гистограмма восстановления жизнедеятельных функций Амбарного долгоносика после нахождения его в разреженной атмосфере



Ряд 1 – 240 часа инкубации насекомых

Ряд 2 – 480 часов инкубации насекомых

Ряд 3 – 720 часа инкубации насекомых

Рисунок 4.8 - Гистограмма восстановления жизнедеятельных функций Зерновой моли после нахождения ее в разреженной атмосфере

Результаты лабораторных исследований по изучению влияния разреженной атмосферы на жизнедеятельность насекомых-вредителей зерновых культур показали, что при разрежении атмосферы, замедляется жизнедеятельность находящихся в зерне насекомых. Так, при давлении воздуха 0,7 МПа выделение насекомыми углекислого газа сократилось в 4 раза, а при 0,5 МПа выделение сократилось почти в 20 раз. При давлении воздуха 0,3 МПа и ниже наблюдалось прекращение выделения углекислого газа, что свидетельствовало о том, что насекомые погибли из-за недостатка воздуха или впадали в анабиозное состояние.

Поэтому, технология хранения семенного зерна в контейнере в условиях разреженной атмосферы должна содержать режим, при котором будут созданы условия для уничтожения насекомых-вредителей, находящихся в зерновой массе. В соответствии с результатами проведенных экспериментов, в ходе которых было установлено, что уничтожение насекомых возможно при выдержке зерновой массы, находящейся в контейнере, под давлением 0,3 МПа в течение 72 часов. На всхожесть зерна такая выдержка не влияет.

4.2. Результаты натуральных испытаний

4.2.1. Результаты сравнительных испытаний условий хранения семенного зерна в стандартных металлических силосах и герметичных контейнерах с разреженной атмосферой и его влияние на посевные качества, и естественную убыль семян

Исследования влияния условий хранения семенного зерна в металлических силосах на посевное качество семенного зерна предусматривало проведение сравнительных испытаний вариантов хранения:

- 1- в стандартном металлическом силосе фирмы HuaboMode № 18 – 00603 объёмом 10,44 м³, установленного на открытой площадке (рис. 4.9);
- 2- предложенного варианта хранения семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной атмосферой, установленного в помещении зерносклада.



Рисунок 4.9. Металлические силосы для хранения семенного зерна фирмы HuaboMode № 18 – 00603

Показатели качества семян заложенных на хранение по каждому из исследуемых вариантов хранения представлены в таблице 4.7.

В ходе сравнительных испытаний нами было установлено, что при хранении семенного зерна в металлическом силосе HuaboMode № 18 – 00603, несмотря на достаточно высокую степень его герметичности, условия хранения семенного зерна, а следовательно и показатели качества, в значительной степени зависели от изменения внешних климатических условий (температуры, влажности наружного воздуха, солнечной радиации). Степень влияния указанных параметров климатических условий также была различной на различные слои зерновой насыпи.

В течение всего периода хранения семенного зерна, наибольшее влияние на температурно-влажностный режим пристенных и верхних слоев зерновой массы оказывало суточное изменение температуры наружного воздуха.

Таблица 4.7. Показатели качества семенного зерна яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» перед хранением

Наименование показателя качества семенного зерна	Вариант хранения семенного зерна			
	Стандартный металлический силос NuaboMode № 18 – 00603		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.
Частота семян, %	98.2	98.2	98.2	98.2
Влажность, %	14.5	14.9	14.7	15.1
Лабораторная всхожесть, %	97.9	97.9	98.3	98.3
Живучесть, %	98.5	98.5	98.2	98.2
Масса 1000 семян, грамм	36.2	36.2	36.2	36.2
Зараженность болезнями, шт./кг	0,1	0,1	0,2	0.2
Зараженность насекомыми вредителями, шт./кг	1,8	2,1	2.8	2.4
Цвет семян X, %	1.5	1.4	2.2	2.4
Запах семян	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет

Обычно средняя разность температур между пристенным и центральным слоем зерновой насыпи внутри металлического силоса была равна 4...7 °С. В отдельные дни осенью и весной разница доходила до 9.8...12.4 °С, что вызывало повышение относительной влажности воздушной смеси в зерновой массе. При этом за счет высокой теплопроводности металлической стенки силоса, её температура опускалась ниже точки росы воздушной смеси находящейся в межзерновом пространстве. На глубине 50 мм от стенки и крышки силоса влажность воздушной смеси была равна 95-98%. Это создавало условия для образования на внутренней поверхности стенки силоса конденсата влаги и отпотевание зерна.

Для просушки и охлаждения зерна использовалась система активной вентиляции, установленная на металлическом силосе. При максимальном расходе воздуха 6 м³/т., она обеспечивала снижение влажности отпотевшего зерна, находящегося в периферийных слоях зерновой насыпи до 13...14% в течение

9...12 часов. Учитывая конкретные климатические условия Рязанской области в осенние месяцы активную вентиляцию зерна можно было проводить только ночью, когда температура наружного воздуха была ниже температуры зерновой массы в силосе. Фактическое время доступное для активной вентиляции было 5,5...7,8 часов, что растягивало процесс охлаждения и подсушки зерна на несколько суток.

В не полностью высушенных семенах наблюдался процесс образования свободной воды, которая способствовала развитию в пристенном слое зерновой насыпи не спорообразующих бактерий *Herbicolla* и плесени представленных грибками *Aspergillus*. Развитие бактерий и грибов в пристенном слое зерновой насыпи (толщиной менее 50 мм), объём которых составляет около 7% общего объёма зерна, вызывало потерю репродуктивных свойств семян. Всхожесть и живучесть семян через 8 месяцев хранения составила соответственно 82,5 и 87,5%, через 20 месяцев хранения - 69,3 и 83,6%.

В ходе натурных испытаний было отмечено, что в весенне-летний период хранения семенного зерна в металлическом силосе, на тепловое состояние семян в пристенном и верхнем слоя зерновой насыпи начинает оказывать существенное влияние солнечная радиация. С середины мая до середины сентября в дневное время суток колебания температуры семян в пристенном слое зерновой насыпи на глубине 50 мм составляли 15...32 °С. Температура семян в это же время в поверхностном слое зерновой насыпи, из-за более благоприятного для нагрева угла наклона крышки силоса к горизонту, на той же глубине была на 4...8 градусов выше, чем в пристенном. Перемещение теплого воздуха от пристенного и верхнего слоя зерновой насыпи внутри металлического элеватора к центральному слою, где влажность воздуха была 43...62%, не приводило к образованию конденсата так, как температура воздуха в центральном слое за всё время наблюдений ни когда не опускалась ниже точки росы.

При температуре зерна выше 10 °С в металлическом силосе наблюдался рост заражённости семян микроорганизмами и насекомыми-вредителями хлебных злаков.

Изменение органолептических свойств зерна наблюдались весь период хранения особенно в придонном слое зерновой насыпи, где накапливался углекислый газ.

После хранения семенного зерна в металлическом силосе NuaboMode № 18 – 00603 оно имело щуплый вид, значительные изменение цвета и наличие постороннего запаха.

Использование герметичных металлических контейнеров с разреженной атмосферой в закрытом помещении зерносклада позволило ограничить теплообмен зерновой массы находящейся внутри контейнера с окружающей средой, что снизило разницу температур между слоями зерновой насыпи до 1.4...2.6 °С. Такие колебания температуры воздушной смеси внутри зерновой насыпи, при пониженном влагосодержании воздушной смеси, из-за разреженной атмосферы внутри контейнера, не создавало условия для образования конденсата влаги.

Причиной проведения аэрации зерновой насыпи в контейнере являлось только снижение содержание кислорода в воздушной смеси внутри ёмкости накопителе углекислого газа. Частота проведения аэраций снижалась при охлаждении зерновой массы. За счёт использования абсорбционного осушителя влажность наружного воздуха поступающего в контейнер во время аэрации снижалась на 24-29%, что позволило избежать образования конденсации влаги внутри контейнера и проводить аэрацию в любое время суток. Время проведения принудительной аэрации составляла 46...53 минуты.

Роста зараженности зерна микроорганизмами и насекомыми, а также изменения цвета и запаха семян при хранении их в герметичном контейнере с разреженной воздушной средой за всё время проведения натуральных испытаний обнаружено не было.

Полученные входе проверки показатели качества семенного зерна прошедшего период сезонного или длительного хранения представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Показатели качества семенного зерна яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» после хранения

Наименование показателя качества семенного зерна	Варианты и продолжительность хранения семенного зерна			
	Металлический силос Nuabo Mode № 18 – 00603		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.
Чистота семян, %	97,4	93,9	97,9	97,7
Влажность, %	14,4	14,7	13,8	13,5
Лабораторная всхожесть, %	82,5	69,3	96,9	95,2
Живучесть, %	87,5	83,6	96,3	94,9
Масса 1000 семян, грамм	34,2	32,4	36,1	36,0
Зараженность болезнями, %	3,9	6,8	0,2	0,1
Зараженность насекомыми вредителями, шт./кг	24,8	39,9	2,4	2,8
Цвет семян X, %	22,8	32,4	4,8	5,0
Запах семян	Наличие амбарного запаха	Сильный амбарный запах	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет

За время хранения наблюдалась естественная убыль массы семенного зерна [128]. Нормы потерь определены в соответствии с приказом министерства сельского хозяйства РФ [79] для условий второй климатической зоны представлены в таблице 4.10.

Анализ представленных в таблице 4.9 результатов показал, что естественная убыль семенного зерна, с определённой долей вероятности, соответствовала нормативному значению. Это свидетельствовало о том, что в процессе проведения экспериментов по каждому исследуемому варианту хранения не была нарушена технология хранения семенного зерна.

Для изучения структуры естественной убыли зерна были проведены замеры и произведены расчёты потерь массы зерна во время хранения и показателей весоности факторов, определяющих эти потери [63].

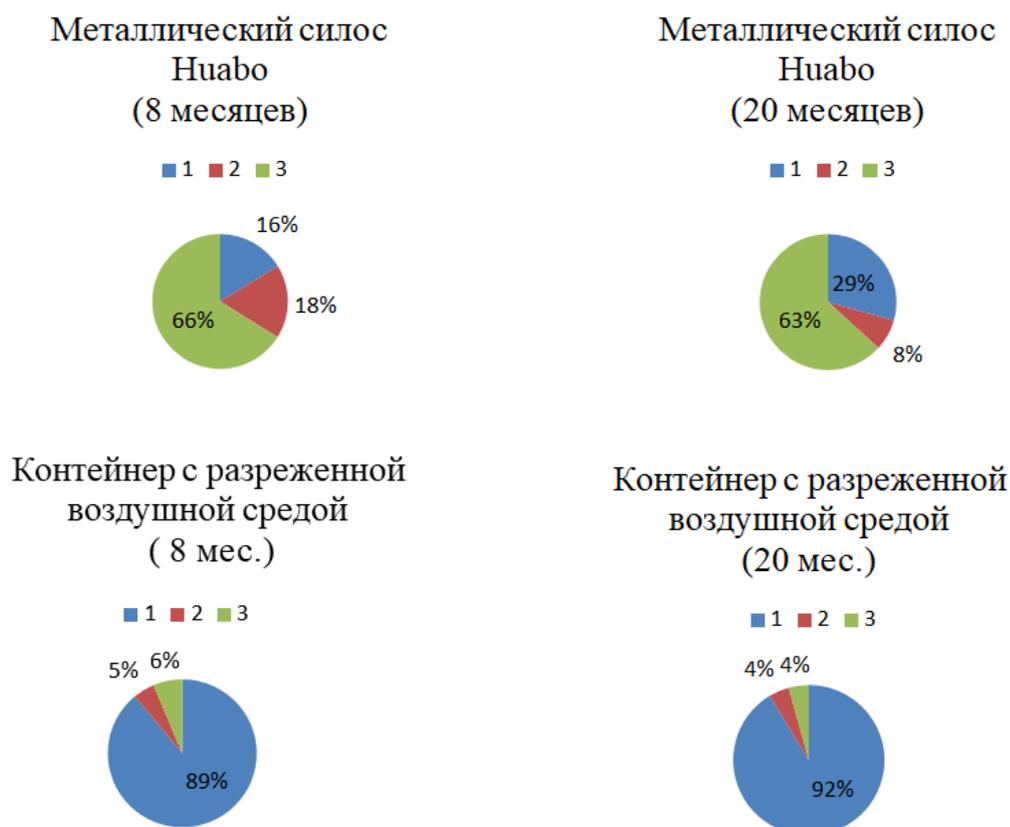
Таблица 4.9. Естественная убыль семенного зерна в зависимости от способа его хранения

Показатель, %.	Варианты и продолжительность хранения семенного зерна			
	Металлический силос Huabo Mode № 18 – 00603		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес	20 мес.	8 мес	20 мес.
Нормативная естественная убыль, $Z_{\text{нор}}$	0,07	0,13	-	-
Фактическая естественная убыль, $Z_{\text{фак}}$	0,071	0,136	0,064	0,117
Весомость потерь из-за снижения влажности, $\Delta\varphi$	0,011	0,04	0,057	0,107
Весомость потерь за счет сорных примесей, ΔC	0,012	0,01	0,003	0,005
Весомость потерь за счет расходования сухих веществ на дыхание зерна, ΔD	0,048	0,086	0,004	0,005

Проверка не случайности согласования полученных результатов исследования проводилась с помощью статистического критерия Пирсона. Расчётное значение критерия Пирсона оказалось больше табличного и с уровнем надёжности $P = 0,95$, был сделан вывод о неслучайном совпадении результатов исследования естественной убыли зерна в период его хранения.

Результаты расчетов естественной убыли зерна и их структура представлены в виде круговых диаграмм на рисунке 4.10.

Из круговых диаграмм видно, что при хранении семенного зерна в металлическом силосе Huabo Mode № 18 – 00603, большая часть естественных потерь связана с расходованием твердого вещества зерна на его дыхание. Это свидетельствует о возникновении в процессе хранения условий, при которых зерно из-за недостатка кислорода в воздушной смеси металлического силоса, было вынуждено перейти на анаэробное дыхание. Потери за счет расходования твердого вещества составили 25...34% от общих естественных потерь. Потери от снижения чистоты зерна и расходования твердого вещества на его дыхание являются невозполнимыми.



Показатель естественных потерь зерна за счет: 1- изменения его влажности; 2 - изменения чистоты; 3 – расхода твердого вещества на дыхание.

Рисунок 4.10 - Диаграммы изменения показателей весомости естественных потерь зерна, при различных способах и сроках его хранения

Естественные потери массы семенного зерна при его хранении в герметичном металлическом контейнере с регулируемой атмосферой из всех исследуемых способов хранения имели минимальное значение. Основную долю в структуре этих потерь составили потери от изменения влажности семян, она была равна 89...92% и независима от срока хранения.

Потери от изменения чистоты семян и расходования твердого вещества зерна на его дыхание были приблизительно равны. В сумме они составляли 8...10%.

После периода сезонного и длительного хранения семенного зерна проводилась проверка его качества в соответствии сГОСТ [32]. Результаты проверки представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10. Посевные качества семянровой пшеницы «КВС Аквилон» после хранения

Вариант хранения Способ хранения	Сортовая чистота, %	Содержание семян других растений, шт./кг.	Поражение семян головней, %	Чистота семян, %		Лабораторная всхожесть семян, %.		Категория семян	
				8 Мес.	20 Мес.	8 Мес.	20 Мес.	8 Мес.	20 Мес.
Металлический силос Huabo Mode № 18 – 00603	98.5	38.5	0,1	97,4	93,9	87.6	69.3	РСт	КС
Контейнер с разреженной атмосферой	98.5	37.1	0,1	97,9	97,7	96.9	95.2	РС-3	РС-3

Как видно из таблицы 4.11, при хранении семенного зерна пшеницы в стандартном металлическом силосе HuaboMode № 18 – 00603 в течение 8 месяцев, качество семян снижается с категории репродуктивных семян, полученных от пересева элитных семян третьего поколения (пригодных для семеноводства) РС-3 до категории РСт (репродуктивные семена для производства товарной продукции). Более значительные изменения показателей качества семян наблюдалось в металлическом силосе за период длительного хранения (20 месяцев). Под действием внешних климатических факторов в пристенных и верхних слоях зерновой насыпи семена поддерживали активную жизнедеятельность, связанную с характером своего дыхательного процесса, и в них проходило развитие микроорганизмов и насекомых вредителей, создавались условия для самосогревания зерна. Все это привело к снижению качества

семенного материала до категории КС (семян высеваемых только для кормовых целей) и сидераты (растения, выращиваемые с целью их последующей заделки в почву для улучшения её структуры).

При хранении семенного зерна в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой были получены результаты, позволяющие сделать заключение, что за весь период проведения эксперимента качество семян изменилось незначительно и даже после 20 месяцев хранения соответствовало требованиям категории репродуктивных семян РС-3.

Полученные результаты структуры естественных потерь веса семенного зерна, находящегося на хранении в герметичном металлическом силосе с регулируемой воздушной средой, можно сделать следующие заключения:

1. – хранение семенного зерна в стандартных металлических силосах не обеспечивает надлежащей сохранности семенного материала;
2. – конструкция герметичного контейнера с разреженной воздушной средой, за счет использования системы аэрации и осушения воздуха, может обеспечить максимальную сохранность семенного зерна даже при длительном хранении семенного фонда в случае установки контейнера на хранение в закрытом помещении зерносклада.

4.2.2. Результаты сравнительных испытаний условий хранения семенного зерна в стандартных металлических силосах и герметичных контейнерах с разреженной атмосферой и его влияние на физиологические показатели растений и структуру урожая

Для изучения влияния условий хранения семенного зерна на морфофизиологические показатели и структуру урожая яровой пшеницы в АО ПЗ «Дмитриево» Касимовского района Рязанской области были заложены опыты в 2019 ... 2020 годах. Опыты проходили на опытном участке с дерново-подзолистой почвой (2019 г. РО – 208 мг/кг, КО – 122 мг/кг, рН:6,5; 2020 г. РО – 207 мг/кг, КО – 120 мг/кг, рН:6,5) с четырехкратным повторением, метод

размещения делянок систематической. Фото опытного участка представлено на рисунке 4.11.



Рисунок 4.11 - Опытный участок

Результаты определения нормы высева семян, с рекомендованной нормой высева 4,0 млн. шт./ га, устанавливались по формуле 3.7 и представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 Норма высева семян яровой пшеницы «КВС Аквилон»

Вариант хранения	Срок хранения	Норма высева (H), 10^6 шт./га	Масса 1000 семян (m), грамм	Чистота, %	Всхожесть, %	Коэффициент посевной годности, % (K) семян	Норма высева семян (H_i), кг/га
Металлический силос Nuabo	8мес.	4	33.8	94.4	87.6	82.7	164.9
	20 мес.	4	32.0	88.2	69.3	61.1	209.8
Контейнер с разреженной атмосферой	8мес.	4	33.8	98	96.9	95.0	142.3
	20 мес.	4	32.4	97.8	95.2	93.1	120.7

Для меньшего травмирования семенного зерна в процессе его сева, семена доставлялись на поле непосредственно в контейнерах, из которых они

разгружались с помощью автомобильного подъемника прямо в посевной агрегат (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 - Загрузка сеялки СЗ-3.6 из герметичного металлического контейнера

Семена яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» после периода сезонного (8 месяцев) и длительного (20 месяцев) хранения были посеяны на опытном участке в 2019 году 10 мая, 2020 г.- 5 мая. Во время роста и развития растений проводились фенологические наблюдения в течение всего вегетационного периода [11], результаты которых представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12. Результаты фенологических наблюдений за развитием яровой пшеницы «КВС Аквилон»

Фазы роста и развития растения	Вариант хранения			
	2019 (8 месяцев)		2020 (20 месяцев)	
	Металлический силос Nuabo	Контейнер с разреженной атмосферой	Металлический силос Nuabo	Контейнер с разреженной атмосферой
Посев яровой пшеницы	10.05	10.05	5.05	5.05
Всходы	17.05	15.05	12.05	11.05
Кушение	1.06	28.05	29.05	18.05
Выход в трубку	13.06	9.06	3.06	28.05
Колошение	26.06	20.06	21.06	10.06
Цветение	1.07	25.06	3.07	15.06
Молочная спелость	18.07	4.07	14.07	23.06
Восковая спелость	27.07	17.07	24.07	14.07
Полная спелость	5.08	25.07	6.08	24.07
Вегетационный период, дней	87	76	93	80

Всходы в 2019 году с благоприятными погодными условиями на делянках «Контейнер» появились на пятый день, на остальных делянках «Силос» на 6-7 день. В 2020 году в момент прорастания семян наблюдался дефицит влаги, но несмотря на это всходы на делянках «Контейнер» появились на 5-6 день, на делянках «Силос» на 7 день.

При этом было отмечено, что на делянках засеянных семенами, прошедшими хранение в герметичном контейнере с разреженной атмосферой, всходы были развиты несколько лучше.

В фазе третьего листа проводился замер густоты стояния яровой пшеницы и ее ростков (рис. 4.13, 4.14). Результаты замеров представлены в таблице 4.13. Фаза кушения наступала через 3...7 дней от появления всходов. В этой фазе наблюдалось образование боковых побегов и удлинение листовых влагалищ. Продолжительность фазы кушения на делянках «Контейнер» составила 20-23 дня, на делянках «Силос» 27-31 день.

При этом наблюдалось нормальное развитие растения, его длина составляла 25-28 см., узел кушения залегал на глубине 1.5...2 см.



Рисунок 4.13 - Определение полевой всхожести (густоты стояния) яровой пшеницы



Рисунок 4.14 - Замер ростков яровой пшеницы «КВС Аквилон»

Таблица 4.13. Густота стояния растений

Фазы роста и развития растения	Вариант хранения семенного зерна			
	Металлический силос Huabo		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.
Густота стояния растений в период в фазе третьего листа, шт./м ²	266.0	234.8	336.4	329.6
Полевая всхожесть, %	66.5	58.7	84.1	82.4
Густота стояния растений к моменту уборки, шт./м ²	196.2	179.4	259.4	252.5
Процент сохранности растений к моменту уборки, %	73.6	76.4	77.1	76.6
Количество продуктивных стеблей, шт./ м ²	234.6	227.4	385.3	397.8
Кустистость	1.19	1.26	1.49	1.58

Фаза выхода в трубку начиналась с образования первых узлов на стебле и заканчивалась появлением колоска в трубке, её продолжительность была на всех делянках примерно одинакова и составила 10-14 дней.

Через 37...48 дней после появления всходов началась фаза колошения, а за ней фаза цветения. Способ хранения семенного зерна не оказывал существенного влияния на продолжительность этих двух фаз, которая была равна 7...9 дней.

Созревание делилось на фазы молочной, восковой и полной спелости. В ходе нашего исследования созревание длилось 30...34 дня.

Анализ полученных результатов фенологического наблюдения за развитием яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» позволил сделать заключение о том, что вариант хранения семенного зерна оказывает влияние на развитие растений в ранних фазах вегетационного периода. При этом общая продолжительность вегетационного периода у способов хранения в герметичном контейнере с разреженной атмосферой после сезонного хранения (8 месяцев) составила в 2019 году 75...77 дней, в 2020 году после сезонного хранения 77...80 дней, после длительного – 75...78 дней, что соответствовало стандартным характеристикам сорта.

Продолжительный период вегетации наблюдался на делянках с посевом семян прошедших хранение в металлическом силосе. Он составил в 2019 году

после сезонного хранения 87 дней, в 2020 году после сезонного хранения 86...90 дней, после длительного – 89...93 дня. Фактическая продолжительность вегетационного периода растений, семена которых хранились в металлическом силосе, превысил стандартные характеристики сорта яровой пшеницы «КВС Аквилон».

Анализ густоты стояния (см. таблицу 4.14) показал, что полевая всхожесть семян яровой пшеницы зависит от варианта хранения семенного зерна. Так, процент полевой всхожести семян при хранении в герметичном контейнере с разреженной атмосферой был равен при сезонном хранении 84.1...87.4%, при длительном хранении 82.4 ... 83.6%. Значительно ниже показатели полевой всхожести семян были получены после сезонного и длительного хранения в металлическом силосе 66,5% и 58,7%.

За время проведения исследований процент сохранности растений к началу уборки для исследуемых способ хранения был примерно одинаков и составлял от 73,6 до 76.8%, при этом наибольший выпад растений отмечался в ранних фазах развития растений (всходы, кущение и выход в трубку).

Также за период проведения опытов было отмечено, что на формирование колоса и его частей, оказывает влияние не только условия внешней среды (обеспечение влагой и питательными веществами, режим освещения и температурные условия), но и способ хранения семян. Количество продуктивных стеблей у растений после хранения в контейнере с регулируемой атмосферой была 385,3...402 шт./м², после хранения семян в металлическом силосе 227.4...234 шт./м².

Одним из основных компонентов урожайности зерновой культуры является продуктивность колоса, которая зависит от количества зерен в колосе, длины колоса, массы зерна [62].

Результаты исследования урожайности яровой пшеницы «КВС Аквилон» представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 Элементы структуры урожая яровой пшеницы «КВС Аквилон» в зависимости от варианта и срока хранения семенного зерна

Наименование элемента структуры урожая	Вариант хранения семенного зерна			
	Металлический силос Huabo		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.
Высота растения, см.	98.2	98.2	98.2	98.2
Длина колоса, см	10.8	10.9	12.4	12.6
Количество зерен в колосе, шт	32.6	31.8	39.2	38.0
Масса зерна в колосе, г.	1.04	1.02	1.43	1.36
Масса 1000 зерен, г.	32.9	31.4	36.6	35.9
Количество прод. стеблей на 1м ² , шт.	234.6	227.4	385.3	397.8
Бункерный урожай, ц/га	24.4	23.2	55.1	54.1
Приведённый урожай(влажность - 14% , частота - 100%), ц/га	13,8	13.2	33,2	33.0
НСР _{0,5}	0,19	0,17	0,16	0,12

Анализ таблицы показал, что наибольшая длина колоса наблюдалась у растений из семян прошедших хранение в контейнере с разреженной атмосферой. Она была равна 12.6...13.1 см. После хранения семян в металлическом силосе длина колоса была 10.8...11.8 см.

Максимальное значение массы зерна в колосе также было отмечено при контейнерном способе хранения 1.35...1.42 грамма. У растений семена, которых хранились в металлическом силосе, несмотря на низкую густоту стояния растений, масса колоса была минимальной и весила чуть более одного грамма.

Следует заметить, что урожайность яровой пшеницы это сложный биологический показатель, который зависит от погодных условий произрастания растений и в первую очередь от наличия продуктивной влаги в почве. По данным Минсельхоза РФ, в центральной зоне страны условия для произрастания яровой пшеницы в 2019...2020 году были благоприятные. В почве содержалось достаточное количество продуктивной влаги в момент посева (в метровом слое 144,8...153,4 мм) для получения дружных всходов и полноценного периода кущения. За период вегетации выпадало 205,5...273.2 мм осадков.

Средняя урожайность у растений из семян, хранившихся в герметичных контейнерах с разреженной атмосферой составила 54.1...55.1 ц/га, в металлическом силосе 23.2...24.4 ц/га.

В соответствии с полученными результатами можно сделать заключение, что хранение семенного зерна в герметичных контейнерах с разреженной атмосферой позволяет в условиях малых и средних крестьянско-фермерских хозяйств положительно влиять на фенологические показатели растений и структуру урожая.

4.3. Оценка экономической эффективности проведённых исследований

Определение экономической оценки исследуемых способов хранения семенного зерна проводилась в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

Номенклатура показателей сравнительной экономической эффективности включала в себя определение годовой экономии совокупных денежных средств разработанного способа хранения в сравнении с базовым способом, снижение себестоимости выполнения работ, определение срока окупаемости капиталовложений, снижение трудоёмкости выполнения работ (потребности в обслуживающем персонале) и снижение потребности в моторном топливе и электроэнергии.

В качестве базового способа был выбран существующий способ хранения зерна в металлическом силосе объёмом 10 м³ фирмы HuaboMode № 18 – 00603 имеющий наиболее близкие технические характеристики и показатели условий хранения семенного зерна к показателям герметичного металлического контейнера с разреженной атмосферой.

Экономия совокупных денежных средств \mathcal{E}_2 на годовой фактический объём работ выполняемых при новом и базовом варианте хранения семенного зерна вычислялась по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{Z}_{сов.i}^p - \mathcal{Z}_{сов.i}^b \quad (4.2)$$

где $\mathcal{Z}_{сов.i}^p$ $\mathcal{Z}_{сов.i}^b$ - совокупные затраты денежных средств в расчёте на годовой фактический объём работ выполняемых при новом и базовом способе хранения семенного зерна, руб.

Совокупные затраты денежных средств на выполнение работ по хранению семенного зерна $\mathcal{Z}_{сов.}$, вычислялась по формуле:

$$\mathcal{Z}_{сов.} = \mathcal{Z}_{экс.} + I_{ном} + I_{сем.}, \quad (4.3)$$

где $\mathcal{Z}_{экс.}$ - прямые эксплуатационные затраты денежных средств на хранение семенного зерна, руб;

$I_{ном}$ - издержки денежных средств от потерь качества семенного зерна в процессе его хранения, руб;

$I_{сем.}$ - издержки денежных средств от нерационального использования семенного зерна, руб.

Прямые эксплуатационные затраты складываются из затрат денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала $\mathcal{Z}_{ом}$, на оплату горюче-смазочных материалов и электроэнергию $\mathcal{Z}_{эсм}$, затраты на ремонт и техническое обслуживание зданий и оборудования, амортизационные отчисления A и издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы $Iв.м.$

Затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала определялись по формуле:

$$\mathcal{Z}_{ом} = \sum \lambda_k \cdot \tau_k \cdot T_k \cdot K_z, \quad (4.4)$$

где λ_k - количество обслуживающего персонала k -й квалификации, чел;

τ_k – часовая ставка оплаты труда обслуживающего персонала k -й квалификации, руб/чел·час;

T_k – время выполнения работы обслуживающим персоналом k -й квалификации, час;

K_3 – коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, $K_3 = 1,3$ [94] .

Затраты денежных средств на оплату горюче-смазочных материалов (электроэнергию) вычислялась по формуле:

$$Z_{гсм} = g_{гсм} \cdot T_m \cdot Ц \cdot K_{см} \quad (4.5)$$

где $g_{гсм}$ - часовой расход топлива (электроэнергии) машин и механизмов, л/час (кВт/час);

T_m - время работы машин и механизмов, час;

$Ц$ – цена моторного топлива (электроэнергии), руб/л (руб/кВт·час)

$K_{см}$ – коэффициент учета цены смазочных материалов, $K_{см} = 1,1$ [32].

Затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание J -ой машины (оборудования) устанавливались из выражения:

$$Z_{pj} = B_{ij} \cdot K_{pj} \cdot 0,01 T_{ij} \quad (4.6)$$

где B_{ij} – балансовая стоимость j -й машины (оборудования) занятой в процессе i -ого способа хранения семенного зерна, руб;

T_{ij} – фактическое время работы j -й машины (оборудования) занятой в процессе i -ого способа хранения семенного зерна, ч.

K_{pj} -коэффициент, учитывающий отчисления на ремонт и техническое обслуживание j -й машины на 100 ч работы, 1/ч.

Амортизационные отчисления определялись из выражений:

а) для капитальных строений

$$A_{ci} = B_{cij} \cdot K_A \cdot K_S, \quad (4.7)$$

где B_{cij} – балансовая стоимость j -ого капитального сооружения, руб;

K_A – коэффициент амортизационного отчисления j -ого капитального сооружения;

K_S – коэффициент использования сооружения, определяется из выражения:

$$K_S = \frac{f}{F}, \quad (4.8)$$

где f – используемая площадь (объем) капитального сооружения, m^2 (m^3);

F – полезная площадь (объем) капитального сооружения, m^2 , (m^3);

б) для машин и оборудования:

$$A_{mi} = B_{ij} \cdot R_\phi / R_i \quad (4.9)$$

где R_ϕ – фактическое время работы машины оборудования, ч.

R_i – амортизационный ресурс машины, ч.

Балансовая стоимость (себестоимость) нового самостоятельно изготовленного оборудования складывается из затрат на оплату труда работникам с учетом отчислений на социальные нужды, затрат на материалы и амортизацию используемого оборудования, затрат на покупку комплектующих изделий и затрат на электроэнергию.

Дополнительные капиталовложения на организацию хранения семенного зерна разработанным способом K^P вычислялся по формуле:

$$K^P = n \cdot B^P \quad (4.10)$$

где B^P – себестоимость изготовления герметичного контейнера с регулируемой атмосферой, руб;

n – количество герметичных контейнеров с регулируемой воздушной средой используемых для хранения семенного зерна, шт.

Результаты расчета себестоимости герметичных контейнеров с разреженной атмосферой используемых в ходе натурных испытаний представлены в таблице 4.15.

Таблица. 4.15. Структура себестоимости изготовления герметичных контейнеров с регулируемой атмосферой

Наименование показателя	Количество, шт.	Единица измерения	Затраты
Затраты на оплату труда с учетом отчислений на социальные нужды	-	Руб.	2454
Затраты на материалы и амортизацию используемого оборудования	-	Руб.	3070
Затраты на комплектующие изделия		Руб.	11892
В том числе:			
Вакуумный насос с датчиком давления газа VluеVE115N	1	Руб.	450
Электромагнитный клапан СК-11-15	1	Руб.	970
Вакуумметр МТП 1М	1	Руб.	810
Регистратор контроля влажности и температуры воздуха DT-171	1	Руб.	230
Датчик контроля содержания кислорода в воздухе ME-O ₂ -Ф20	2	Руб.	5900
Электронный блок управления	1	Руб.	458
	1	Руб.	3074
Затраты на электроэнергию	-	Руб.	420
Себестоимость изготовления одного герметичного контейнера с регулируемой воздушной средой	-	Руб.	17458
Количество изготовленных герметичных контейнеров	10	Шт.	17458
Дополнительные капиталовложения		Руб.	174580

Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы в процессе i -го способа хранения семенного зерна (мешки, шпагат, пленка и др.) вычислялись по формуле:

$$I_{в.м.i} = \sum q_{fi} \cdot C_{в.м.f} \quad (4.11)$$

где q_{fi} – расход f -го вспомогательного технологического материала в процессе i -ого способа хранения семенного зерна, шт.;

$C_{в.м.f}$ – цена единицы f -го вспомогательного технологического материала, руб/шт.

Издержки денежных средств от потерь (снижения качества) семенного зерна складывается из убытка от естественных потерь зерна при i -ом способе, его хранения и потерь от снижения посевного качества семян и вычислялась по формуле:

$$I_{ni} = (m_{ci1} - m_{ci2}) C_{cin1} + m_{ci2} (C_{cin1} - C_{cin2}) \quad (4.12)$$

где m_{i1}, m_{ci2} – соответственно масса семенного зерна по приходу и расходу при i -ым способе его хранения, тонн;

$C_{c in1}, C_{c in2}$ – соответственно рыночная цена семенного зерна n – категории по приходу и расходу его при i -ом способе хранения, руб./тонн.

Издержки денежных средств от нерационального использования семенного материала $I_{н.i}$ в процессе i -ого способа хранения связаны с потерей полевой всхожести зерна и определялись по формуле:

$$I_{н.i} = m_{ci2} (1 - W_{всх}) C_{cin1} \quad (4.13)$$

где $W_{всх}$ – полевая всхожесть семян.

Затраты на организацию хранения семенного зерна при новом и базовом способам хранения семенного зерна устанавливались в ходе хронометрических наблюдений при проведении натурных исследований и анализа бухгалтерской документации. Результаты хронометража работ по хранению семенного зерна и анализа бухгалтерских документов за период проведения исследований представлен в приложении № 5.

Результаты расчета экономических показателей по отдельным видам работ выполняемых при базовом и новом варианте хранения семенного зерна представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 Результаты расчета экономических показателей

№ п/п	Показатель	Металлический силос фирмы Nuabo	Контейнер с разреженной атмосферой
1	Прямые эксплуатационные затраты денежных средств на хранение семенного зерна, тыс. руб	61.39	37.13
1.1	Затраты на оплату труда обслуживающего персонала с учетом отчислений на социальные нужды, тыс. руб	22.09	6.6
1.2.	Сумма амортизационных отчислений, тыс. руб	24.39	22.33
1.3.	Расходы на ремонт и техническое обслуживание машин и оборудования, тыс. руб	6.09	5.58
1.4.	Расходы на ГСМ, тыс. руб	1.8	1.7
1.5	Расходы на электроэнергию, тыс. руб	7.02	0,4
1.6	Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы, тыс. руб	-	0.52
2	Издержки денежных средств от потерь качества семенного зерна, тыс. руб	40.32	2.5
3	Издержки денежных средств от нерационального использования семенного зерна, тыс. руб	64.9	32.18
<i>Всего:</i>	Совокупные затраты денежных средств (себестоимость выполнения работ), тыс. руб	166.61	71.81
	Количество заложенного на хранение зерна, тонн	10	10
	Приведённые затраты на хранение зерна, тыс. руб. / тонн	16.66	7.18

Годовая экономия совокупных денежных затрат $\mathcal{E}_{z\text{ np}}$ от внедрения в эксплуатацию нового способа хранения на одну тонну семенного зерна вычислялась по формуле:

$$\mathcal{E}_{z\text{ np}} = (Z_{\text{сов.и}}^p / W^p) - (Z_{\text{сов.и}}^b / W^b) \quad (4.14)$$

где W^p и W^b – годовой фактический объем семенного зерна хранящегося по новому и базовому способу хранения, тонн.

$$\mathcal{E}_{z\text{ np}} = (168.22 / 10) - (70.29 / 10) = 9.793 \text{ тыс.руб./тонн}$$

Дополнительные капиталовложения на организацию хранения семенного зерна разработанным способом K^P вычислялся по формуле:

$$K^P = n \cdot B^P \quad (4.15)$$

где B^P – себестоимость изготовления герметичного контейнера с регулируемой воздушной средой, руб;

n – необходимое количество контейнеров с регулируемой воздушной средой используемых для хранения семенного зерна, шт.

Себестоимость изготовления герметичного контейнера с регулируемой воздушной средой включала в себя денежные затраты на приобретение материалов и комплектующих для изготовления контейнера, оплату труда работников с учетом отчислений на социальные нужды и затрат на электроэнергию [103].

Результаты расчета дополнительных капиталовложений на изготовления герметичных контейнеров представлены в таблице 5.2

Снижение себестоимости выполнения работ при хранении семенного зерна новым способом хранения по сравнению с базовым m_c вычислялась по формуле:

$$m_c = [(Z_{сов.i}^6 - Z_{сов.i}^P) / Z_{сов.i}^6] \cdot 100\% \quad (4.16)$$

и составило $m_c = [(16,82 - 7,03) / 16,8] \cdot 100\% = 58,2\%$

Срок окупаемости капиталовложений необходимых для внедрения нового способа хранения S вычислялся по формуле:

$$S = K^P / (Z_{сов.i}^6 - Z_{сов.i}^P) \quad (4.17),$$

и будет равен

$$S = 166610 / (166610 - 71810) = 1.76 \text{ года.}$$

Снижение трудоёмкости выполнения годового условного объёма работ при внедрении нового способа хранения семенного зерна m_m определялся из выражения:

$$m_m = 100\% \cdot (T^6 - T^P) / T^6 \quad (4.18)$$

где $T^{\bar{b}}$, T^p - годовая трудоёмкость выполнения годового условного объёма работ выполняемых при базовом и новом способе хранения семенного зерна, чел·час.

В нашем случае снижение трудоёмкости выполнения работ по сезонному хранению семян яровой пшеницы составит

$$m_m = 100\% \cdot (119 - 47.8) / 119 = 59.8 \%$$

Снижение потребности в горюче-смазочных материалах (электроэнергии) для выполнения годового условного объёма работ $m_{гсм}$ ($m_{э}$) вычислялась из выражения:

$$m_{гсм} = 100\% \cdot (Q_{гсм}^{\bar{b}} - Q_{гсм}^p) / Q_{гсм}^{\bar{b}} \quad (4.16)$$

где $Q_{гсм}^{\bar{b}}$, $Q_{гсм}^p$ - годовая потребность в ГСМ (электроэнергии) на условный объём работ выполняемых при базовом и новом способе хранения семенного зерна, л (кВт).

Снижение потребности в горюче-смазочных материалах будет равно

$$m_{гсм} = 100\% \cdot (1.8 - 1.7) / 1.8 = 5.5 \%$$

Снижение потребности в электроэнергии

$$m_{эл.} = 100\% \cdot (7.02 - 0.4) / 7.02 = 96.9 \%$$

Результаты расчетов экономической оценки технологии хранения семенного зерна, в герметичном контейнере с разреженной атмосферой по экономическому признаку для сезонного хранения семян яровой пшеницы представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17. Показатели сравнительной экономической эффективности хранения семенного зерна в герметичном контейнере с разреженной атмосферой

Наименование показателя	Контейнер с разреженной атмосферой
Годовая экономия совокупных затрат, тыс. руб./т.	9.48
Снижение себестоимости выполнения работы, %	58,2
Срок окупаемости капиталовложений, лет	1.76
Снижение трудоёмкости выполнения работ, %	59.8
Снижение потребности в моторном топливе, %	5.5
Снижение потребности в электроэнергии, %	96.9

Таким образом, на основе проведенных расчетов можно сделать заключение, что применение герметичного контейнера с разреженной атмосферой позволит снизить себестоимость работ по сезонному хранению семенного зерна на 58,25%, получив при этом прибыль 9480 рублей на тоннусамян, срок окупаемости сделанных капиталовложений составит 1,76 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы и современного производственного опыта было установлено, что применение металлических силосов для хранения семенного зерна находит широкое применение. Вместе с тем данный способ имеет ряд существенных недостатков, а именно сложную энергозатратную систему активной вентиляции; возможность накопления углекислого газа в придонном слое силоса и переходу зерна, находящегося в этом слое на анаэробное дыхание; затруднена борьба с насекомыми-вредителями; низкий уровень автоматизации условий хранения семян.

2. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что возможно хранение семенного зерна в герметичных контейнерах с разреженной воздушной средой. При этом, способ хранения должен иметь следующие технологические параметры: влажность зерна не выше 15,2%, предельное содержания кислорода в воздушной среде внутри контейнера не ниже 14%, давление воздушной смеси в рабочем объеме контейнера 66 кПа. Для поддержания аэробного дыхания семян, находящихся на хранении в контейнере с разреженной атмосферой, проводится принудительная аэрация зерновой насыпи с целью замены отработанной воздушной смеси с содержанием кислорода ниже 14% на свежий наружный воздух.

3. Даже после длительного хранения (20 месяцев) элитные семена яровой пшеницы категории РС-3 в контейнере с разреженной атмосферой сохраняли свои посевные качества (чистота семян 97,9%, влажность 13,5%, лабораторная всхожесть 95,2%, масса 1000 семян 37 грамм, зараженность болезнями 0,1%, насекомыми 2,8 шт/кг, посторонние запахи отсутствуют), при этом естественная убыль зерна за время хранения не превышала нормы, установленной Приказом Минсельхоза РФ от 14.01.2009 N 3 (ред. от 02.07.2009) "Об утверждении норм естественной убыли зерна, продуктов его переработки и семян различных культур при хранении"

4. Анализ морфологических свойств растения показал, что оно развивалось, особенно в начальных стадиях развития, более интенсивно, что позволило получить приведенный урожай в размере 33 ц/га, тогда как урожай из семян, хранившихся по стандартной технологии, был равен 13,2 ц/га.

5. Себестоимость работ по сезонному хранению семенного зерна в контейнере снизилась на 58,25% за счет сокращения издержек на потерю качества семян. Полученная при этом прибыль составила 9480 рублей на тонну семян, срок окупаемости сделанных капиталовложений равен 1,76 года.

Рекомендации производству

Способ хранения семенного зерна в разреженной атмосфере для применения в АПК (Патент на изобретение № 2689732 РФ, Патент на изобретение № 2713802 РФ)

Перспектива дальнейшей разработки темы

Перспективой дальнейшей разработки темы являются исследования, связанные с более глубоким изучением термодинамических процессов, протекающих в зерновой насыпи в результате изменения температуры окружающей среды для предупреждения возможного образования конденсата влаги внутри герметичного контейнера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В.И. Филатов [и др]. - М.: Колос, 1999. - 724с.
2. Баскаков, И.В. Влияние озонной обработки на вредителей зерна / И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Вып. 3 (62). – С. 41-46.
3. Баскаков И.В. и др. Исследования процесса озонирования при вентилировании зерна / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, В.А. Гулевский, Р.Н. Карпенко // Аграрный научный журнал № 2 2019 г. С. 66 – 72.
4. Баскаков И.В. Озонирование семенного материала – резерв повышения урожайности зерновых культур / И.В. Баскаков и др. Материалы международной научно практической конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 10 января 2017 г.). – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. С. 10-17.
5. Баум А.Е. Сушка зерна / А.Е. Баум, В. А. Резчиков .-М.: Колос, 1983. -223с.
6. Беденко В.П. Основы продукционного процесса растений / В.П. Беденко, В.В. Коломейченко. – Орел, 2003. – 260 с.
7. Белов В.В. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие / В.В. Белов [и др]. - Тверь: ТвГТУ, 2015. - 108 с.
8. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна / Г. Боуманс – М.: Агропромиздат, 1991. – 607 с
9. Бровенко В.И. Хранение и вентилирование зерна пшеницы в металлических силосах с аэрожелобами закрытого типа: дис. канд. техн. наук: 05.18.03 / Бровенко В. И. - М., 1984.-228с.

10. Бровенко В.И. Изменение качества зерна пшеницы при хранении в металлических силосах / В.И. Бровенко, А.З. Белоконь, Г.Г. Джумагулова // Труды ВНИИЗ. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. 1983. Вып. 101 – С.7 – 12.
11. Бурдакова Г.И. Нормирование времени выполнения производственной операции методом хронометража: учебное пособие / Г.И. Бурдакова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 24 с.
12. Васюкова А.Т. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров / А.Т. Васюкова, А.Д. Дмитриев. - СПб.: Изд. Лань, 2020. -236 с.
13. Вобликов Е.М. Технология элеваторной промышленности./Е.М. Вобликов - Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 384 с.
14. Вобликов Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности : учеб. пособие / Е.М. Вобликов. СПб.: Изд. Лань, 2005. – 208с.
15. Войсковой А.И. Хранение и оценка качества зерна и семян : учеб. пособие / А.И. Войсковой, А.Е. Зубков, О.А. Гурская. Ставрополь: Изд. АГРУС, 2008. – 148с.
16. . Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. Дополнение 1, СанПиН 2.3.2.1153-02.
17. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. Дополнения и изменения № 2, СанПиН 2.3.2.1280-03.
18. Головки Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты) / Т.К. Головки. – СПб.: Наука, 1999. – 204 с.
19. ГОСТ 3956 – 76 Силикагель технический. Технические условия [Электронный ресурс].- ИПК Издательство стандартов, 2008 – 11 с. Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts>
20. ГОСТ 10967-2019 Зерно. Методы определения запаха и цвета. [Электронный ресурс].- М. : Стандартинформ, 2019.- 9с. – Режим доступа [protect/gost.ru/67/060/gost](https://protect.gost.ru/67/060/gost).

21. ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). [Электронный ресурс].- М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts>
22. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. [Электронный ресурс].- М. : Стандартиформ, 2011.-64с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/12883>.
23. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. [Электронный ресурс].- М. : Стандартиформ, 2011.-55с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/9720>
24. ГОСТ 13586.3-2015 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. [Электронный ресурс] - М.: Стандартиформ, 2016.-12с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/60669>.
25. ГОСТ 13586.5-2015 Зерно. Метод определения влажности [Электронный ресурс]. – М.: Стандартиформ, 2016.- 6 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/18906>.
26. ГОСТ 13586.6-2015 Зерно Метод определения зараженности вредителями [Электронный ресурс]. М: Стандартиформ, 2016.- 9 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/9870>.
27. ГОСТ 22617.2 -94 Семена сельскохозяйственных растений . Сортовые посевные качества. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. Минск: Стандартиформ, 2009.- 6 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/9457>
28. ГОСТ 28666.1-90 (ИСО 6639/1-86) Зерновые и бобовые. Определение скрытой зараженности насекомыми. Часть 1. Общие положения. [Электронный ресурс]. М.: Издательство стандартов, 1990.- 6 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/10935>
29. ГОСТ 28666.3-90 (ИСО 6639/3-86) Зерновые и бобовые. Определение скрытой зараженности насекомыми. Часть 3. Контрольный метод. [Электронный ресурс]. М.: Издательство стандартов, 1990.- 22 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/28290>

30. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы поврежденных клопом –черепашкой; содержания металломагнитной примеси [Электронный ресурс].- Минск : Стандартиформ, 2009.-19с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/27696>.
31. ГОСТ 34393 2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Электронный ресурс].- М. : Стандартиформ, 2018.-12с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/70500>.
32. ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические требования (с Поправкой) [Электронный ресурс]. М.: Стандартиформ, 2009.- 21 с. – Режим доступа <https://internet-law.ru/gosts/gost/4709>.
33. Дринча В., Цыдендоржиев Б. Резервы снижения потерь зерна при хранении / В. Дринча, Б. Цыдендоржиев // Комбикорма. – 2010. – №7. – С. 59–60.
34. Доспехов Б.А. Методика проведения полевого опыта: учеб. пособие / Б.А. Доспехов – М.: Колос, 1999. – 352 с.
35. Закладной Г. А. Комплекс для сохранения зерна в хозяйстве // Защита и карантин растений. – 2014. – № 10 – С. 43.
36. Закладной Г.А. Комплекс для сохранения зерна в металлических силосах/ Закладной Г.А. // Хлебопродукты. - 2014. - №8. - с.40-41.
37. Закладной Г.А. Сколько зерна пшеницы кушают насекомые / Г.А. Закладной // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2017 – № 8 (8). – С. 160–166.
38. Закладной Г.А., Ратанова В.Ф. Вредители хлебных запасов и меры борьбы с ними. – М.: Колос, 1973. – 287 с.
39. Закладной Г.А. Защита зерна от вредителей при хранении /Г.А. Закладной // Современный фермер. – 2017. - №1-2. – С.27-29.
40. Захарова Н.Н. Урожайные свойства семян яровой мягкой пшеницы [Электронный ресурс] / Н.Н. Захаров // Концепт: научно- методический журнал. – 2013.- Том3.- С.521-525. – Режим доступа <http://e-koncept.ru/2013/53106.htm>.

41. Защита зерновых культур от болезней: монография / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева. – Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017 – 172 с.
42. Ивашкин А.В. Контейнерный способ хранения семенного зерна в малых фермерских хозяйствах / А.В. Иванкин, М.Б. Латышенок, Н.М. Латышенок. // Материалы 69-ой международной научно-практической конференции РГАТУ.- Рязань, 2018. – С. 58-62.
43. Инструкция о порядке приёмки, размещения, обработки и хранения семян. – М.: ВНПО «Зернопродукт», 1992. – 106 с.
44. Исаченко В.П. Теплопередача : учеб. пособие / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416с.
45. Инструкция о порядке приёмки, размещения, обработки и хранения семян. - М.: ВНПО «Зернопродукт», 1992. - 106 с.
46. Казаков Е.Д. Биохимия дефектного зерна и пути его использования : учеб. пособие / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. - М.: Колос,1980.-319 с.
47. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учеб. пособие / Е.Д. Казаков , В.Л. Кретович. - М.: Колос,1979.-152 с.
48. Карпов Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна: учеб. пособие /Б.А. Карпов. - М.: Агропромиздат, 1987.-288 с.
49. Качество зерна и его хранение. [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.grandars.ru/college/tovarovedenie/kachestvo-zerna.html>.
50. Кожарова Л.С. Основы комбикормового производства/ Л.С. Кожарова. – М.: Пищепромиздат, 2004.- 287 с.
51. Комышник Л.Д. Эксплуатация рециркуляционных зерносушилок/Л. Д. Комышник, А.П. Журавлев, Н.Г. Ривёра.-М.: Агропромиздат, 1986.-232 с.
52. Кох П.И. Климат и надёжность машин/ П.И. Кох. – М.: Машиностроение, 1981 - 175 с.
52. Кретович В.Л. Биохимия растений.М.: Высш. шк. , 1986. — 503 с. Учеб. — 2-е изд., перераб. и доп.

53. Кузьмин И.И. Заготовки, обработка и реализация семян / И.И. Кузьмин и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.
54. Курдина В.И. Практикум по технологии хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов : учеб. пособие / В.И. Курдина, Н.М. Личко - М.: Колос, 1992. – 176 с.
55. Кухлинг Х. Справочник по физике: учеб.пособие/ Х. Кухлинг. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 520 с.
56. Луканин В.Н. Теплотехника : учеб. пособие /В.Н. Луканин [и др]. – М.: Высшая Школа, 1999. – 671 с.
57. Латышенко М.Б. Лабораторные исследования сохранности семенного зерна в контейнере с разреженной атмосферой /М.Б. Латышенко, Н.М. Латышенко, А.В. Ивашкин // Вестник РГАТУ №3 – Рязань, 2018. –С.98 – 101.
58. Латышенко М.Б. Результаты исследований жизнеспособности насекомых-вредителей в период хранения зерна в контейнере с разреженной атмосферой / М.Б. Латышенко, Н.М. Латышенко, М.Ю. Костенко, А.В. Ивашкин // Вестник РГАТУ №1 – 2019. – С.119-124.
59. Латышенко М.Б. Особенности вентиляции зерновой насыпи, находящейся на хранении в герметичном силосе с регулируемой воздушной средой/ М.Б. Латышенко, Н.М. Латышенко, А.В. Ивашкин // Наука в центральной России №3(45) – 2020. – С.40-46.
60. Латышенко Н.М. Особенности хранения семенного зерна в герметичных контейнерах с регулируемой воздушной средой / Н.М. Латышенко, М.Б. Латышенко, В.А. Макаров, А.В. Ивашкин // Материалы 70-й Международной научно-практической конференции «Вклад университетской аграрной науки в инновационное развитие агропромышленного комплекса», 2019.- С.229-233.
61. Лебедев В.В. Обработка и хранение семян / В.В. Лебедев [и др]. - М.: Колос, 1983.- 203 с.
62. Личко Н.М. Стандартизация и подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции/Н.М. Личко - М.: ДеЛи плюс, 2013.- 512с.

63. Маевская С.Л. Количественно-качественный учет зерна и зернопродуктов / С.Л. Маевская, О.А. Лабутина. – М.: ДеЛи принт, 2003 -296 с.
64. Малин Н.И. Справочник по сушке зерна / Н.И. Малин - М.: Агропромиздат, 1986.-159 с.
65. Манжесов В.И., Попов И.А., Щедрин Д.С. Технология хранения растениеводческой продукции: учебное пособие / В.И. Манжесов, И.А. Попов, Д.С. Щедрин. - Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. - 249 с.
66. Мачихина Л.И. Научный анализ хранения зерна в металлических силосах/Мачихина Л.И., Ушаков Т.И., Львова Л.С. – Хлебопродукты №9 – 2012.- С 54-59.
67. Мачихина, Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка) / Л.И. Мачихина, Л.В. Алексеева, Л.С. Львова. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 382 с.
68. Мельник Б.Е. Справочник по активному вентилированию зерна / Б.Е. Мельник, Н.И. Малик. – М.: Колос, 1980. – 175 с.
69. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, Р.В. Аликин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. - 168 с.
70. Методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий по производству комбикормов РД-АПК 1.10.17.01-15. – М: 2015 г.
71. Механизм самосогревания зерна при хранении / [Электронный ресурс]. // Научные статьи Агро Промэкс. – Режим доступа [agropromex. ru](http://agropromex.ru).
72. Минаков И.А. Экономика отраслей АПК / И.А. Минаков. М.: КолосС, 2004. – 464 с.
73. Обработка и хранение зерна / [А. Акманн, В. Берндт, В. Эккс и др.]; Пер. с нем. А. М. Мазурицкого. - М. : Агропромиздат, 1985. - 320 с.
74. Озонирование семенного материала – резерв повышения урожайности зерновых культур / И.В. Баскаков [и др.] // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук,

заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 10 января 2017 г.). – Ч. II. – Воронеж, 2017. – С. 10-16.

75. Падалка Л.А. Учебное пособие для практических занятий по технологии хранения зерна на элеваторах : учеб. пособие / Л.А. Падалка, А.А. Браилко. – Ставрополь : Изд. СтГАУ, 2006. – 107 с.

76. Пат. РФ №2679053, МПК А01F25/14 Способ хранения зерна в емкости в регулируемой газовой среде и устройство для его осуществления / А.В. Ивашкин, М.Б. Латышенко, В.И. Биленко, Е.Н. Рудомин, М.И. Голубенко.- 2017145432; заявлено 22.12.2017; опуб. 05.02.2019. Бюл. №4. -17 с.

77. Пат. РФ № 2689732, МПК А01F25/14 Устройство для хранения зерна в регулируемой газовой среде и способ его осуществления / М.Б. Латышенко, А.В. Ивашкин, В.А. Биленко, Е.Н. Рудомин, М.И. Голубенко. – 2018113368; заявлено 12.04.2018; опуб 28.05. 2019. Бюл.№16

78. Пат. РФ № 2713802, МПК А01F25/14 Устройство хранения зерна в регулируемой воздушной среде и способ его осуществления/ М.Б. Латышенко, А.В. Ивашкин, Н.М. Латышенко, В.И. Биленко, М.И. Голубенко.- 2019112936; заявлено 26.04.2019; опуб. 07.02.2020. Бюл. №4. -16 с.

79. Приказ Минсельхоза РФ от 14.01.2009 N 3 (ред. от 02.07.2009) "Об утверждении норм естественной убыли зерна, продуктов его переработки и семян различных культур при хранении" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 16.02.2009 N 13359).

80. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций «Food and Agriculture Organization» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/home/ru/> (дата обращения: 12.02.2019).

81. Посыпанов Г.С. Растениеводство : учеб. пособие / Г.С. Посыпанов [и др]. - М.: КолосС, 2006. - 612 с.

82. Ревякин Е.Л. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбикормовых предприятий / Ревякин Е.Л., Пахомов В.И. – М.: ФГНУ Росинформагротех : 2007. – 127 с.
83. Резуев, С.Б. Металлические силосы для хранения зерна: мифы и реальность / С.Б. Резуев, И.В. Бакаев // Хранение и переработка зерна. – 2011. – № 7. – С. 34–41.
84. Семин О.А. Стандартизация и управление качеством продовольственных товаров / О.А.Семин. – М.: Экономика, 1979. – 151 с.
85. Симбирский В.А. и др. Справочник по заготовкам и качеству зерна / В.А. Симбирский [и др] - М.: Агропромиздат, 1985,- 336 с.
86. Синдяев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. пособие / Н.И. Синдяев. – М.: Изд. Юрайт, 2012. – 399 с.
87. Скрябин В.А. Влияние отрицательных температур на семенные достоинства пшеницы / В.А. Скрябин //Хлебопродукты. - 2006. - № 5. - С. 52 - 53.
88. Скрябин В.А. Применение нанопрепарата вистума для максимального сохранения посевных качеств семян яровой пшеницы в условиях Сибири пшеницы / В.А. Скрябин, В.П. Сухарева, Е.А. Орлова, Ю.М. Юхин. //Хлебопродукты. - 2017. - № 8. - С.41- 43.
89. СНиП II-3-79* Строительная теплотехника (с изменениями № 1-4) /Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
90. Сорочинский В.Ф. Изменения температуры пристенного слоя зерна в металлических элеваторах / В.Ф. Сорочинский // Хранение и переработка сельхозсырья. -2016-№4 С.13-16.
91. Соседов Н.И. Действие минусовых температур на семена пшеницы различной влажности / Н.И. Соседов, З.М. Калошина, А.П Ордин. // М.: ВНИИЗ, Сообщения и рефераты. 1961.С. 137 – 146.
92. СТО 59705183-001-207 Конструкции тепловой изоляции для оборудования и трубопроводов с применением теплоизоляционных полиэтиленовых изделий «Энерофлекс» Проектирование и монтаж /-М.: ОАО ЦПП, 2008.- 62с.

93. Стариков М.Ю. Анализ металлических оцинкованных силосов коммерческого типа / М.Ю. Стариков // Хранение и переработка зерна. – 2011. – №1. – С. 31–34.
94. Ступин А.С. Основы семеноведения/А.С. Ступин. – СПб.: Лань, 2014.- 384 с.
95. Теленгатор М.А. Обработка и хранение семян / М.А. Теленгатор, В.С. Уколов, И.И. Кузьмин. - М.: Колос, 1980.-272 с.
96. Трисвятский Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский. - М., «Колос», 1975 - 380с.
97. Трисвятский Л.А Хранение зерна/ Л.А. Издательство: М.: Агропромиздат / 1985 - 5-е изд., перераб. и доп. 351 с., ил.
98. Трисвятский, Л. А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов: [По агр. и экон. спец.] / Л. А. Трисвятский, Б. В. Лесик, В. Н. Курдина; Под ред. Л. А. Трисвятского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1983. - 383 с.
99. Трисвятский Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.
- 100.Уколов В.С. Тепловой режим зерновой насыпи при хранении в силосах элеваторов / В.С. Уколов, В.С. Сергунов // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. – 1970. - №12. - С. 15-18.
101. Фадеев, Л. В. Зерно - живое существо. Не бей его! /Л .В. Фадеев// Хлебопродукты. - 2014. - № 9. -С. 42.
102. Факторы и условия развития семеноводства сельскохозяйственных растений в Российской Федерации/А.Н. Березкин [и др].. – М.:РГАУ-МСХА, 2006.-302с.
103. Федеральный закон «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 1 апреля 2020 г. № 102-ФЗ [Электронный ресурс].- Режим доступа : <http://base.garant.ru>
104. Федеральный закон «О семеноводстве» от 17 декабря 1997 г. № 149-ФЗ (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс].- Режим доступа : <http://base.garant.ru>

105. Филатов В.И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства/ В.И. Филатов [и др]. - М.: Колос, 1999. - 724с.
106. Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины : учеб. пособие / В. М. Халанский, И.В. Горбачев - М.: КолосС, 2003. - 624 с.
107. Хранение зерна и зерновых продуктов / Пер. с англ. В. И. Дашевского, Г. А. Закладного; Предисл. Л. А. Трисвятского. — М.: Колос, 1978. — 472 с.
108. Хранение зерна и продуктов его переработки: методические рекомендации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (разраб.: Л.И. Мачихина и др.) М.: Росинформагротех, 2006.- 99 с.
109. Ченцова Л.И. Процессы и аппараты пищевых производств. Тепловые процессы: Учеб. пособие/ Л.И. Черцова, М.К. Шайхутдинова, Т.В. Борисова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2004. – 112 с.
110. Чубарева М.В. Обоснование режимов активного вентилирования в процессе сушки хлебной массы ячменя в условиях Восточной Сибири: дис. канд. тех. наук : 05.20.01 / Чубарева Мария Владимировна.- Новосибирск ,2003.-151с.
111. Amcost, 2006. Technologies to reduce post-harvest food loss. The African Ministerial Council on Science and Technology (AMCOST) of the African Union (AU), Pretoria, South Africa <http://www.nepadst.org//platforms/foodloss.shtml> [5] C. O. .Anyim, (1991).
112. Benavides, C. Design of grain handling and storage facilities for tropical countries / C. Benavides, Don Sup Chung // Food and feed Grain Institute. – Manhattan, 1989.
113. Flinna, P.W. Simulation model of *Rhizopertha dominica* population dynamics in concrete grain bins / P.W. Flinna, D.W. Hagstruma, C. Reed, T.W. Phillips. // Journal of Stored Products Research. – 2004. – №40. – С. 39-45.
114. Mills, J.T. Spoilage and heating of stored agricultural products, prevention, detection / J.T. Mills // Research Station, Winnipeg. – 1989.
115. Food and Agricultural Organization (FAO) (2010). Technical Cooperation Programme Assistance to strategic Grain Reserve Scheme in Nigeria. Terminal

Statement Prepared for the Government of Nigeria Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 1 – 12.

116. S. A. Adesuyi, (1997). Preservation of Grains in the Tropics with Special Reference to Nigeria. *Applied Tropical Agriculture* (2): pp 50 –56. Federal University of Technology, Akure, Nigeria

117. S. D Agboola,. (1992). Technologies for Small-Scale Storage of Grains in Nigeria. In Proceeding of the 3rd CODRI Seminar on Food Storage Processing and Utilization CODRI Occasional Paper 1: pp 22-23

118. Factors Associated with the Choice of Storage Practices for Maize in Selected Villages in Southwestern Nigeria. *Journal of Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 27(1): pp 29-33

119. Adejumo B. A, and Raji, A. O (2007). Technical Appraisal of Grain Storage Systems in the Nigerian Sudan Savannah. *Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal*. 11(9), 2007

120. J. B. Alabi, (2001). Comparative Study of the Effects of Different Construction Material on the Performance of Grain Silos Erected in Minna. Unpublished Thesis. M. Eng Thesis. Department of Agricultural Engineering, Federal University of Technology, Minna Nigeria. pp. 15-29.

121. A. E Talabi. (1996). Implementation of National Food Security Programme: Experience So Far. In Proceedings of the National Workshop on Strategic Grains Reserve Storage Programme. Federal Ministry of Agriculture, Abuja. 26th – 28th July. 1996

122. B. A Oyewole,. and Oloko, S A (2006). Agricultural and Food Losses in Nigeria – the Way Out. *Proceedings of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers* (25): pp 135 – 143

123. A. Hind,., Marsh, P. A. and Trother, B. (2000). Development in Grain Storage for Food Security in Developing World Agriculture. Governor Press International. Available on: [http:// www.osh.govt.nz/order/catalogue/archive](http://www.osh.govt.nz/order/catalogue/archive). Retrieved on March, 2013.

124. J. A. Osunade, (1991). Design of Storage Systems I. Technical Paper Presented at a Workshop on Design, Construction and Maintenance of Food Storage System Organized by the Nigerian Society of Engineers, Victoria Island, Lagos, Nigeria. 1– 3 May
125. C. K.Thomas, (1995). The storage of food grains and seed. CTA Macmillan, London
126. Z. O Ajani. (2000). Standardization of Maize Grain Stored by National Strategic Grain Reserve (N.S.G.R). Unpublished Thesis. M. Eng Thesis. Department of Agricultural Engineering, Federal University of technology, Minna Nigeria. pp. 25-39.
127. C. P. Haines, (2000). IPM for Storage in Developing Countries: 20th Century Aspirations for the 21st Century. *Crop Protection*, 19, 82 – 830.
128. Food and Agricultural Organization (FAO) (2009). Post harvest Losses Discovering the Full Story. Overview of the Phenomenon of Losses during Postharvest System. F.A.O Rome. pp. 41-52.
129. K. E Ileleji, Fundamentals of Stored Grain Management. US–Nigerian Commodity Storage Workshop, Makurdi, USDA FAS. 2010 pp. 30- 40.
130. K.. Hell, , Cardwell, K. F. and Setamou, M. (2000). The Influence of Storage Practices on Aflatoxin Contamination in Maize in Four Agroecological Zones in Benin, West. Africa *Journal of Stored Products Research*, 36, 365-415.
131. Faulkner, Griffith, (2004) Numerical Investigation the Aeration of Grain Silos: University of Southern Queensland pp.132
132. Seed Refinement in the Harvesting and Post-Harvesting Process / V.I. Orobinsky, A.M. Gievsky, I.V. Baskakov, A.V. Chernyshov // *Advances in Engineering Research : International Scientific and Practical Conference «AGROSMART – Smart Solutions for Agriculture»* (Agro-SMART 2018; Russia, Tyumen, July 16–20, 2018). – Netherlands : Atlantis Press, 2018 – Vol. 151 – Pp. 870–874.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2679053

**СПОСОБ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В ЕМКОСТИ В
РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ И УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Патентообладатели: *Ивашкин Алексей Викторович (RU),
Латышенок Михаил Борисович (RU), Биленко Виктор
Алексеевич (RU), Рудомин Евгений Николаевич (RU),
Голубенко Михаил Иванович (RU)*

Авторы: *Ивашкин Алексей Викторович (RU), Латышенок
Михаил Борисович (RU), Биленко Виктор Алексеевич (RU),
Рудомин Евгений Николаевич (RU), Голубенко Михаил
Иванович (RU)*

Заявка № 2017145432

Приоритет изобретения 22 декабря 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

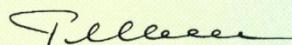
Российской Федерации 05 февраля 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 22 декабря 2037 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2689732

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В
РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ И СПОСОБ ЕГО
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Патентообладатели: *Латышенко Михаил Борисович (RU),
Ивашкин Алексей Викторович (RU), Биленко Виктор
Алексеевич (RU), Голубенко Михаил Иванович (RU), Рудомин
Евгений Николаевич (RU)*

Авторы: *Латышенко Михаил Борисович (RU), Ивашкин
Алексей Викторович (RU), Биленко Виктор Алексеевич (RU),
Голубенко Михаил Иванович (RU), Рудомин Евгений
Николаевич (RU)*

Заявка № 2018113368

Приоритет изобретения 12 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 12 апреля 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2713802

**УСТРОЙСТВО ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В РЕГУЛИРУЕМОЙ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ И СПОСОБ ЕГО
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Патентообладатели: *Латышенко Михаил Борисович (RU),
Ивашкин Алексей Викторович (RU), Латышенко Надежда
Михайловна (RU), Биленко Виктор Алексеевич (RU),
Голубенко Михаил Иванович (RU)*

Авторы: *Латышенко Михаил Борисович (RU), Ивашкин
Алексей Викторович (RU), Латышенко Надежда Михайловна
(RU), Биленко Виктор Алексеевич (RU), Голубенко Михаил
Иванович (RU)*

Заявка № 2019112936

Приоритет изобретения 26 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации в

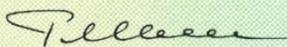
Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 07 февраля 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 26 апреля 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ильев



Приложение Б

Утверждаю:

Генеральный директор

ООО «Разбердеевское»

М.В. Мезенов

2020 г.



Акт сравнительных испытаний

Мы, ниже подписавшиеся, инженер Белов В.Е., главный агроном Корж Н.А., главный экономист Пак В.Г., с одной стороны и сотрудники ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева кандидат технических наук Латышенок Надежда Михайловна и аспирант Ивашкин Алексей Викторович составили настоящий акт о том, что в зернохранилище ООО «Разбердеевское» проходили сравнительные испытания герметичного контейнера для хранения семенного зерна, разработанного сотрудниками ФГБОУ ВО РГАТУ.

В ходе сравнительных испытаний исследовались существующие способы хранения зерна: насыпью в зерноскладе, в тканых и полиэтиленовых мешках, затаренном виде в зерноскладе, в металлическом контейнере малой ёмкости и предложенный сотрудниками ФГБОУ ВО РГАТУ способ хранения в герметичном металлическом контейнере с регулируемой воздушной средой.

В качестве семян было взято зерно яровой пшеницы «Аквилон». Зерно было засыпано на хранение влажностью 14-15 % 2 сентября 2018 года. Всё заложенное на хранение зерно было разделено на две группы. Для первой группы длительность хранения составила 8 месяцев (один сезон хранения), для второй 20 месяцев (два сезона хранения).

продолжение приложения Б

По окончании срока хранения зерно высевалось на опытном поле. Результаты исследований всхожести зерна после 8 и 20 месяцев хранения, морфологических показателей проростков семян, структуры урожая приведены в приложении 1.

Подписи:

Сотрудники ООО «Разбердеевское»

Инженер

Главный агроном

Главный экономист



В.Е. Белов

Н.А. Корж

В.Г. Пак

Сотрудники РГАТУ:

Ответственный исполнитель

Исполнитель



Н.М. Латышенко

А.В. Ивашкин

продолжение приложения Б

Приложение к акту от 01.06.20

Элементы структуры урожая пшеницы в 2019-2020 г. в зависимости от
варианта и способа хранения семенного зерна

Наименование элемента структуры урожая	Вариант хранения семенного зерна			
	Металлический силос Nuabo		Контейнер с разреженной атмосферой	
	8 мес.	20 мес.	8 мес.	20 мес.
Высота растения, см.	98.2	98.2	98.2	98.2
Длина колоса, см	10.8	10.9	12.4	12.6
Количество зерен в колосе, шт	32.6	31.8	39.2	38.0
Масса зерна в колосе, г.	1.04	1.02	1.43	1.36
Масса 1000 зерен, г.	32.9	31.4	36.6	35.9
Количество прод. стеблей на 1 м ² , шт.	234.6	227.4	385.3	397.8
Бункерный урожай, ц/га	24.4	23.2	55.1	54.1
Приведённый урожай (влажность - 14% , частота - 100%), ц/га	13,8	13.2	33,2	33.0
НСР _{0,5}	0,19	0,17	0,16	0,12

продолжение приложения Б

Утверждаю :



Акт

проведения натурных испытаний герметичного контейнера для хранения семенного зерна в АО ПЗ «Дмитриево» Касимовского района Рязанской области

Мы, ниже подписавшиеся, главный инженер Юнаков М.Н., главный агроном Сергеева Ю.Е, главный экономист Аверьянова О.Г., ответственный исполнитель Латышенок Н.М. и аспирант Ивашкин А.В составили настоящий акт о том, что на опытном участке АО ПЗ «Дмитриево» с мая по август 2020 года проводились сравнительные испытания влияния способов хранения семенного зерна на его посевные и морфологические свойства, а также структуру урожая, разработанные сотрудниками Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева Латышенок М.Б и Ивашкиным А.В.

В качестве образцов для проведения сравнительных испытаний были использованы репродуктивные семена яровой пшеницы сорта КВС Аквилон категории РС-3, которые перед закладкой зерна на хранение имели следующие сортовые и посевные качества:

- сортовая частота не менее 98%;
- чистота семян не менее 98%;
- содержание семян других растений не более 40 шт./кг;
- лабораторная всхожесть не менее 92 %;
- масса 1000 семян не менее 35
- влажность семян до 15%, а для закладываемых на хранение сроком более 12 месяцев в металлических силосах не более 12%.

Отбор проб зерна для проведения анализа посевных качеств семян проводился в соответствии с требованиями ГОСТа 13586.3-2015, при этом точечные пробы зерна хранящегося в силосах и герметичных контейнерах отбирались при выгрузке зерна из силоса (контейнера) путем пересечения струи через равные промежутки времени в течение всего периода выгрузки зерна.

Контрольные пробы для определения влажности семенного зерна брались в верхнем слое зерновой насыпи на глубине 0,3 м. Для контроля влажности семенного зерна применялся влагомер ИВДМ-2-01. При обнаружении увеличения влажности зерна в отдельных участках зерновой насыпи, которая может возникнуть при активизации дыхания зерна, теплопроводимости и взаимодействия с окружающей средой, применялись срочные меры по её выравниванию.

Определение частоты, влажности, массы 1000 семян, зараженности болезнями, зараженность вредителями, жизнестойкости и лабораторной всхожести проводилась по методикам государственных стандартов специалистами станции защиты растений.

Полученные в ходе проведения сравнительных испытаний результаты представлены в приложении.

За время прохождения испытаний было отмечено простота и надёжность конструкции контейнера, возможность полной автоматизации процесса хранения семенного зерна, сокращение трудоёмкости выполняемых работ и затрат электроэнергии по сравнению с элеваторным способом хранения семенного зерна.

Подписи:

Сотрудники АО ПЗ «Дмитриево»

Главный инженер

Агроном

Главный экономист



М.Н. Юнаков

Ю.Е. Сергеева

О.Г. Аверьянова

Сотрудники РТАТУ:

Ответственный исполнитель

Исполнитель



Н.М. Латышенок

А.В. Ивашкин

Приложение к акту от 10.10.20

Показатели качества семенного зерна яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон»

Наименование показателя качества семенного зерна	Вариант хранения семенного зерна					
	Стандартный металлический силос Huabo Mode № 18 – 00603			Контейнер с разреженной атмосферой		
	Перед хранением	8 мес. хранения	20 мес. хранения	Перед хранением	8 мес. хранения	20 мес. хранения
Чистота семян, %	98.2	97.4	93.9	98.2	97.3	97.7
Влажность, %	14.5	14.4	14.7	14.7	13.8	13.5
Лабораторная всхожесть, %	97.9	82.5	69.3	98.3	96.9	95.2
Живучесть, %	98.5	87.5	83.6	98.2	96.3	94.9
Масса 1000 семян, грамм	36.2	34.2	32.4	36.2	36.1	36.0
Зараженность болезнями, шт./кг	0,1	3.9	6.8	0,2	0,2	0.1
Зараженность насекомыми вредителями, шт./кг	1,8	24.8	39.9	2.8	2.4	2.8
Цвет семян X, %	1.5	22.8	32.4	2.2	4.8	5.0
Запах семян	Постороннего запаха нет	Наличие амбарного запаха	Сильный амбарный запах	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет	Постороннего запаха нет

УТВЕРЖДАЮ:
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ
ГЛАВА КРЕСТЬЯНСКОГО (ФЕРМЕРСКОГО) ХОЗЯЙСТВА



И.В. СЕРГЕЕВ

2021 г.

**Акт
о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы,
выполненной аспирантом ФГБОУ ВО РГАТУ
Ивашкиным Алексеем Викторовичем**

Настоящим актом подтверждается, что в «ИП Глава КФХ Сергеев И.В.» на основании результатов кандидатской диссертации аспиранта Рязанского агротехнического университета Ивашкина А.В. были изготовлены и внедрены в производство 24 контейнера для хранения семенного зерна в разреженной атмосфере.

В период длительного хранения элитных семян яровой пшеницы сорта «Виола» и ярового ячменя «Яромир» в контейнерах проводились регулярные проверки температуры и влажности воздуха в межзерновом пространстве зерновой насыпи и степень поражения семян микроорганизмами и насекомыми-вредителями. В ходе этих проверок превышение нормативных значений температурно-влажностного режима хранения, поражения семян насекомыми и микроорганизмами, а также изменения органолептических свойств зерна не были установлены. Семена после 20 месяцев хранения сохранили свои посевные качества.

Также необходимо отметить простоту и надёжность конструкции контейнера, возможность полной автоматизации процесса хранения семенного зерна, сокращение трудоёмкости выполняемых работ и затрат электроэнергии по сравнению с элеваторным способом хранения семенного зерна.

Главный инженер:

С.И. Сергеев

Главный агроном:

А.Е. Сидоров

продолжение приложения Б

Утверждаю :

Председатель колхоза имени Ленина

Касимовского района

Рязанской области

Е.А. Никитин

202_ / г.



Акт

использования результатов научно-исследовательской работы

Мы, ниже подписавшиеся, главный инженер колхоза имени Ленина Каракулов М.П., главный агроном Менькин В.О., главный экономист Ялымова Л.В., с одной стороны и сотрудники ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет кандидат технических наук Латышенок Надежда Михайловна и аспирант Ивашкин Алексей Викторович составили настоящий акт о том, что в 2019-2020 г.г. в зерноскладе Колхоза имени Ленина Касимовского р-на Рязанской области проходили производственные испытания герметичные контейнеры с разреженной атмосферой для хранения семенного зерна, разработанные в соответствии с планом научно-исследовательской работы «Способ хранения семенного зерна в регулируемой воздушной среде».

Представленные на испытания контейнеры были использованы для хранения элитных семян яровой пшеницы и ячменя.

В результате испытаний было установлено, что семена в процессе хранения не потеряли своих посевных качеств, норма естественной убыли не превысила нормативного значения, при этом годовой экономический эффект за счёт снижения себестоимости хранения семян на 35-47 % составил 6430-7324 рублей на тонну семян, срок окупаемости капиталовложений составил 2,4-2,7 года.

продолжение приложения Б

Планируется с 2021 года внедрить в производство результаты научно-исследовательской работы.

Подписи:

Сотрудники Колхоза им. Ленина

Главный инженер

Главный агроном

Главный экономист



М.П. Каракулов



В.О. Монькин



Л.В. Ялымова

Сотрудники РГАТУ

Ответственный исполнитель

к.т.н., доцент

Исполнитель



Н.М. Латышенко

А.В. Ивашкин

продолжение приложения Б

Утверждаю :



Акт

внедрения герметичного контейнера для хранения семенного зерна в зернохранилище ООО «Разбердеевское» Спасского района Рязанской области

Мы, ниже подписавшиеся, инженер Белов В.Е., главный агроном Корж Н.А., главный экономист Пак В.Г., ответственный исполнитель Латышенок Н.М. и аспирант Ивашкин А.В. составили настоящий акт о том, что разработанные сотрудниками Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева Латышенок М.Н. и Ивашкиным А.В. десять герметичных контейнеров с разреженной воздушной атмосферой внедрены и использовались для хранения семенного зерна яровой пшеницы сорта «КВС Аквилон» с августа 2019 года.

За время испытаний отмечена простота и надёжность конструкции контейнера, который позволяет полностью автоматизировать процесс хранения семян. Энергозатратная технология активной вентиляции в нем заменена на технологию принудительной аэрации, выполняемую за счет разрежения, создаваемого вакуумным насосом.

Годовая экономия совокупных денежных затрат рассчитанных в соответствии с международным стандартом ГОСТ 34393 – 2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» за счет снижения себестоимости хранения, сокращения затрат на электроэнергию, трудоемкость выполняемых работ при полной сохранности репродуктивных

продолжение приложения Б

свойств семенного зерна составила 9,48 тыс. руб./т. Срок окупаемости 1,76 лет.

Герметичный контейнер для хранения семенного зерна считать внедрённым в производство с августа 2020 года.

Подписи:

Сотрудники ООО «Разбердеевское»

Инженер

Главный агроном

Главный экономист



В.Е. Белов

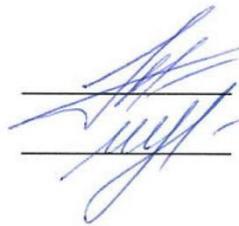
Н.А. Корж

В.Г. Пак

Сотрудники РГАТУ:

Ответственный исполнитель

Исполнитель



Н.М. Латышенок

А.В. Ивашкин

продолжение приложения Б

Приложение к акту от 27.05.21

Структура себестоимости изготовления герметичных контейнеров с
регулируемой воздушной средой

Наименование показателя	Количество, шт.	Единица измерения	Затраты
Затраты на оплату труда с учетом отчислений на социальные нужды	-	Руб.	2454
Затраты на материалы и амортизацию используемого оборудования	-	Руб.	3070
Затраты на комплектующие изделия В том числе:		Руб.	11892
Вакуумный насос с датчиком давления газа Vluе VE115N	1	Руб.	450
Электромагнитный клапан СК-11-15	1	Руб.	970
Вакуумметр МТП 1М	1	Руб.	810
Регистратор контроля влажности и температуры воздуха DT-171	1	Руб.	230
Датчик контроля содержания кислорода в воздухе ME-O ₂ -Ф20	2	Руб.	5900
Электронный блок управления	1	Руб.	458
Затраты на электроэнергию	1	Руб.	3074
Затраты на электроэнергию	-	Руб.	420
Себестоимость изготовления одного герметичного контейнера с регулируемой воздушной средой	-	Руб.	17458
Количество изготовленных герметичных контейнеров	10	Шт.	17458
Дополнительные капиталовложения		Руб.	174580

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «НПК» ТКС»
Лин М.В.



АКТ

об использовании научно-технических результатов

Мы, ниже подписавшиеся, главный конструктор ООО «НПК» ТКС Мирошкин М.В. и заместитель генерального директора по производству Шмаков В.В. с одной стороны и сотрудники ФГБОУ ВО РГАТУ ответственный исполнитель к.т.н. Латышенок Н.М. и исполнитель аспиранта Ивашкина А.В. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что с 1 июля 2021 г. планируется начать выпуск контейнеров для хранения семенного зерна.

Конструкция контейнера создана на основании патента на изобретение РФ № 2713802 «Устройство хранения зерна в регулируемой воздушной среде и способ его осуществления» и результатов исследований условий хранения семенного зерна в герметичной емкости с разреженной воздушной средой, выполненные творческим коллективом ФГБОУ ВО «Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева».

На 2021 год заключено договоров на выпуск 204 контейнеров для хранения семенного зерна, ожидаемый экономический эффект составит около 1 млн. рублей.

Главный конструктор

Заместитель генерального директора
по производству

Ответственный исполнитель

Исполнитель

Мирошкин М.В.

Шмаков В.В.

Латышенок Н.М.

Ивашкин А.В.