

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи

МИХАЙЛОВ ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
КАРТОФЕЛЯ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Борычев Сергей Николаевич

Рязань, 2026

Аннотация

Цель диссертационного исследования – обоснование параметров контейнера для хранения семенного картофеля.

Во введении содержится информация об актуальности темы диссертационной работы, отражена цель, обозначена значимость темы для АПК. Выделены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе изучается история появления картофеля в России, рассматриваются методы и общие требования к хранению продовольственного и семенного картофеля. Отражены основные недостатки существующих методов хранения продовольственного и семенного картофеля. Определены основные задачи и цель работы.

Во второй главе представлено теоретическое исследование хранения семенного картофеля в КДХК в модифицированной газовой среде (МГС).

В третьей главе произведено определение оптимальных технических параметров с использованием аналитического метода получения зависимостей. Представлена программа лабораторных исследований в картофелехранилище УНИЦ «Агротехнопарк».

В четвертой главе представлена программа производственных исследований хранения семенного картофеля в КДХК на предприятии Чучковского района Рязанской области ООО «Церлево».

В пятой главе представлен расчет экономического эффекта от внедрения способа хранения картофеля в КДХК.

Сформировано заключение по результату работы, представлены список литературы и приложения.

Оглавление

Аннотация	2
Сокращения и специальные термины	5
Введение	6
Глава 1. Анализ существующих технологий хранения семенного картофеля	10
1.1 Развитие картофелеводства в России	10
1.2 Общие требования к хранению картофеля	16
1.3 Хранение навальным способом	22
1.4 Контейнерный способ хранения	26
1.5 Технологии хранения картофеля в странах Европы и США	30
1.6 Обзор контейнеров для хранения сельскохозяйственной продукции	32
1.7 Выводы по главе	42
1.8 Задачи исследования	42
Глава 2. Теоретические исследования хранения семенного картофеля в контейнере для хранения картофеля (КДХК)	43
2.1 Конструкция КДХК	43
2.2 Теоретическое исследование способа хранения семенного картофеля в МГС	45
2.2.1 Теоретическое исследование скважности продукции в КДХК ..	45
2.2.2 Теоретическое исследование процесса подготовки МГС	48
2.3 Выводы по результатам теоретических исследований	65
Глава 3. Лабораторные исследования контейнера для хранения картофеля	67
3.1 Методика проведения лабораторных исследований	67

3.1.1 Исследование картофеля семенного, изучаемый сорт «Гала».....	67
3.1.2 Методика определения размерно-массовых характеристик семенных клубней	68
3.1.3 Методика проведения лабораторных исследований по хранению семенного картофеля в МГС	70
3.2 Методика уточнения оптимальных технических параметров КДХК для хранения семенного картофеля.....	74
3.3 Выводы по главе.....	78
Глава 4. Производственные исследования контейнера для хранения картофеля	79
4.1 Программа производственных исследований.....	79
4.2 Объект исследований.....	79
4.3 Методика проведения производственных исследований на территории предприятия ООО «Церлево» и результат исследований.....	79
4.4 Вывод по главе	81
Глава 5. Расчёт экономического эффекта от применения способа хранения семенного картофеля в КДХК.....	82
5.1 Общие данные	82
5.2 Экономический эффект, достигаемый снижением потерь продукции при основном хранении от предложенной способа хранения семенного картофеля в КДХК	82
5.3 Расчет годового экономического эффекта от применения КДХК	85
5.4 Вывод по главе	89
Заключение	90
Список литературы	91

Сокращения и специальные термины

ЕСХН – единый сельскохозяйственный налог

ИП – индивидуальный предприниматель

КДХК – контейнер для хранения картофеля

КФХ – крестьянско-фермерское хозяйство

МГС – модифицированная газовая среда

ПЛК – программно-логический контроллер

РГС – регулируемая газовая среда

СПК107 – сенсорная панель – контроллер фирмы «Овен» (серия 107)

Modbus RTU – открытый коммутационный протокол, используемый для передачи данных по последовательным линиям связи, таким как RS-232, RS-485, RS-422 и Modbus TCP

RS-485 – стандарт для приема и передачи данных в котором используется 1 витая пара, сопровождаемая экранирующей оплеткой

Введение

Актуальность темы исследования. Последние 5 лет Российская Федерация стабильно удерживается в пятерке крупнейших производителей картофеля в мире. Этот клубень является для нашей страны «вторым хлебом» универсальным и доступным источником энергии. Его использование не ограничивается продовольственной сферой, эта культура используется для приготовления сочных кормов КРС, а в производстве используется для получения крахмала и спирта.

В связи с возникающей геополитической ситуацией, во всех сферах жизни, происходит импортозамещение не только оборудования, но и технологий, и селекционного фонда. Обращаясь к доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, можно выделить картофель как отдельную группу пищевой продукции, самообеспеченность которой должна составлять не менее 95%. В текущей ситуации, выделяется проблема селекционирования картофеля и возделывания собственных высокопродуктивных сортов. Так как родительские сорта раньше находились в не дружественных странах, доступа к ним сейчас фактически нет, технология получения того или иного сорта неизвестна, так как в страну ввозились мини-клубни, первое полевое поколение или супер-супер элита. В условиях недостаточной обеспеченности семенным материалом, необходим комплексный подход к решению проблемы низкого уровня самообеспечения семенами картофеля, в том числе разработки способов и устройств для сохранения селекционного материала и оригинального семенного материала, подготавливаемого к продаже.

Степень разработанности темы. Вопрос уменьшения потерь картофеля, в том числе семенного, рассматривали такие ученые как С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, П.И. Гаджиев, А.С. Дорохов, В.М. Дринча, В.С. Заводнов, А.Ю. Измайлов, Д.В. Колошенин, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, А.Г. Пономарев, Г.К. Ремболович,

А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.В. Сибирёв, И.А. Успенский, И.А. Юхин, L.L. Claypool, S.L. Sampaio и другие ученые.

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021 – 2025 год, тема 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос. Рег. 122020200038-8), раздел 1.3 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе».

Цель исследования – обоснование параметров контейнера для хранения семенного картофеля

Задачи исследования:

1. Анализ существующих технологий хранения картофеля;
2. Проведение теоретического обоснования параметров процесса подготовки для хранения семенного картофеля в контейнере в модифицированной газовой среде;
3. Проведение лабораторных исследований контейнера для хранения картофеля на территории УНИЦ «Агротехнопарк»;
4. Произвести расчёт экономического эффекта от применения контейнера для хранения картофеля, на основе данных полученных при производственных исследованиях контейнеров на базе ООО «Церлево».

Объект исследования – контейнер для хранения картофеля.

Предмет исследования – процесс хранения семенного картофеля в контейнере в модифицированной газовой среде.

Научная новизна работы:

- определение параметров контейнера для хранения картофеля в модифицированной газовой среде (патент РФ на полезную модель №222055).

Теоретическая значимость.

- теоретическое обоснование процесса подготовки газа для хранения картофеля в модифицированной газовой среде;
- методика расчетов пропорции технических газов к подготовки воздушной смеси для хранения продукции в контейнере
- аналитическое обоснование параметров контейнера для хранения картофеля

Практическая значимость работы. Увеличение экономического эффекта от хранения семенного картофеля при уменьшении потерь.

Методология и методы исследований. Этапы диссертационного исследования выполнялись с учетом известных методов хранения семенного картофеля, которые регламентируются «ГОСТ 33996-2016 Межгосударственный стандарт. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». В ходе работы были применены методы эмпирического (наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент) и теоретического исследований.

Положения, выносимые на защиту.

1. Параметры контейнера для хранения картофеля, методика их обоснования.
2. Результаты хранения семенного картофеля в контейнере.
3. Экономический эффект от внедрения контейнера для хранения картофеля в модифицированной газовой среде

Достоверность результатов исследования. Исследования проведены в соответствии с современными методиками, с использованием сертифицированных приборов, датчиков, индикаторов в контейнере для хранения картофеля. Выводы, сформированные по результатам исследований, показали сходимость теоретических и практических результатов не ниже 95%. Результаты исследований опубликованы в независимых источниках и согласуются с данными полученными другими учеными, прошли апробацию в печати, на всероссийских и международных научно-практических конференциях.

Реализация результатов исследования. В период с 2024 по 2025 год проведено хранение картофеля в контейнере в модифицированной газовой среде на территории ООО «Церлево» Чучковского района Рязанской области.

Вклад автора в решении поставленных задач. Автором сформирована цель работы, поставлены задачи для проведения теоретических и экспериментальных исследований по определению параметров контейнера для хранения картофеля. Проведены теоретические и практические исследования процесса хранения семенного картофеля в контейнере в модифицированной газовой среде. Результаты исследования были обработаны и сформированы выводы.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на следующих всероссийских и международных научно-практических конференциях: Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007) (Рязань, 16 ноября 2022 года); 74-й Международной научно-практической конференции «Инновационные научно-технологические решения для АПК: вклад университетской науки» (Рязань, 20 апреля 2023 года); Международной научно-практической конференции «Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники», посвященной 23-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» (Рязань, 08 ноября 2023 года); Международной научно-технической конференции «СМИС-2024. Технологии управления качеством» (Москва, 22-24 мая 2024 года).

Публикации. По теме исследования опубликовано 11 работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен патент РФ на полезную модель №222055 «Контейнер для хранения картофеля». Общий объем публикаций соискателя составляет 4,63 усл. п.л., в т. ч. доля соискателя – 3,24 усл. п. л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемых источников в количестве 81. Общий объем работы составляет 108 страниц и содержит 29 рисунков и 13 таблиц.

Глава 1. Анализ существующих технологий хранения семенного картофеля

1.1 Развитие картофелеводства в России

История развития картофеля в России начинается со времён Петра I. В конце XVII века, посетив Нидерланды, император приказал высадить «заморский» овощ на Аптекарский огород, после этого, картофель на время пропал из виду. Первое внедрение картофеля не увенчалось успехом, из-за малообразованности населения, так как за плоды этого овоща принимали горошины, которые висели на ветках, а не сами клубни. Это вызывало множество случаев отравления. К этому добавляется и отсутствие знаний о критериях высадки и правильном уходе за новой культурой, что давало малый урожай и нерентабельность содержания такой культуры [72].

Закрепление картофеля на территории России произошло при Николае I, после 1839 года (в этом году случился сильнейший не урожай зерновых культур). Правительство приняло решительные меры, обязав население высаживать картофель ежегодно, чтобы не допустить в дальнейшем подобных ситуаций. Принуждение населения к посадке картофеля породило «картофельные бунты», которые подавлялись различными методами. Но такие возмущения довольно быстро сошли на нет, и картофель стал «вторым хлебом» [59].

«В 1845 г. площадь под картофель в России составила 300 тыс. га. Из огородов он шагнул на поля и стал общепризнанным народным благом. За 25 лет (1840-1865 гг.) площадь картофеля возросла в 1,5 раза, а в последующие 15 лет (1865-91 гг.) еще в 2,3 раза.» [18]. В 1913 году посевные площади выросли до 4,2 млн. гектаров, а сбор урожая превысил 30 млн. тонн [18].

В период с 1920 по 1970 годы наблюдалось увеличение сборочного объема картофеля, что достигалось с помощью применения механизмов для замены ручного труда, увеличения посевных площадей и применения минеральных удобрений. Максимально собранный урожай в этот период был замечен в 1970 году и составил 53,9 млн. тонн картофеля. Однако, несмотря на

рекордные урожаи, спрос на картофель, начиная с 1960 года постепенно снижался. Это было связано с замещением картофеля как основного блюда в рационе питания граждан на другие овощи, мясо и фрукты. Следующий всплеск сбора картофеля был в 1995 году, и составил 39,9 млн. тонн, что было напрямую связано с падением доходов населения и повышением спроса на дешевый, питательный и калорийный продукт (см. рис. 1.1. Информация получена на основе анализа данных Росстата и ЦСУ СССР).



Рисунок 1.1 – Диаграмма «Валовый сбор картофеля в Российской Империи, РСФСР и Российской Федерации»

По итогам 2024 года Россия занимает 4 место в мире по объему произведенного картофеля и объем производства в этом же году составил 19,3 млн. тонн.

Картофель содержит в себе комплекс витаминов, каротин, крахмал, органические кислоты, микроэлементы и минеральные вещества (таблица 1.1). Так же картофель содержит белок высокой биологической активности, а калорийность картофеля в 3 раза выше, чем у других овощей.

Таблица 1.1 - Биохимический состав клубней картофеля [67,73]

Вещество	Содержание вещества, % к сырой массе		
	минимальное	максимальное	среднее
Вода	63,2	86,9	76,3
Крахмал	8,0	29,4	17,5
Сахар	0,1	8,0	1,0
Клетчатка	0,2	3,5	1,0
Сырой протеин	0,7	4,6	2,0
Жиры	0,04	1,0	0,1
Зола	0,04	1,9	1,0
Всего сухие вещества	13,1	36,8	23,7
Органические вещества	0,1	1,0	0,6

В современных условиях назначение картофеля может быть разнообразно, и зависеть от сорта картофеля и целей его использования. Если говорить о применении картофеля, то можно выделить следующие направления:

1. Продукт питания.

Картофель является основным продуктом, который обеспечивает человека необходимым количеством калорий занимая 5 место в мире среди источников энергии для людей. Так же он является источником таких витаминов: витамины B_1 , B_2 , B_6 ; витамин PP; витамин С – до 50 мг% на 100г сырого вещества; провитамин А – при приеме в пищу желтотомясных сортов можно восполнить недостаток каротина в организме. В европейской кухне известно более 200 блюд с этим корнеплодом [5,49,50,77].

2. Кормовое применение.

Картофель и продукты его переработки (мерза и барда) используется в вареном, сущеном, засыпованном и вареном виде как корм для скота и птицы.

В картофеле содержится большое количество углеводов, преобладающей формой углеводов в нем является крахмал, его содержание в общей массе клубня составляет в среднем 17,5%, а если брать в расчёт только сухое вещество, без воды, то 73,8% (табл. 1.1).

Заводы по переработке картофеля, нацеленные на получение крахмала борются за каждый процент крахмальности, но, когда в увеличении рентабельности образовался тупик, производственники обратили своё внимание на отходы производства – это картофельная клетчатка и картофельный сок. Полученный крахмал применяется в различных сферах деятельности человека. Сам по себе крахмал – это аморфный белый порошок, который набухает в горячей воде, а затем растворяется, образуя клейстер. В пищевой промышленности крахмал используется при изготовлении глюкозы, патоки, этанола, применяется для загущения многих продуктов, приготовления киселей, заправок и соусов. В текстильной промышленности крахмал применяется для обработки тканей, в бумажной – в качестве наполнителя [78].

Крахмал нашел применение в фармацевтической промышленности в качестве сырья для изготовления таблетированной формы лекарственных препаратов и капсул различного назначения. Так же, используется для приготовления инфузионных растворов для приема внутрь.

Результаты деятельности предприятия – это картофельная клетчатка и картофельный сок просто выкидывались, продавались на корм КРС или использовались для полива полей. Сейчас картофельная клетчатка активно используется в мясоперерабатывающей и хлебопекарной промышленности.

Высушенная и промытая картофельная клетчатка оказалась ценным балластным веществом, свободным от глютена и других аллергенов, это вещество нашло применение в хлебопекарной и мясоперерабатывающей промышленности. Картофельный сок научились перерабатывать и получать белок, это стало возможным благодаря технологии осаждения содержащегося в картофельном соке протеина, а с применением технологии мембранный

фильтрации и бережной сушки на распылительных сушилках появилась возможность производить водорастворимый белок с высочайшими функциональными свойствами.

Кормовой картофель выращивается специально, для внедрения его в рацион КРС, свиней и другого скота. От продовольственных сортов он отличается:

- высокой урожайностью;
- содержанием большого уровня питательных веществ;
- скоростью вызревания;

На рынке кормов, применяемых в животноводстве, появился сушеный картофель, превосходящий другие корма по содержанию белка и кормовых единиц, которые указывают на его питательность. При этом, вес сухого картофеля по сравнению с сырым в 4-5 раз меньше, что позволяет удешевить процесс перевозки и облегчить приготовление кормовой смеси.

Одновременно с развитием картофелеводства, в Советском Союзе, осуществлялись работы по организации хранения данного вида продукции. Преобладающим способом хранения в послевоенные годы было хранение в буртах (см. рис. 1.2), которые укладывались в тех местах, где грунтовые воды находились достаточно глубоко, чтобы не вызвать загнивание продукции. Такой способ позволял сохранить произведенную продукцию, в тех условиях, когда помещения для хранилища нет, или его площадь недостаточна для хранения необходимого объема продукции [39].

Но с развитием технологий и инфраструктуры такой способ хранения уходит в прошлое из-за больших потерь продукции, относительно навального или контейнерного способа хранения, которые возникают из-за рисков подтопления навала во время весеннего паводка, сложности извлечения хранимой продукции зимой и требований к качественной организации бурта, которые не всегда могут быть соблюдены в полевых условиях.

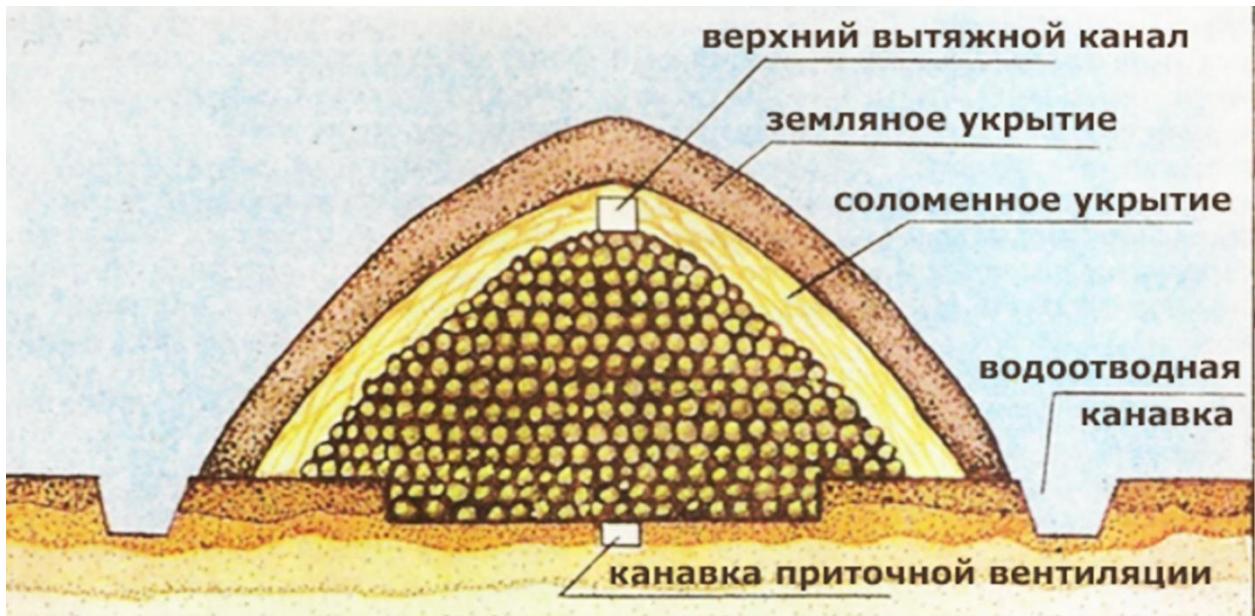


Рисунок 1.2 – Разрез бурта для хранения картофеля.

Изучая советские научные фильмы, можно выделить направление «Прогрессивная технология производства картофеля». Это направление подразумевало не только комплекс мероприятий по созданию новых сортов, механизацию, применение удобрений и севооборот, но и хранение полученной продукции в современных на тот момент хранилищах.

В 70-80е годы, контейнерная технология хранения выделялась как прогрессивная технология, имеющая перспективы развития из-за ниже перечисленных плюсов:

1. Удобство перемещения и транспортировки
2. Мобильность хранилища
3. Минимальное воздействие рабочих органов различных механизмов на клубни

Вышеописанные качества использовались советскими аграриями для получения качественного продовольственного и семенного картофеля. В этот период разрабатывались контейнеры различных конструкций для того, чтобы снизить потери продукции и организовать их доставку на место складирования. Это различные складные металлические контейнеры, контейнеры с виброгасящими механизмами, металлические быстро сборные

контейнеры, контейнеры с деревянными стенками и металлической рамой, и деревянные быстро сборные контейнеры.

Сейчас в Российской Федерации идет тенденция к импортозамещению технологий и формирование интеллектуальной и исследовательской базы, позволяющей максимально обеспечить продовольственную безопасность страны. Для достижения результатов, поставленных Президентом Российской Федерации в доктрине продовольственной безопасности 2020 года, по достижению уровня самообеспечения овощной продукцией на уровне не менее 90% и картофелем на уровне не менее 95% необходимо не только увеличивать посевные площади, но и сохранить убираемый объем продукции, приведя потери к минимальным значениям, увеличивая экономическую эффективность производства [2,17,36].

1.2 Общие требования к хранению картофеля

Основная задача, которая стоит для всех типов хранения овощехранилищ – это сохранение качества продукта с минимальными потерями на всём промежутке хранения [40,62].

Хранение картофеля начинается с поля. Организация полива, внесение удобрений, выбор семенного материала, химические обработки гербицидами, пестицидами и инсектицидами, выбор способа уборки и доставки до места хранения [6,13,16,52,61,62]. Всё это напрямую влияет на качество получаемой на выходе продукции как по показателям микроэлементов, так и по количеству механических повреждений, полученных при транспортировке [11,61,66]. Болезни так же оказывают серьёзный урон клубням во время хранения, поэтому больные растения с поля удаляют ещё во время роста, а при закладке на хранение больные клубни отбираются на сортировочной ленте [41,51,62].



Рисунок 1.3 – Этапы выращивания картофеля от предпосевной подготовки до закладки на хранение.

Вентилирование хранимой продукции необходимо для достижения следующих результатов: независимость от закупщиков; увеличение цены к концу сезона хранения; сохранение качества; высокое качество собственного семенного материала. При хранении, в клубне картофеля происходит процесс, называемый «дыханием» [62]. Во время протекания этого процесса происходит окисление воздуха с кислородом при этом выделяется углекислый газ, вода, и в результате протекания этого процесса вырабатывается тепловая энергия. Вентиляция в хранилище предназначена для вывода избыточной влаги, углекислого газа и тепла [20,60]. Контроль за всеми этими параметрами в настоящее время возможно осуществлять с помощью датчиков температуры, влажности и уровня СО₂. До появления датчиков, измерение проводились при помощи гигрометра (измерение температуры и влажности), без измерения уровня углекислого газа [56,70,71,74].

Основные фазы или периоды хранения семенного картофеля: [8,28]

1. Сушка
2. Лечение
3. Охлаждение

4. Продолжительное хранение

5. Прогревание

На данный момент в Российской Федерации распространены такие способы хранения семенного картофеля как: навальный и контейнерный. Чтобы разобраться в их плюсах и минусах, необходимо выделить общие требования к температурным и влажностным показателям в хранилище на всех этапах хранения.

Рассмотрим периоды хранения картофеля.

1. Сушка.

Основная задача сушки – это предотвращение распространения и появления болезней и грибков в хранилище. Сушка так же позволяет избежать избыточной влажности в хранилище, облегчает дальнейшую оптимизацию уровня влажности при лечении и дальнейшем хранении [28,69]

Просушивание картофеля можно производить даже при дожде на улице. Во время осадков, влажность на улице может быть ниже, чем в помещении хранилища, поэтому перед вентилированием продукции необходимо проанализировать показатели влажности и температуры. Проводить расчёты можно при помощи диаграммы Мольера, используя показатели температуры и влажности на улице и в помещении. Можно произвести расчёты, которые покажут сколько необходимо вентилировать картофель для его просушки и получить данные о количестве отведённой жидкости при вентилировании [28].

Интенсивность вентилирования картофеля в период сушки устанавливается в пределе от $100 \frac{m^3}{T/ч}$ до $150 \frac{m^3}{T/ч}$, продолжительность вентилирования составляет 1-1,5 дня при условии, что картофель сухой и хорошего качества. Если картофель влажный и поражён болезнями, сушку проводят 2,5-3 дня. [9, 25, 61, 67].

2. Лечение

Во время «лечения» на повреждённых клубнях образуется тонкая корка на клубне, которая предотвращает излишнюю потерю влаги, что положительно сказывается на его дальнейшей сохранности.

Практическое применение лечебного периода проводится при температурах 12-18°C⁰ и относительной влажности 90-95%. Длительности режима при этом зависит от температуры и варьируется от 14 дней – при температуре 18°C и до 30 дней при температуре 12°C [8,28].

В случае, когда картофель с поля поступает на хранение с температурой ниже 7°C лечебный период пропускается и сразу после просушки картофель охлаждается до оптимальной температуры [28].

3. Охлаждение

«В этот период происходит плавное снижение температуры внутри хранилища, как следствие снижается температура и в массе продукции. Температура должна падать плавно, чтобы не вызвать стресс у картофеля. Во время стресса картофель может начать выделять сахара, которые негативно сказываются на его вкусовых качествах» [28].

«Охлаждение может быть самым длительным подготовительным периодом перед хранением. Это связано с тем, что охлаждение картофеля происходит постепенно, примерно около 0,2°C⁰ в день (24 часа). При таком плавном охлаждении картофель не впадает в состояние стресса, при котором он активно теряет массу и выделяет сахара» [28].

4. Продолжительное хранение

Продолжительное хранение подразумевает поддержание определённого микроклимата в хранилище в автоматическом режиме. В зависимости от назначения картофеля температура в хранилище может отличаться. Так, для хранения семенного картофеля – 3-4°C, столового – 4-6, производство картофеля фри – 6-8, «чипсовый» картофель – 7-10°C [28,76].

При продолжительном хранении картофеля обеспечивается периодическая вентиляция продукции. Если температура в насыпи находится на заданном уровне, то вентилирование проводят 2-3 раза в неделю, по 30 минут, вентилирование проводится циркуляционным воздухом. Если температура воздуха повышается, вентилирование проводится или смесью наружного и внутреннего воздуха, или только наружным воздухом [73].

5. Прогревание

Этот режим применяется при снятии с хранения, при подготовке к отгрузке, картофеля. Перед отгрузкой картофель прогревается для уменьшения травматизма и появления черных пятен. Температуру картофеля повышают до 8-12°C и 15-20°C у семенного картофеля с целью провоцирования появления ростков у клубней.[25,28,67].

По виду проросших ростков можно определить болен картофель или нет. Если картофель болен, то имеется смысл перебрать картофель, приготовленный для семян. Проращивание картофеля должно происходить при хорошем освещении, для получения зелёных ростков, как правило для этого его вывозят на улицу прямо в таре, в которой он хранится, или выгружают с помощью транспортерной ленты. Проращивание картофеля производят для того, чтобы ускорить уборку урожая раннего картофеля [43]. Если проращивание невозможно по техническим причинам, то посадку можно проводить без проращивания, но в таком случае сроки от момента посадки до уборки будут больше [10].

Во время хранения картофеля необходимо осуществлять контроль температуры и влажности в помещении хранения.

С развитием современных технологий, сельское хозяйство все больше приводит аграриев к автоматизации части рабочих процессов [12, 14, 32, 75]. В современных овощехранилищах с помощью автоматики и программного обеспечения производится контроль внешних погодных условий и микроклимата внутри хранилища с помощью активной вентиляции и датчиков контроля температуры и влажности, установленные в массе продукции. Так же, при использовании силовых реле в силовых шкафах управления хранилищем, можно добиться полного автоматического контроля и регулировки микроклимата в помещении хранилища и внутри насыпи продукции [15,23]. Используя датчики температуры, влажности, калориферы, обогреватели и системы охлаждения воздуха можно обеспечить

климатический контроль хранилища во всех температурных диапазонах [27,28,33].

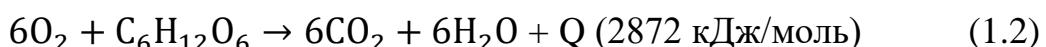
Необходимо рассмотреть и процесс дыхания картофеля, в процессе которого выделяется углекислый газ или диоксид углерода.

Диоксид углерода – это тяжёлый газ, который имеет плотность в 1,5 раза выше плотности атмосферного воздуха. Диоксид углерода или углекислый газ (CO_2) широко применяется в различных сферах жизни человека, благодаря своим уникальным свойствам и низкой стоимости его получения (медицина, тяжелая промышленность, легкая промышленность, химическая промышленность, строительство, пищевая промышленность).



Углекислый газ хорошо растворяется в воде. В процессе растворения большого количества углекислого газа образуется угольная кислота (H_2CO_3), при нормальных условиях угольная кислота существует в равновесии с диоксидом углерода, а разложение сдвинуто в сторону уменьшения количества угольной кислоты [8].

В помещении картофелехранилища углекислый газ появляется в процессе дыхания картофеля, когда происходит выделение не только диоксида углерода, но и воды с тепловой энергией 674 кал.



Кислород + Глюкоза \rightarrow Угл.газ + Вода + тепловая энергия

Таблица 1.2. Биохимический состав клубней. (Согласно данным Кучко А.А. и др., 1998)

Вещество	Содержание вещества, % к сырой массе		
	минимальное	максимальное	Среднее
Вода	63,2	86,9	76,3
Крахмал	8,0	29,4	17,5
Сахар	0,1	8,0	1,0
Клетчатка	0,2	3,5	1,0
Сырой протеин	0,7	4,6	2,0
Жиры	0,04	1,0	0,1

Зола	0,4	1,9	1,0
Всего сухие вещества	13,1	36,8	23,7
Органические кислоты	0,1	1,0	0,6

Основная причина, по которой необходимо контролировать содержание углекислого газа в помещении хранилища заключается в образовании соединений H_2CO_3 , которые в свою очередь могут преобразовываться в другие, более сложные соединения. Так как в картофеле содержится около 63,2-86,9% воды, то существуют все необходимые условия для растворения CO_2 . Такие химические процессы способны вызвать ряд болезней картофеля, которые приведут к потемнению середины картофеля или началу его гниения [10].

Согласно исследованиям, проведенным американскими учеными, было выявлено, что независимо от сорта, картофель в одинаковых условиях вырабатывает одинаковое количество углекислого газа. При этом, экспериментальным путем было выявлено, что температура, при которой дыхание клубней и потери продукции минимальны равна 5,5°C. При этом дыхание картофеля в температурном диапазоне 7,8-8,9°C было одинаковым. Так же, повышение уровня диоксида углерода и понижение уровня кислорода позволяет уменьшить интенсивность дыхания массы картофеля [81].

1.3 Хранение навальным способом

Хранение навальным или насыпным способом – один из наиболее распространённых способов хранения овощной продукции такой, как свёкла, лук и картофель.

Для хранения картофеля, строят специальные стационарные хранилища, с возможностью поддержания оптимального климата необходимого для хранения различных видов продукции [31].

Строительство хранилища происходит по различным типовым проектам, вместимостью от 250 до 10 000 тонн хранимой продукции. Экономичность хранилища определяется зоной его применения. Например,

крупное хранилище на плодоовощной базе более экономично при полной загрузке хранилища, чем при частичной загрузке, поэтому строительство хранилища необходимо из учета валового сбора урожая на сельскохозяйственном производстве [3].

Навальный способ хранения овощной продукции является самым распространённым на территории стран СНГ. Свою популярность навальный способ получил из-за ряда особенностей, которые делают его самым дешёвым, но при этом и самым травматичным для овощной продукции [63].

Технология хранения картофеля навальным способом подразумевает использование металлического арочного или каркасного хранилища. Стены хранилища сконструированы таким образом, чтобы в процессе хранения на них не образовывался конденсат. Вентилирование насыпи продукции при таком способе хранения производится с помощью вентиляционной установки, которая подаёт воздух внутрь напольных или подпольных каналов (рис. 1.4). На рисунке 1.4 представлен самый распространённый в использовании тип напольного канала [29].



Рисунок 1.4 – Перфорированный напольный канал для вентиляции картофеля

Закладка картофеля на хранение может осуществляться прямым или поточным способом. Закладка проводится с помощью ленточных погрузчиков (рис. 1.5). Картофель к погрузчику подаётся по транспортерной ленте из точки разгрузки или из цеха сортировки. Погрузка картофеля реализуется таким образом, чтобы заполнить пространство внутри хранилища и заложить насыпь продукции на максимальную высоту [57]. Высота укладки бурта может варьироваться от 4,5 до 6м., данный показатель зависит в основном от сорта картофеля и от толщины образовавшейся кожуры на момент уборки картофеля с поля, чем толще и прочнее кожура, тем выше можно укладывать бурт без повреждений нижних слоёв картофеля [26,53].



Рисунок 1.5 – Ленточный погрузчик Grimme SL 80-16

По типу вентиляции навальное хранение картофеля можно разделить на:

- вентиляция напольными каналами
- вентиляция подпольными каналами

Напольные каналы по итоговой стоимости выходят дешевле, чем подпольные, так же они проще в эксплуатации, за счёт простоты установки.

Каналы напольные выпускаются из нержавеющей стали, но в более дешёвом варианте изготавливаются из дерева, что напрямую сказывается на их сроке службы.

Напольные каналы могут занимать до 5% полезного объёма хранилища, так как занимают пространство на полу. Так же, имеется вероятность повреждения подборщика о воздуховод при выгрузке хранилища.

Подпольные каналы отличаются надёжностью и долговечностью, но при этом являются дорогим техническим решением как по стоимости, так и по времени изготовления. Преимуществом этих каналов является удобство выгрузки и загрузки продукции для спецтехники, это позволяет исключить вероятность повреждения рабочих органов при выгрузке продукции [65]. Очистка каналов после хранения так же может вызывать трудности из-за конструкции решётки, закрывающей воздуховод, возникают проблемы с очисткой труднодоступных мест (углы, повороты каналов).

При хранении картофеля навальным способом возможно возникновение следующих технических сложностей:

1. Сложности в проведении загрузки хранилища. Процедура загрузки требует, как большого количества времени, так и дорогостоящего оборудования. При этом необходимо продумать выгрузку картофеля из хранилища, и привлечь специальное оборудование для подбора картофеля с пола, не повреждая вентиляционные каналы.

2. Затруднённое извлечение больных плодов из массы здоровой продукции, так же затруднено диагностирование очагов загнивания. Определение таких очагов возможно при помощи датчиков влажности и температуры в массе продукции. Если очаг загнивания обнаружится в центре насыпи, то для его нейтрализации придётся перебрать весь картофель от края до центра. При этом, переборка охлаждённого картофеля практически невозможна из-за высокого травматизма. Так же из-за низкой температуры клубня процесс лечения повреждений прекращается, что приводит к большим потерям.

3. Трудности при размещении клубней картофеля по сортам.
4. Высокие энергозатраты при хранении
5. Сложности с контролем гнили и борьбой с её распространением

Навальное хранение картофеля хоть и является самым дешёвым способом, но такое хранение сопровождается высокими потерями.

К преимуществам навального хранения можно отнести:

- низкую стоимость хранилища
- простота монтажа вентиляционных каналов. Установка вентиляционных каналов не занимает много времени, и при укладке картофеля в хранилище требуется не более 2х человек, один – оператор ленточного погрузчика, второй – разнорабочий. Это утверждение не относится к подпольным каналам, для них требуется только чистка и бактериальная обработка каналов перед закладкой картофеля на период хранение, но они сложны в строительстве и их изготовление занимает большой промежуток времени;
- малые сроки возведения хранилища и его введения в эксплуатацию (за исключением хранилищ с применением напольных каналов). Для начала хранения навальным способом достаточно построить бескаркасный ангар и произвести его утепление, например, пенополиуретаном и установить установку для вентиляции. Такой же ангар можно применять и для вентиляции с подпольными каналами, но время на их изготовление уходит больше, чем строительство самого ангара;
- рабочее пространство хранилища используется максимально эффективно, за счёт складывания продукции равномерно по всему пространству внутри хранилища. Это позволяет заложить максимальный объем овощной продукции с высотой бурта от 4,5 до 6м.

1.4 Контейнерный способ хранения

Контейнерная технология хранения остается самой дорогой, поскольку требует изготовления деревянных контейнеров. Контейнер имеет в своём основании поддон, что позволяет обеспечить высокую степень механизации

при хранении. Механизация достигается за счёт использования в помещении хранилища вилочных погрузчиков, штабелёров и ричтраков. Для эксплуатации техники в помещении использую двигатели на электротяге или двигатели внутреннего сгорания, топливом для которых служит природный газ (метан, пропан) [42].

Хранение картофеля в контейнерах подходит для крупных хозяйств, продуктовых баз. Это связано с упрощением погрузки – выгрузки и возможностью хранить несколько разных сортов одновременно [74].

Для закладки картофеля в ящики используют только высококачественные клубни. Закладку осуществляют преимущественно после сортировки на фракции и отбора повреждённых клубней на ленте транспортёра. Уборка картофеля с поля должна проходить бережно, стараясь как можно меньше физически воздействовать на клубни. Для выгрузки клубней с комбайна используют различные технические средства для смягчения их падения на дно кузова транспортного средства, например, опускающееся дно кузова [30].

Хранение картофеля в контейнерах позволяет решить ряд проблем:

- уменьшение давления на клубни. Это происходит за счёт переноса давления на стенки контейнера. В таком случае для расчёта давление на нижний клубень используется высота насыпи в контейнере (около 1 – 1.2 м.). Высота штабелирования контейнеров в этом случае ограничивается только прочностью самих контейнеров;

- в одном помещении для хранения возможно размещение нескольких сортов картофеля со схожими температурно-влажностными характеристиками при хранении;

- возможность разделения партий картофеля по времени уборки, по калибру или по другим иным критериям. Это может быть полезно, например, в том случае, когда заранее известно, что качество одной партии хуже второй и необходимо продать сначала вторую партию, чтобы избежать высоких потерь при её хранении;

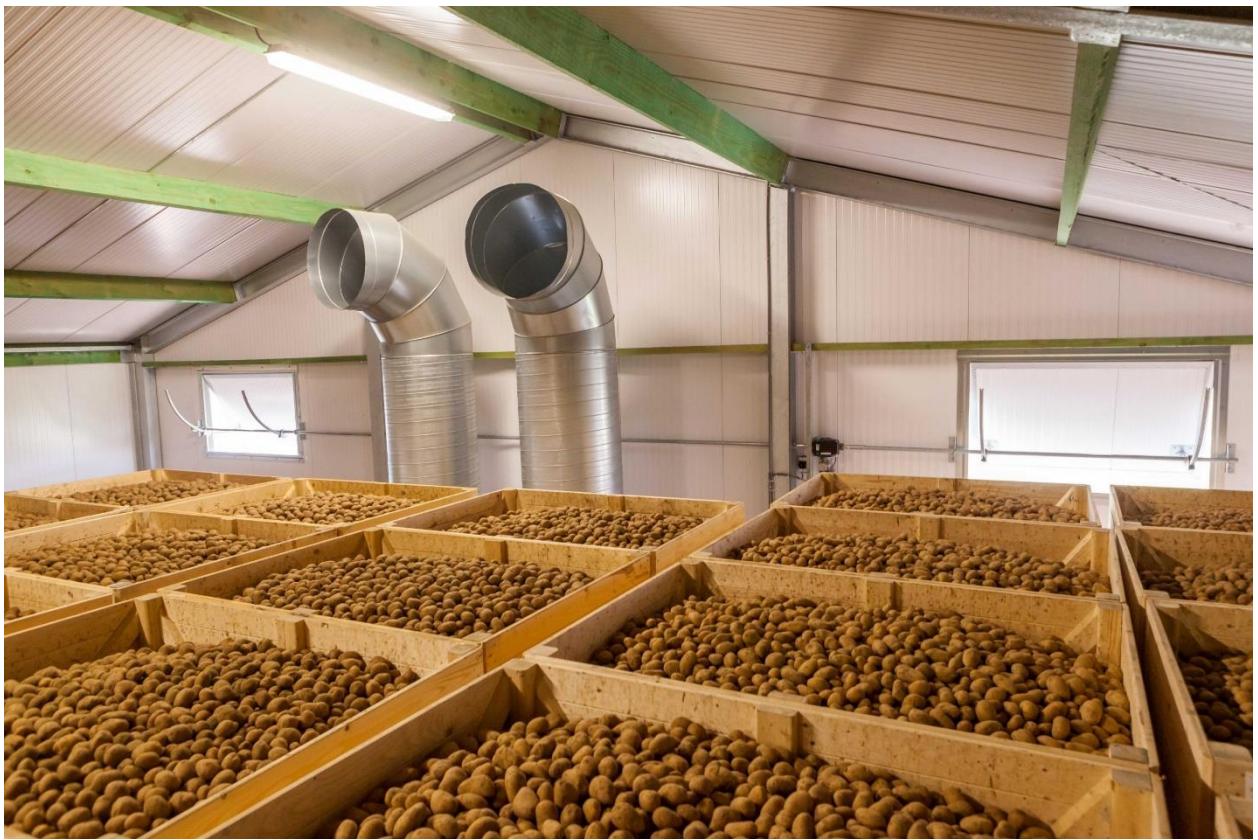


Рисунок 1.6 – Хранение картофеля в контейнерах.

- высокая скорость отгрузки продукции из хранилища. Скорость достигается за счёт высокой степени механизации труда. Для выгрузки продукции на прогрев и на выдачу конечному потребителю используются вилочные погрузчики, в зависимости от размера хранилища один такой погрузчик в среднем выгружает 120 тонн за смену, что эквивалентно полной загрузке пяти полуприцепов грузоподъёмностью 24 тонны;

- более быстрый процесс прогрева и низкий травматизм картофеля при выгрузке. Этот показатель достигается за счёт высокой степени механизации и использования контейнеров. Когда картофель охлаждённый и имеет температуру 3-5 °С его выгрузка подборщиком из навала сопутствует высокими повреждениями клубня. Так как после его выгрузки период лечения не предусмотрен, качество падает почти автоматически сразу после отгрузки партии. Используя контейнер, выгрузка происходит без прямого воздействия на клубни, а сортировка проходит после прогрева, это позволяет значительно сократить потери при сортировке и повысить качество отгружаемой продукции;

- меньшее распространение болезней и гнили в продукции. С применением контейнеров изменяется метод рассмотрения склада продукции. Склад с контейнерами можно рассмотреть, как тысячи обособленных друг от друга ячеек для хранения, где каждая ячейка может иметь свои индивидуальные характеристики. При возникновении болезни, заражена может быть только одна или несколько ячеек, при этом облегчается процесс извлечения зараженных контейнеров.

Все эти преимущества в совокупности позволяют уменьшить потери продукции, что приводит к конечному уменьшению стоимости товара. Но также этот способ хранения имеет и свои минусы. Можно выделить 2 основных недостатка. Первым недостатком является высокие инвестиционные затраты.

Первый недостаток. В связи с тем, что хранилище оборудуется контейнерами, количество которых напрямую зависит от количества хранимой продукции. Контейнеры могут повреждаться, подвергаются износу и старению. Они могут потребовать замены уже через 5 лет эксплуатации даже при должном обслуживании. Контейнеры после использования необходимо мыть и просушивать, для этого рядом с хранилищем делают асфальтированные площадки. На этой асфальтированной площадке складируются пустые контейнеры, чтобы не занимать пространство внутри хранилища. Строительство этой площадки также требует дополнительных инвестиционных вложений. Существуют и пластиковые контейнеры. Они более долговечные и менее экологичные, но при этом их стоимость может быть выше в 4-6 раз, что полностью лишает рентабельности их приобретения для больших овощехранилищ.

Вторым основным недостатком контейнерного способа хранения является направление движения воздуха внутри насыпи продукции, находящейся в контейнере. Из-за того, что воздух движется по пути наименьшего сопротивления, основное воздействие потока приходится на края контейнеров, в следствие чего в центре контейнера образуется зона, в

которой наблюдается малая проходимость воздуха. Это может сказаться на сохранности картофеля при повышении риска распространения гнили и заболеваний. Чтобы хоть как-то улучшить вентилирование контейнеры в хранилище располагают со смещением, чтобы воздушный поток проходя между контейнерами сталкивался со следующим стоящим по направлению потока контейнером.

1.5 Технологии хранения картофеля в странах Европы и США

Родиной картофеля считается Южная Америка, где произрастает более 150 её видов. Этот корнеплод был главным продуктом питания племен, обитавших в районе Анд. Гонимые голодом люди, искали в земле съедобные корни растений, среди которых находили клубни дикого картофеля, богатые крахмалом [79].

В современных условиях работы хранилищ стран Европейского союза так же, как и в Российской Федерации присутствуют 2 основных способа хранения картофеля – это навальный и контейнерный способ.

Предъявляемые требования к картофелехранилищам в европейский странах:

- минимизация потерь картофеля в период хранения;
- минимальное потребление энергии при требуемом уровне сохранности картофеля;
- условия труда, для персонала, работающего в хранилище, должны быть не ниже нормативных;

Контейнерную технологию хранения картофеля, используют как основной способ хранения картофеля в Швеции. При этом высокая стоимость деревянных контейнеров на территории Швеции, их не большая долговечность и потери картофеля, вызванные плохим качеством вентилирования штабелей контейнеров, вынуждают аграриев переходить на более дешевый навальный способ хранения [4].

Если рассматривать опыт работы компаний из Финляндии, то хранилища там проектируются для двух способов доставки продукции –

автомобильным сообщением и железнодорожным. Финские проекты в основном предусматривают расположение воздушных каналов в полу хранилища, что значительно облегчает работу при загрузке и выгрузке применяя навальный способ хранения, но значительно затрудняет очистку и обслуживание воздуховодов, что так же играет ключевую роль в стоимости строительства хранилища.

В США на хранение закладывается более 75% общего урожая картофеля, поэтому хранилища пользуются повышенным спросом. Хранение проводится навальным способом с высотой бурта не более 5 метров, что отличается от швейцарских параметров на 1 метр, за счёт этого снижается нагрузка на нижние слои продукции. При этом, потери картофеля в период хранения и уборки не превышают 6% [4]. Такой маленький процент потерь был достигнут за счет следующих проектных решений:

1. Картофелехранилища расположены в производственных зонах, и располагаются вблизи полей, где происходит уборка картофеля. Вместимость хранилищ варьируется от 400 тонн до 20 тысяч тонн, что говорит о наличии помещений для хранения даже у маленьких хозяйств. Так же, близкое расположение напрямую влияет на транспортные расходы, и конечные потери, связанные с травматизацией картофеля во время транспортировки.

2. Проектирование картофелехранилищ в США происходит с применением усовершенствованных технологий и использованием современных конструкций. Применяются облегченные материалы и железобетонные конструкции из современных марок бетона, используются современные теплоизоляционные материалы.

3. Картофель проходит послеуборочную обработку и подготовку к закладке на хранение, в которую входит удаление растительных остатков, почвы из массы продукции, сортировка картофеля для отбора больных и поврежденных клубней.

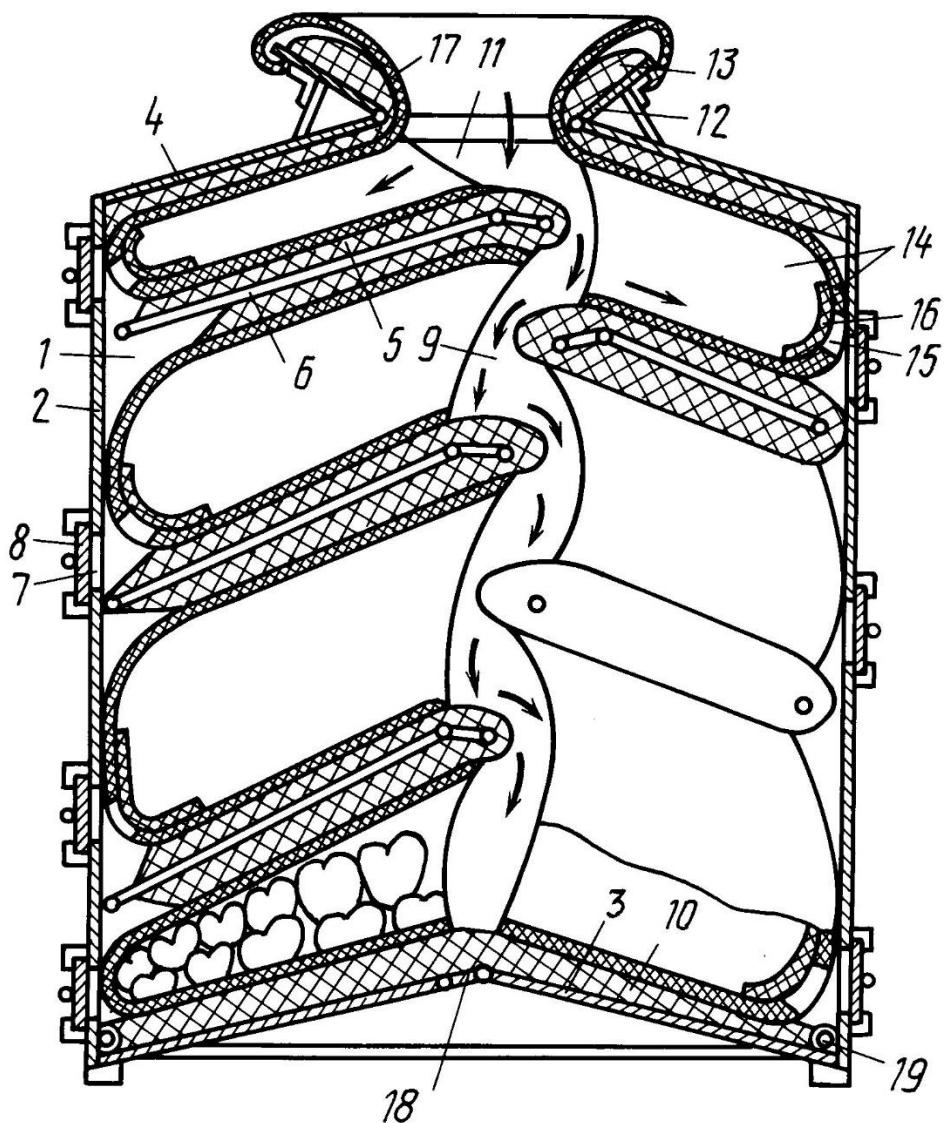
Технология хранения картофеля в США предполагает наличие отдельного помещения для подготовки и переработки картофеля к продаже,

перерабатывающие заводы стараются располагать близко к картофельным фермам. Транспортировка картофеля в помещение подготовки картофеля происходит с помощью гидротранспортера. В момент транспортировки воздушные каналы выполняют функцию гирдопровода, из этого канала картофель попадает в сборочный канал, в котором установлен прутковый транспортер. По этому транспортеру клубни попадают на линию переработки. При таком способе транспортировки картофель отмывается от крупных загрязнений при этом не повреждаясь. В странах Европейского союза проектируются в основном картофелехранилища вместимостью от 1 до 25 тысяч тонн, при этом предусматриваются универсальные технологические циклы. Такие хранилища отличаются высокой стоимостью строительства и высокой стоимости их содержания при дальнейшей эксплуатации [4]

1.6 Обзор контейнеров для хранения сельскохозяйственной продукции

Современная наука продолжает изыскания способов увеличить качество сельскохозяйственной продукции, изучает уже имеющиеся способы хранения и выращивания продукции. Это необходимо для понимания работы имеющихся процессов, выделения проблемы, и её решения, опираясь на опыт прошлых экспериментов.

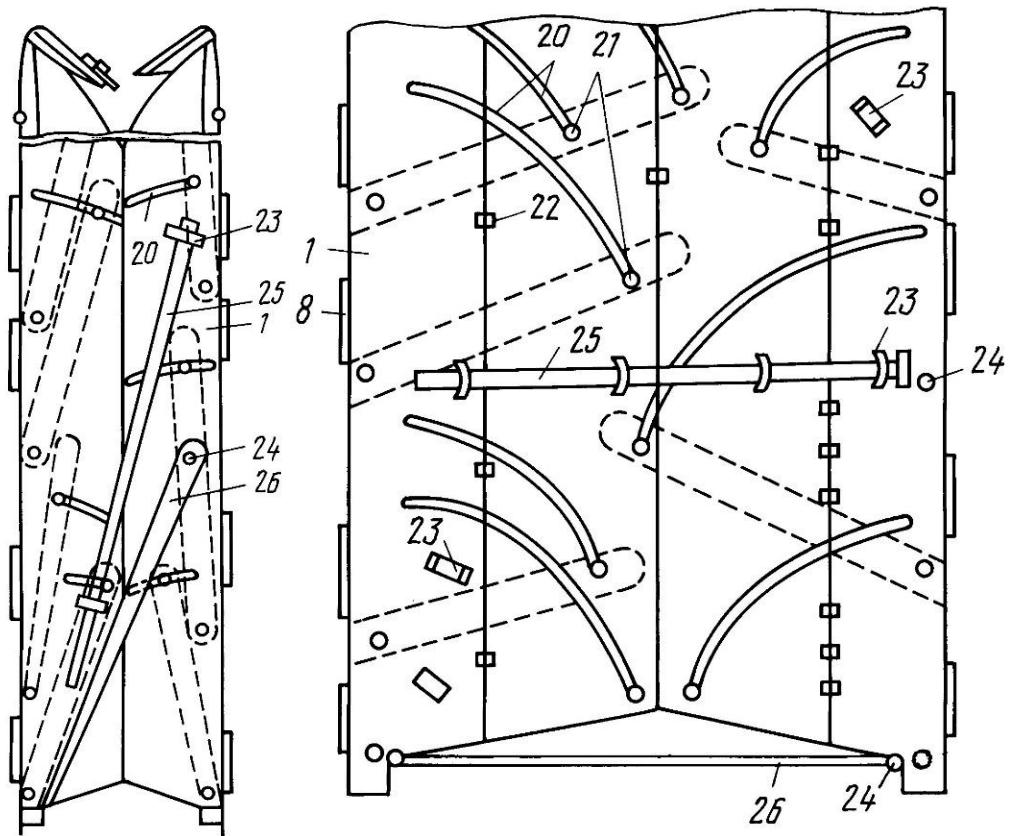
Хранение картофеля начинается с поля, поэтому с 1994 года наблюдается тенденция борьбы за минимизацию повреждений среди учёных – изобретателей. Появлялись различные конструкции контейнеров, позволяющие гасить колебания дороги, переделывались кузова грузовой техники, которая доставляет картофель на место хранения, модернизировались конвейерные линии для уменьшения повреждений.



1 – фронтальная стенка, 2 – боковая стенка, 3 – дно, 4 – крышка, 5 – потолок, 6 – сетка, 7 – выгрузное окно, 8 – закрываемый шибер, 9 – наклоненный зигзагообразный канал, 10 – прокладка, 11 – люк, 12 – створка, 13 – прокладка, 14 – мешок, 15 – отверстие, 16 – клапан, 17 – рукав, 18 – гибкое соединение, 19 – петля.

Рисунок 1.7 – «Контейнер для хранения и транспортировки плодов и овощей» (Патент РФ № 2014261) [45]

Одним из патентов на полезную модель тары для хранения и перевозки сельскохозяйственной продукции стал «Контейнер для хранения и транспортировки плодов и овощей» RU 2 014 261 C1, патентообладателем является Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, дата публикации 26.06.1994 год. Рисунок 1.7 иллюстрирует контейнер в общем виде, в разложенном состоянии, рисунок 1.8, контейнер в сложенном виде [38,45].



1 – фронтальная стенка, 8 – закрываемый шибер, 20 – дугообразные щели, 21 – крепежные упоры, 22 – гибкое соединение, 23 – скобы, 24 – зацепы, 25 – съемная жесткая распорка, 26 – съемная жесткая распорка.

Рисунок 1.8 – Шарнирные элементы и вид в сложенном состоянии «Контейнер для хранения и транспортировки плодов и овощей» [45]

На контейнере данной конструкции присутствовали разгрузочные окна как на стенах с полками (№2), так и на эластичных мешках (№14), выполненных в виде клапана (№16). Вибрация и удары, при движении транспортного средства должны были поглощаться за счёт использования эластичных полок (№5), прокладок (№10), эластичного мешка (№14) и стенок рукава (№17). Так же, с использованием полок получилось уменьшить давление верхних слоёв картофеля на нижние, что благоприятно сказалось на конечном результате по уменьшению потерь картофеля [38,45].

Контейнер в своей конструкции предполагал наличие шарнирных элементов, для его складывания при окончании перевозки – хранения. Это

позволяло уменьшить занимаемое пространство для хранения контейнеров, оперативно и в большом количестве перевозить их на место загрузки [38,45].

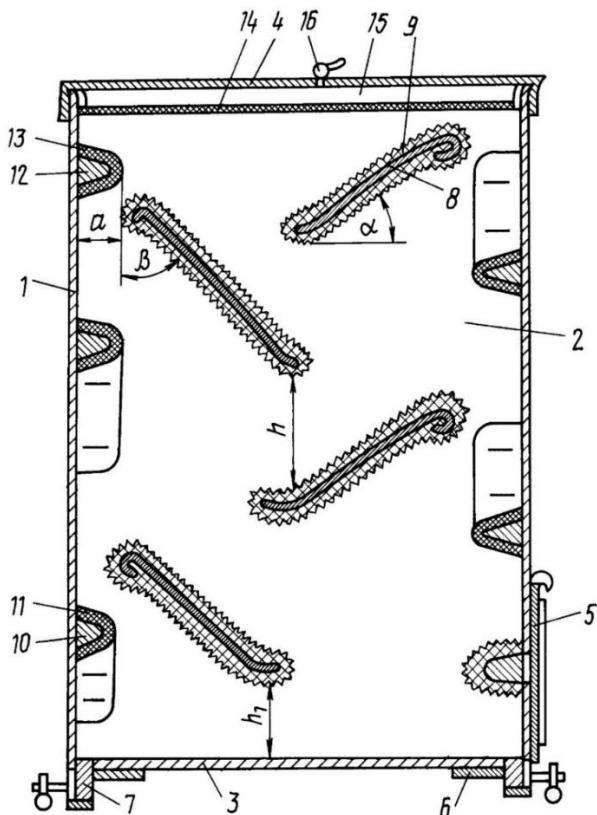
На данный момент, можно сказать, конструкция является не удачной по ряду причин: [38,45]

- 1) Низкая надёжность шарнирных элементов в условиях полевой эксплуатации;
- 2) Потеря полезного объёма контейнера на 20-30% из-за конструкции с применением эластичных мешков и полок;
- 3) Имеется шанс образования пустот внутри контейнера, из-за того, что картофель может плохо скатываться;
- 4) Трудности при загрузке продукции в данный контейнер непосредственно комбайном из-за малого загрузного отверстия;
- 5) Высокая длительность загрузки;
- 6) Высокая длительность выгрузки из-за большого количества выгрузных окон;
- 7) Невозможность штабелирования контейнеров для хранения;
- 8) Сложность конструкции не только увеличила стоимость данного контейнера, но и уменьшила ремонтопригодность и срок службы;
- 9) Все эти вышеперечисленные обстоятельства не позволяют этой конструкции контейнеров стать востребованными у массовых потребителей таких как сельскохозяйственные холдинги КФР, ИП.

Цель достигается тем, что в контейнере для корнеплодов, включающем быстросборные наружные ограждения, состоящие из фронтальных и боковых стенок, выгрузного окна, полок, дна, крышек, поддона с опорами в виде продольных брусьев. Полки снабжены рифлеными и эластичными оболочками, изготовлены в поперечном сечении S-образной формы и наклонены к горизонтальной плоскости под острым углом вниз, при этом между последними и верхними продольными кромками полок выполнены зазоры, под которыми на боковой стенке зафиксированы демпфирующие овальные в поперечном сечении выступы, причем полки в поперечном

сечении размещены в два вертикальных ряда порядке подобном расположенным в одной плоскости ветвям деревьев, при том нижние кромки полок расположены друг над другом с образованием зазоров, кроме того, дно и опоры поддона установлены на амортизирующие элементы, при чем опоры поддона снабжены подшипниками с подъемными стойками и фиксаторами, пара из которых закреплена в средней части поддона [45].

Далее рассмотрим патент № RU 2 014 260 С1 – «Контейнер для корнеплодов», рисунок 1.9. Данный патент так же был опубликован 15.06.1994 года, а патентообладателем является Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Данное изобретение так же относится к таре и сфере его применения направлена на транспортировку и хранение овощной продукции корнеплодов [38,44].

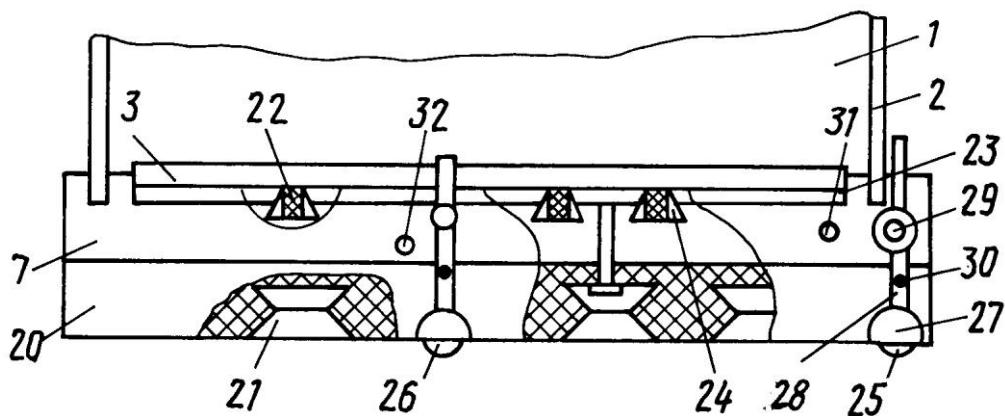


1 – стенка, 2 – стенка, 3 – дно, 4 – крышка, 5 – закрываемый шибер, 6 – поддон, 7 – опора, 8 – полки S-образной формы, 9 – эластичная оболочка, 10 – выступ, 11 – рифленая оболочка, 12 – выступ, 13 – оболочка, 14 – эластичная мембрана, 15 – пневматическая камера, 16 – обратный клапан

Рисунок 1.9 – «Контейнер для корнеплодов». Патент № RU 2 014 260 С1 [44]

Контейнер, изображён на рисунке 1.9, доставляется к месту загрузки в разобранном виде, отдельно от платформы-гасителя колебаний. Загрузка осуществляется сверху, путём снятия крышки 4. Картофель с транспортерной ленты падает на полку 8 с эластичным материалом 9 после чего падает дальше на дно контейнера. Выгрузка контейнера осуществляется путём открытия окна выгрузки 5. Цель изобретения - уменьшение повреждений корнеплодов при одновременном ускорении их загрузки и выгрузки [38,44].

Контейнер данной конструкции так же является технически сложным не только из-за конструкции самого «ящика», где непосредственно хранится продукция, но и из-за технической сложности поддона контейнера и методики работы с данным контейнером. Общий вид поддона изображён на рисунке 1.10 [44].



1 – стенка, 2 – стенка, 3 – дно, 7 – опора, 20 – эластичная прокладка, 21 – углубления-присоски, 22 – эластичный цилиндр, 23 – зазор, 24 – конические углубления, 25 – подшипник, 26 – подшипник, 27 – корпус подшипника, 28 – подъемная стойка, 29 – ось поворотная, 30 – фиксатор, 31 – отверстие фиксатора, 32 - отверстие фиксатора.

Рисунок 1.10 – Общий вид поддона «Контейнер для корнеплодов». Патент № RU 2 014 260 C1 [44]

В патенте на полезную модель выделены следующие недостатки:

1. сложность изготовления;
2. большие повреждения продукции;
3. неудобства при загрузке и выгрузке продукции.

Исходя из того, что целью изобретения являлось уменьшение повреждений корнеплодов при одновременном ускорении их загрузки и

выгрузки можно сделать вывод, что результаты исследования не достигнуты, и необходимо работать в направлении уменьшения потерь при загрузке и хранении, при этом стараться уменьшить расходы на изготовление контейнера, обеспечивая высокую ремонтопригодность, простоту конструкции и обслуживания.

Следующим изучаемым патентом стал патент №RU2 732 641 «Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля», патентообладателем является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" [47].

Основное отличие от других контейнеров — это установка вибромашинки для встряхивания массы продукции в контейнере для её уплотнения, чтобы убрать вероятность образования больших пустот в массе продукции. Далее, можно выделить что секции контейнера разделены друг от друга, что может позволить хранить сразу несколько сортов в одном контейнере. Это может быть полезно для малых предприятий или частных лиц [38,47].

Сам контейнер установлен на поддон с прикреплёнными коническими пружинами, для уменьшения колебаний во время движения. Так же в контейнере вмонтированы трубки-воздуховоды, что положительно скажется на качестве сохраняемой продукции внутри контейнера при использовании активного вентилирования, выводы этих трубок находятся по бокам контейнера, а подключение к системе вентилирования возможно при установке специальных электровентиляторов, или гофрированных эластичных воздуховодов.

К минусам данного контейнера можно отнести:

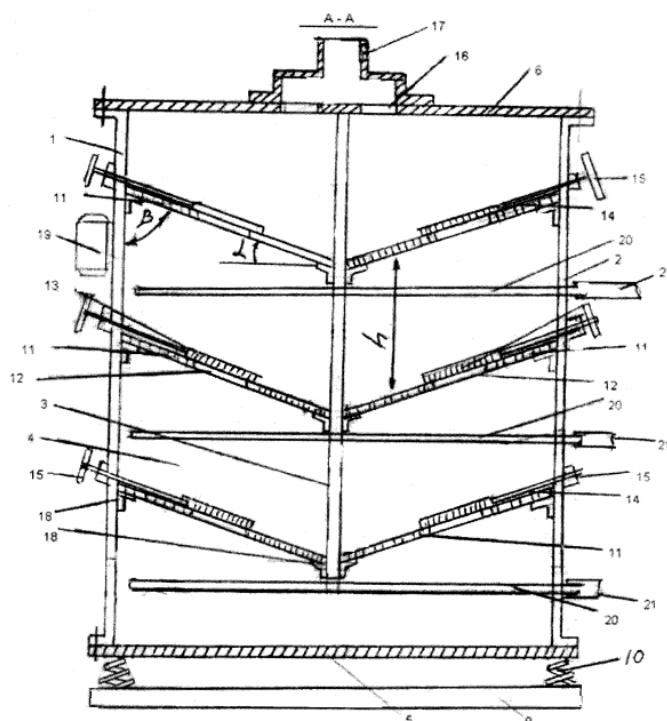
- сложность изготовления, высокая выходная цена
- требование питания электромотора вибромашинки при загрузке, при этом электромотор не является быстросъёмным, и его требуется устанавливать на каждый контейнер, а цена его соразмерна с четырьмя контейнерами без электромотора

-усложнённая выгрузка продукции из контейнера из-за того, что существует множество секций, которые необходимо открывать поочереди, что в свою очередь уменьшает скорость выгрузки

-нет возможности установки «контейнер на контейнер» без отсоединения воздуховода, а подключение воздуховодов, встроенных в контейнер к штатной системе вентиляции затруднено или невозможно из-за маленького пространства между штабелями контейнеров

-маленькая скорость загрузки

Применение данного контейнера узконаправлено, и нацелено в основном на малые хозяйства или на небольшие семеноводческие предприятия, для которых пространство не играет роли, а решающее значение имеет снижение повреждений и потерь продукции [38,47].

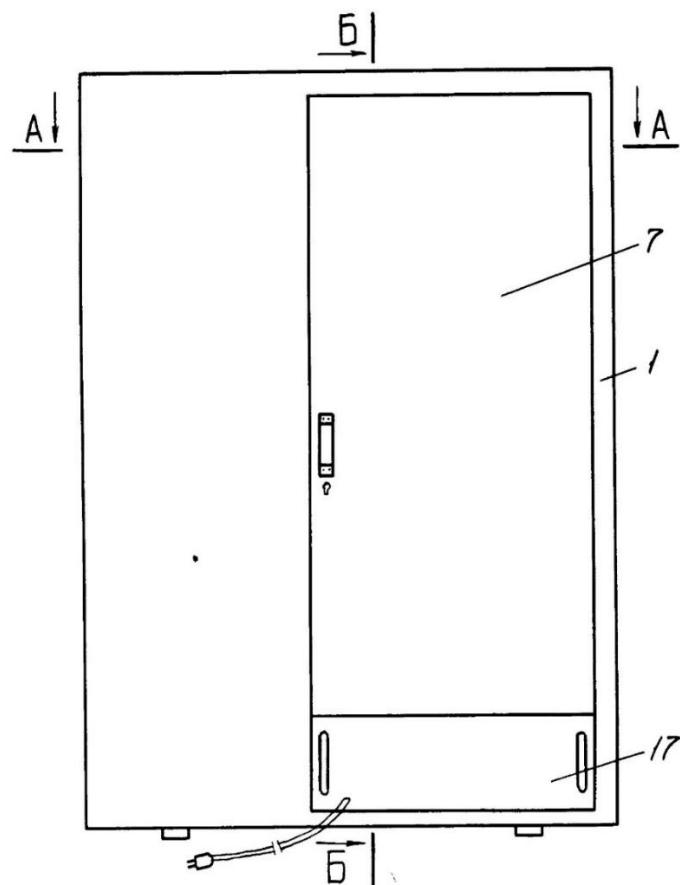


1, 2 – боковые продольные стенки, 3 – центральная стенка, 4 – фронтальная стенка, 5 – дно, 6 – крышка, 7 – выгрузное окно, 8 – дверка, 9 – поддон, 10 – коническая пружина, 11 – перфорированная полка, 12 – перекрываемое окно, 13 – заслонка, 14 – винт, 15 – рукоятка, 16 – вырез, 17 – вытяжная труба, 18 – упор, 19 – электровибратор, 20 – перфорированные полки, 21 – воздуховоды

Рисунок 1.11 – «Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля».

Патент №RU2 732 641 [47]

Так же, имелись конструкции контейнеров не только для полностью складского хранения, но и автономные, которые имели термоэлектрический охладитель-нагреватель. Например, патент на изобретение № 2078494, A01F 25/14, B65D 85/34 «Контейнер для хранения овощей и фруктов», патентообладатель Банщиков В.Л. Это устройство изготавливалось с термоизолированным корпусом и содержало в себе термоэлектрический охладитель-нагреватель, датчик, блок управления, блок реверса полярности, увлажнитель воздуха, вход – который связан с блоком управления и выход, подключённый в помещении хранения [46].

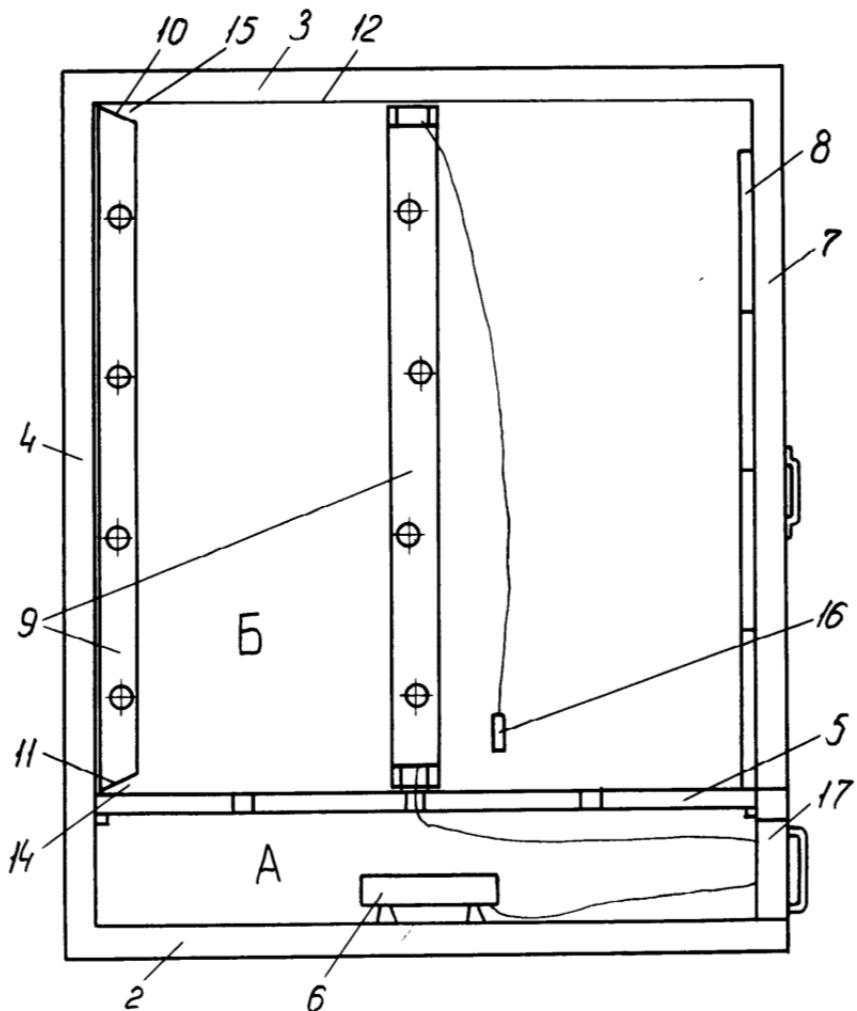


1 – корпус, 7 - загрузочно-разгрузочное отверстие с дверкой, 17 – терморегулятор

Рисунок 1.12 – «Контейнер для хранения овощей и фруктов». Патент на изобретение № 2078494 [46]

Технический результат достигается тем, что в известном устройстве, содержащем теплоизолированный корпус, термоэлектрический охладитель нагреватель, блок управления, электровентилятор, датчик температуры, задатчик, блок реверса полярности дополнительно содержит увлажнитель

воздуха, вход которого связан с блоком управления, выход подключен к помещению устройства.



2 – днище, 3 – верхняя стенка, 4 – боковая стенка, 5 – днище камеры хранения, 6 – электродвигатель, 7 – загрузочно-разгрузочное отверстие с дверкой, 8 – разборная загородка, 9 – воздуховод, 10 и 11 – торцы воздуховода, 12 – внутренняя поверхность верхней стенки, 14 – нижний зазор между воздуховодом и днищем, 15 – верхний зазор, 16 – датчик температуры, 17 – терморегулятор

Рисунок 1.13 – «Контейнер для хранения овощей и фруктов». Патент на изобретение № 2078494 [46]

Кроме того, устройство содержит окно в корпусе: вход окна герметически связан с теплоизолированной дверью, выход сообщен с помещением корпуса; теплоизолированная дверь электрически связана с исполнительным механизмом; вход электровентилятора подключен через

блок управления к таймеру, выход установлен в корпусе устройства с возможностью проветривания помещения [46].

Контейнер является автономным оборудованием для хранения овощной продукции и подходит только для хранения небольшого объёма товара.

1.7 Выводы по главе

На основе проведённого обзора можно сделать следующие выводы:

1. Потери, при хранении картофеля достигают величин, которые значительно превышают нормы естественной убыли.

2. Современные картофелехранилища являются базой хранения картофеля, развитие этих баз является перспективным направлением для исследований и создания оборудования для обеспечения микроклиматических параметров хранения.

3. На текущий момент уже достаточно чётко разработаны способы хранения картофеля.

4. Теоретические исследования недостаточно рассматривают влияние вентиляционных установок на движение воздуха между контейнерами внутри помещения хранилища.

1.8 Задачи исследования

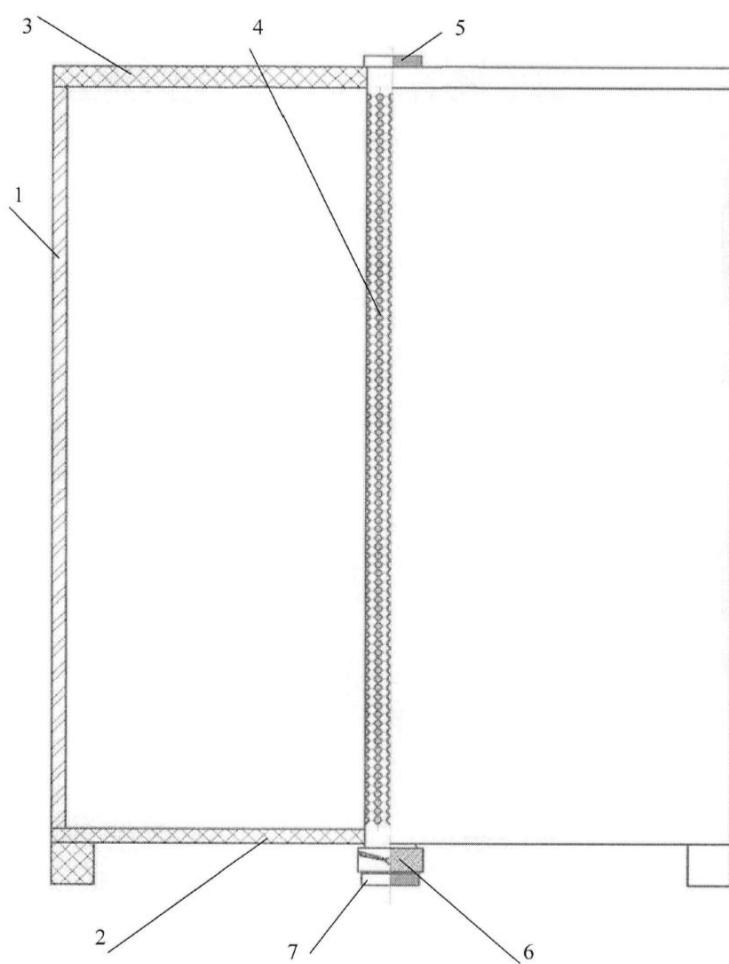
Согласно основной цели исследования, которая заключается в уменьшении потерь семенного и продовольственного картофеля при хранении, были выделены следующие задачи исследования:

1. Анализ существующих технологий хранения картофеля
2. Проведение теоретического обоснования параметров процесса подготовки для хранения семенного картофеля в контейнере в модифицированной газовой среде
3. Проведение лабораторных исследований контейнера для хранения картофеля на территории УНИЦ «Агротехнопарк»;
4. Произвести расчёт экономического эффекта от применения контейнера для хранения картофеля, на основе данных полученных при производственных исследований контейнеров на базе ООО «Церлево».

Глава 2. Теоретические исследования хранения семенного картофеля в контейнере для хранения картофеля (КДХК)

2.1 Конструкция КДХК

Для реализации способа хранения семенного картофеля в регулируемой газовой среде (РГС) и модифицированной газовой среде (МГС) был предложен контейнер. Контейнер герметичный и предназначен для хранения картофеля, в том числе семенного. Он имеет следующий вид (рис. 2.1) [48].



1 - корпус; 2 – дно; 3 - крышка; 4 - перфорированный воздуховод; 5 - фитинг; 6 - дроссель-клапан; 7 - фитинг.

Рисунок 2.1 – Рисунок КДХК (патент РФ на полезную модель №222055)

При работе над конструкцией проанализированы патенты схожих конструкций, а также, проведено изучение регулируемых параметров при хранении картофеля и технических средств для анализа и контроля задаваемых параметров при хранении [48].

КДХК состоит из деревянного герметичного корпуса 1, дна 2 и крышки 3. Герметичность контейнера обеспечивается за счёт использования сухой сосновой доски 1 сорта и приклеивания стыков досок силиконовым герметиком ТехноНИКОЛЬ. Допускается применение доски 2 сорта, при условии отсутствия крупных сучков на доске, которые в теории могут разгерметизировать контейнер. [48].

«По середине контейнера установлен перфорированный воздуховод 4, который служит для распределения подаваемого воздуха по всей площади контейнера. На дно 2 контейнера установлен герметичный дроссель-клапан 6, необходимый для соединения в штабель с другими контейнерами подобной конструкции» [48].

На крышке 3 установлен фитинг 5, который позволяет подключать воздуховоды и контейнеры похожей конструкции для организации штабеля продукции. Фитинг выполнен из резино-подобного пластика В-flex. Фитинг 5 изготовлен по технологии 3D печати. Он обеспечивает герметичное соединение фитинг - дроссель-клапан или фитинг – воздуховод. Герметичность запирания крышки 3 и корпуса 1 обеспечивается за счёт применения прокладки, выбитой из сантехнической резины толщиной 5 мм. Прокладка состоит из нескольких частей, которые соединяются между собой соединением «ласточкин хвост», обеспечивая экономию материала (резины) и требуемую герметичность. Крышка 3 прижимается к корпусу контейнера 1 с помощью стягивающихся строп [48].

«Устройство работает следующим образом. Контейнер, после укладки продукции и запирания крышки устанавливается в заданном месте, в хранилище, и, при необходимости, формируется штабель. Штабель контейнеров подключается к системе вентиляции. Контроль микроклимата внутри контейнера поддерживается за счёт датчиков, установленных в насыпи продукции внутри контейнера. Контейнер изготовлен герметичным, и позволяет хранить картофель как при обычным вентилировании, так и в РГС» [48].

2.2 Теоретическое исследование способа хранения семенного картофеля в МГС

2.2.1 Теоретическое исследование скважности продукции в КДХК

Необходимо произвести расчеты пустого пространства (скважности) в насыпи картофеля, так как это будет влиять на количество подаваемого газа в КДХК. Расчет скважности насыпи позволит определить экономический эффект от применения КДХК в производственных исследованиях.

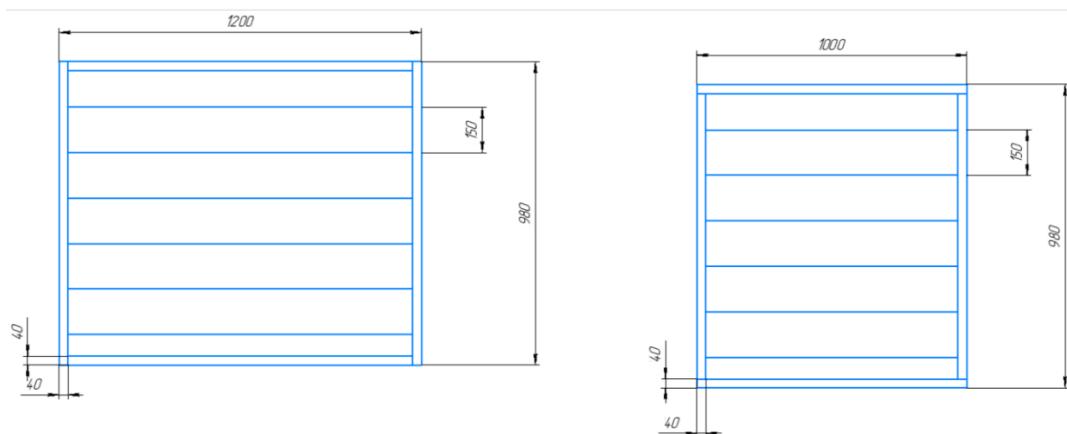


Рисунок 2.2 – Схема боковых стенок контейнера.

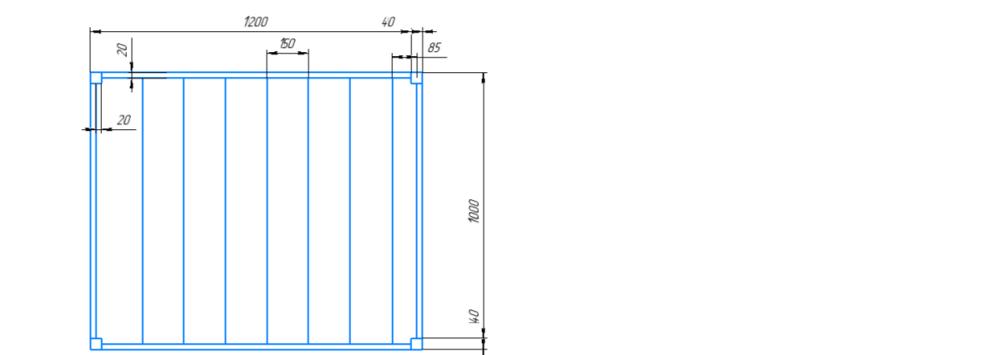
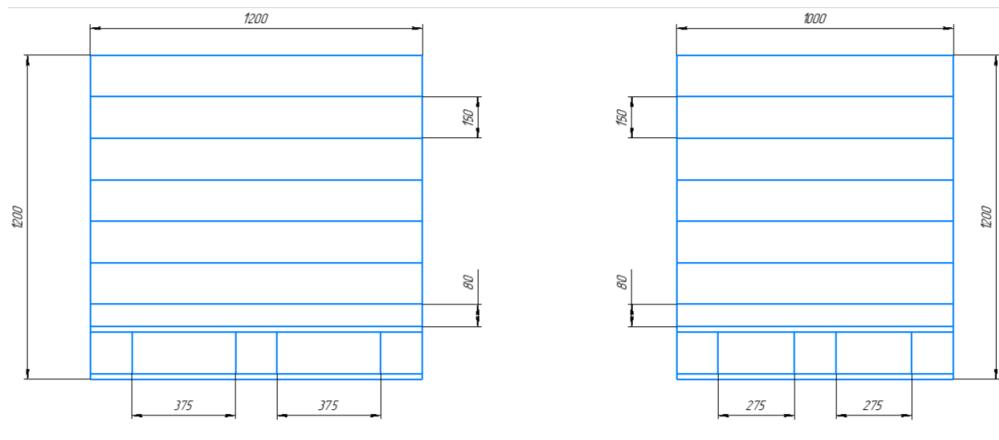


Рисунок 2.3 – Схема контейнера.

Для расчета пустого пространства, необходимо рассчитать объем КДХК, объем картофеля, насыпной объем картофеля. Примем, что наружные размеры контейнера равны 1200*1000*1200мм, исходя из стандартных размеров поддонов [64]. Необходимо найти объем пустого пространства внутри контейнера, исключив толщину стенок, перегородок и перфорированной трубы. Обратимся к схеме корпуса контейнера, рисунок 2.2, и рисунок 2.3.

Анализируя представленные чертежи, можно выявить, что объем внутреннего пространства контейнера находится по формуле (2.1).

$$V_k = a_1 b_1 c_1 - 2a_2 b_2 c_2 - 4a_3 b_3 c_3 - 2a_4 b_4 c_4 - \pi R^2 h \quad (2.1)$$

где, V_k – объем контейнера рабочий, $a_1 b_1 c_1$ – объем контейнера без учета реек боковых стенок; $a_2 b_2 c_2$, $a_3 b_3 c_3$ и $a_4 b_4 c_4$ объем реек боковых стенок, R – радиус трубы вентиляционной наружный; h – высота части трубы, занимающая рабочее пространство в контейнере.

После проведения расчетов получим «полезный» объем контейнера.

Далее, необходимо узнать объем, который занимает картофель внутри контейнера. Известно, что фракция картофеля, закладываемого на хранение 3-5+, при этом, фракция соответствует диаметру картофеля, где 3 – 30мм, 4 – 40мм, 5 – 50мм. Для более точного расчета необходимого количества газа для проведения полного воздухообмена в контейнерах для хранения картофеля, семена необходимо сортировать и раскладывать в контейнеры по классам. Для расчета применяется среднее значение размера картофеля по фракции или классу (для 3 класса 30-39мм, для 4 класс 40-49мм, для 5 класса 50-59мм), но важно понимать, что в ГОСТ 33996-2016 указываются точные размеры клубня по минимальному поперечному диаметру 28-60мм, при этом, продольный диаметр значения не имеет, поэтому важно учитывать не только размер по поперечному диаметру, но и сортовые особенности картофеля, в нашем случае, картофель сорта «Гала». Клубни картофеля данного сорта являются продолговатыми, и напоминают эллипсоид. Необходимо рассчитать вес и объем клубня для получения данных по плотности одной картофелины [19].

Возьмем за допущение, что картофель имеет форму эллипсоида, и рассчитаем его объем.

$$V = \frac{4}{3}\pi abc \quad (2.2)$$

где, a , b , c – размеры картофеля в 3х плоскостях x , y , z .

Согласно схематическому изображению на рисунке 2.4 измеряется размер картофелины a , b и c для дальнейших вычислений объемных показателей и параметра плотности картофеля.

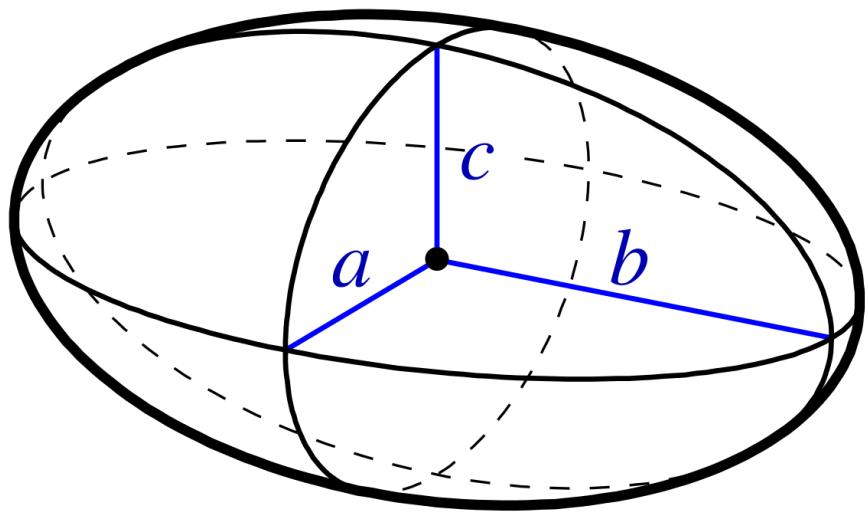


Рисунок 2.4 – Схематичное изображение картофеля (эллипсоид)

При весе измеряемой картофелиной m находим плотность по формуле:

$$\rho_{\text{кар}} = \frac{m}{V} \quad (2.3)$$

где, m – масса клубня, кг; V – объем клубня м^3 ; $\rho_{\text{кар}}$ – плотность клубня $\text{кг}/\text{м}^3$.

Зная вес картофеля в экспериментальном контейнере, получаем плотность насыпи – $\rho_{\text{н}}$

Скважность насыпи (С) определяется по формуле:

$$C = V_{\text{к}} - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{кар}}} * V_{\text{к}} \quad (2.4)$$

где $V_{\text{к}}$ – объем контейнера, м^3 ; $\rho_{\text{н}}$ – плотность насыпи продукции, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho_{\text{кар}}$ – плотность картофеля, $\text{кг}/\text{м}$; C – скважность насыпи, м^3 .

Алгоритм расчетов, применяемый выше используется для расчетов скважности насыпи исходя из среднего размера клубне-плода в контейнере для хранения картофеля.

В результате проведения расчетов получится необходимое количество газа для организации хранения в МГС, где требуемый уровень CO_2 составляет 10-20%.

2.2.2 Теоретическое исследование процесса подготовки МГС

Хранение картофеля тесно связано с процессом дыхания клубней из-за его биологических особенностей. Основным и благоприятным видом дыхания для картофеля является «аэробное» дыхание. Такой тип дыхания позволяет картофелю храниться длительное время без потери качества [73].

Аэробное дыхание [73].



Кислород + Глюкоза \rightarrow Угл.газ + Вода + тепловая энергия

При аэробном дыхании картофель выделяет в окружающую среду тепловую энергию Q и углекислый газ (CO_2). Интенсивность дыхания зависит от температуры окружающей среды и от содержания кислорода O_2 и углерода CO_2 .

Важно поддерживать уровень кислорода в таком диапазоне, чтобы картофель не испытывал его недостаток. Из-за нехватки кислорода в поддерживаемой газовой среде, происходит переход к неблагоприятному распаду углеродов (анаэробному). При этом, интенсивность дыхания зависит от зрелости, поврежденности клубней и периода хранения. Недозревший и поврежденный клубень дышит активнее [73].

Чтобы не допустить перехода на анаэробное дыхание клубне плодов необходимо четко следовать выбранной технологии хранения и не допускать отклонений в работе оборудования.

В книге «Иновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля» описывается технология хранения картофеля и

уточняется применение РГС. Отмечается снижение потерь массы картофеля при его длительном хранении.

Существуют следующие технологии хранения в РГС, с различными составами газа в процентном соотношении [8,22].

1. Традиционная (Traditional Controlled Atmosphere):

Содержание газа CO_2 : 3 – 5%; O_2 : 3 – 4% [8,22].

2. Низкое содержание кислорода (Low Oxygen):

Содержание газа CO_2 : 1 – 3%; O_2 : 2 – 2,5% [8,22].

3. Ультранизкое содержание кислорода (Ultra Low Oxygen):

Содержание газа CO_2 : 0 – 2%; O_2 : 1 – 1,5% [8,22].

Установлено, что при применении данных технологий лучше сохраняется твердость и свежесть продукта за счет снижения интенсивности дыхания клубней [22].

Так же, выделяется и такой способ хранения как МГС. При таком способе хранения, поддерживается состав МГС на уровне CO_2 : 10 – 20%; O_2 : 2 – 7% и N_2 : 73 – 88% [8,22].

Для определения концентрации газов можно использовать газоанализаторы и датчики, подключаемые к ПЛК по протоколу Modbus RTU через интерфейс RS-485, или через аналоговые выходы датчиков к аналоговым входам ПЛК, при этом, в процессе хранения важно учитывать не только концентрацию газов, но и влажность воздуха, чтобы избежать больших потерь продукции, при этом важно учитывать термодинамические процессы, протекающие в контейнере для хранения картофеля, чтобы избежать процесса сушки продукции, а так же поддерживать газовую среду оптимальной для хранения [24,27].

Для формирования газовой среды, оптимальной для хранения картофеля (МГС) в атмосферный воздух будут добавляться технические газы. За базовые показатели концентрации газов в атмосферном воздухе примем содержание элементов и соединений в атмосферном сухом воздухе на уровне моря, при температуре 0 °C и давлению 101325 Па (таблица 2.1). Известно, что в

атмосфере находится 15 элементов и соединений, 13 из которых имеют подтвержденную концентрацию выше 0,000001%, а 2 содержатся только в виде следа одной или нескольких молекул, процентное соотношение которых ничтожно мало. [80].

Таблица 2.1. Содержание элементов и соединений в атмосферном сухом воздухе на уровне моря, при температуре 0 °С и давлению 101325 Па [21].

№	Название	Химическое обозначение	Объемные доли, в %	Массовые доли, в %
1	Азот	N_2	78,084	75,5
2	Кислород	O_2	20,946	23,15
3	Аргон	Ar	0,934	1,292
4	Углекислый газ	CO_2	0,03	0,046
5	Неон	Ne	0,001818	0,00014
6	Метан	CH_4	0,0002	0,000064
7	Гелий	He	0,000524	0,000084
8	Криптон	Kr	0,000114	0,0003
9	Водород	H_2	0,00005	0,00008
10	Ксенон	Xe	0,0000087	0,00004
11	Озон	O_3	0,000007	0,0000064
12	Диоксид азота	NO_2	0,000002	0,000002
13	Йод	I_2	0,000001	0,000001
14	Монооксид углерода	CO	Присутствуют следы	Присутствуют следы
15	Аммиак	NH_3	Присутствуют следы	Присутствуют следы

Из таблицы 2.1 видно, что основную часть атмосферного воздуха занимает азот, кислород, аргон и углекислый газ. Но так же в нем содержится вода в виде водяного пара (H_2O) и в зависимости от температуры окружающей среды её содержание в 1 м³ может сильно варьироваться, в связи с чем,

варьируется и концентрация газов, содержащихся в 1 м³ объема воздуха, а при превышении предельной концентрации воды в воздухе наступает точка росы.

Для хранения картофеля важна высокая влажность, но при этом требуется не допустить появления росы. Поэтому необходимо понимать, какое количество воды содержится в помещении хранилища для контроля за уровнем влажности. Известно, что интенсивность дыхания снижается при температуре меньше 10 °C. С помощью датчиков возможно анализировать содержание воды в воздухе изучением показателей влажности и температуры. Измеряя эти показатели, можно изучать интенсивность дыхания массы всей продукции и вносить изменения в работу вентиляции [54,68].

Необходимо рассчитать содержание газов в воздухе при уровне влажности, пригодной для хранения семенного картофеля.

Воздушная среда в КДХК условно рассматривается как смесь, которая содержит n-число компонентов и водяной пар.

Беря в расчеты водяной пар, процентное соотношение газа будет отличным от данных таблицы 2.1, так как влажность в помещении хранилища достигает 95%, поэтому, необходимо рассчитать содержание воды в помещении хранения на 1м³ при различных условиях хранения продукции (минимальная и максимальная).

Для начала, вычислим влагосодержание с целью определения рабочей зоны хранения картофеля. Для того, чтобы найти количество водяного пара в 1 м³, воспользуемся следующей формулой (2.6).

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} * 100\%, \quad (2.6)$$

где: ρ – плотность водяного пара , Г/м³, ρ_0 – плотность насыщенного водяного пара , Г/м³.

Выразив ρ , получим:

$$\rho = \frac{\rho_0 * \varphi}{100\%} \quad (2.7)$$

Так как давление, создаваемое вентиляционной системой, не превышает 10 мм.рт.ст. из-за использования вентилятора низкого давления, то можно

сказать, что давление нормальное, атмосферное, и в расчетах плотности газа им можно пренебречь, а последующие расчеты проводить для газа нормального атмосферного давления.

Рассмотрим график (рисунок 2.5), который формируется исходя из расчетов по формуле (2.7). На нем видно содержание водяного пара в зависимости от температуры в помещении хранилища при различных показателях влажности. Формула расчета содержания воды в воздухе необходима для исчисления расхода воды увлажнителем при подготовке воздушной смеси.

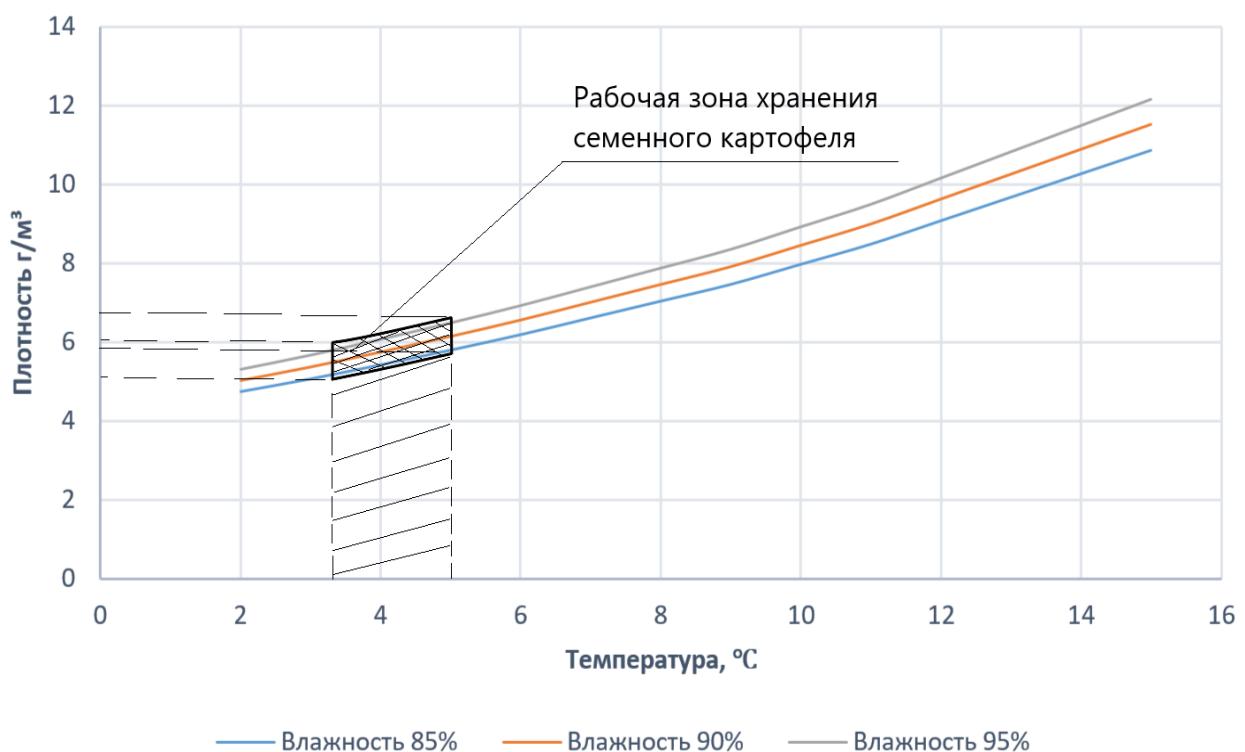


Рисунок 2.5 – График зависимости температуры и влагосодержания при различной относительной влажности воздуха.

На графике видно линии, которые стремятся по мере роста температуры к верхней его части графика. С возрастанием температуры растет и плотность. Это значит, что чем выше температура в хранилище, тем больше воды необходимо добавлять в воздушную среду увлажнителем. На графике (рисунок 2.5.) обозначена зона, которая является рабочей при хранении картофеля, поэтому, показания датчиков в этой зоне принимаются за базовые,

при выходе показателей за предел выделенной зоны графика, влажность температуру необходимо корректировать.

Для расчета содержания газа в процентном соотношении, будет применяться расчет в объемных и массовых долях газа. Это необходимо для дальнейших расчетов сухого атмосферного газа, с целью получения необходимой концентрации таких газов как кислород, азот и углекислый газ с целью достижения необходимой концентрации МГС.

Для расчета влагосодержания применяется формула 2.9

$$d = 621,98 \frac{\varphi * p_{\text{нас}}}{p_0 - \varphi * p_{\text{нас}}} \quad (2.8)$$

где, d – влагосодержание, г/кг; p_0 – барометрическое давление, Па; φ – относительная влажность воздуха, ($\varphi\% / 100$); $p_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара при температуре t , Па.

Для более точного расчета давления насыщенного пара в программе ПЛК при различных температурах будет применяться уравнение Антуана [55](2.9)

$$\log_{10} P_{\text{нас}} = A - \frac{B}{C+t} \quad (2.9)$$

$$P_{\text{нас}} = 10^{A - \frac{B}{C+t}} \quad (2.10)$$

где, A, B, C – константы Антуана; t_p – температура расчетная, ($^{\circ}\text{C}$); $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара в мм.рт.ст.

Таблица 2.2. Константы Антуана [55].

№	Переменная			Границы температур	
	A	B	C	$T_{\text{мин}} \text{ } ^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{макс}} \text{ } ^{\circ}\text{C}$
1	8,07131	1730,63	233,426	1	99
2	8,14019	1810,94	244,485	100	374

Для наших исследований подходит область измерения температуры от 1 до 99°C , поэтому возьмем данные из 1 строки таблицы 2.2. Предполагается, что в камере подготовки воздуха, температура не будет находиться ниже порогового предела, 1°C , если в камере подготовки воздуха температура

опустится ниже предела, это будет свидетельствовать об отказе оборудования и необходимости его ремонта.

Итого получаем:

$$d = 621,98 \frac{\varphi * 133,32 \left(10^{A - \frac{B}{C+t}} \right)}{p_6 - \varphi * 133,32 \left(10^{A - \frac{B}{C+t}} \right)}, \frac{\text{г}}{\text{кг}} \quad (2.11)$$

Для того, чтобы перевести полученное значение влагосодержания $\Gamma/\text{кг}$ в $\text{г}/\text{моль}$, необходимо приравнять следующее:

$$d \frac{\text{г}}{\text{кг}} \approx \frac{22,4d}{816} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad (2.12)$$

Для нахождения объемной доли компонентов газовой смеси, включая водяной пар, при заданных условиях, необходимо в первую очередь определить массовые параметры воздушной смеси. Рассмотрим таблицу 2.1 элементов и соединений в атмосферном сухом воздухе на уровне моря, при температуре 0 °С и давлению 101325 Па.

Анализируя таблицу 2.1, можно увидеть, что в сухом воздухе содержатся 4 основных компонента газовой смеси. Содержание же остальных компонентов ниже 0,01%, поэтому ими можно пренебречь, а в расчетах использовать только 5 компонентов: Азот; Кислород; Аргон; Углекислый газ. Определим процентное соотношение содержания газов во влажном воздухе через парциальное давление газов.

По закону Дальтона, сумма парциальных давлений газов равняется общему давлению смеси газов. В нашем случае – атмосферное давление ($P_{\text{бар}}$):

$$P_{\text{бар}} = \sum_{i=1}^n P_i = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{Ar} + P_{CO_2} + P_{H_2O} \quad (2.13)$$

где, $P_{\text{бар}}$ – давление барометрическое, P_{N_2} – парциальное давление азота, P_{O_2} – парциальное давление кислорода, P_{Ar} – парциальное давление аргона, P_{CO_2} – парциальное давление углекислого газа, P_{H_2O} – парциальное давление водяного пара.

Рассчитаем массовые доли и объемные доли каждого газа на 1 единицу объема, полученные результаты занесем в таблицу. Для расчета определим парциальное давление водяного пара по формуле (2.14)

$$P_{\text{пар}} = \frac{\varphi P_{\text{нас}}}{100\%} \quad (2.14)$$

где, $P_{\text{пар}}$ – парциальное давление водяного пара ($P_{\text{H}_2\text{O}}$), $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара, φ – влажность воздуха.

Итого получаем:

$$P_{\text{бар}} - P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{Ar}} + P_{\text{CO}_2} \quad (2.15)$$

При исключении водяного пара из атмосферного воздуха, атмосферный воздух становится сухим, поэтому дальнейшие расчеты для нахождения масс остальных газов можно проводить как для сухого воздуха.

$$P_{\text{бар}} - P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{бар}} - \frac{\varphi P_{\text{нас}}}{100\%} = P_{\text{с.в.}} \quad (2.16)$$

$$P_{\text{с.в.}} = P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{Ar}} + P_{\text{CO}_2} \quad (2.17)$$

Для расчета парциального давления каждого из газов необходимо знать массу газа в 1м^3 , при этом учитывать и наличие воды. Масса каждого газа в воздухе определяется исходя из его плотности, в зависимости от температуры и давления. Плотность сухого воздуха определяется по формуле, которая выражена из формулы Менделеева-Клапейрона (2.18) [34].

$$\rho = \frac{P_{\text{с.в.}} M}{RT} \quad (2.18)$$

где, ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; M – молярная масса сухого воздуха, $\sim 0,0289652 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; R – универсальная газовая постоянная, $8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$; T – температура, К.

Определив плотность воздуха, можно вычислить приблизительную массу каждого компонента атмосферной газовой смеси, проведя вычисления опираясь на таблицу 2.1, столбец «массовое содержание газа».

$$m = \rho \varphi_i \quad (2.19)$$

где, m – масса воздуха в 1м^3 , кг; φ_i – массовое содержание газа, $(\varphi_i / 100)$; ρ – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Найдем парциальное давление каждого газа в 1 м³ по формуле. Это необходимо для дальнейших расчетов по смешиванию газов в камере подготовки воздуха [34].

$$P_i = \frac{m}{M} RT = \frac{\rho \varphi_i}{M_i} RT \quad (2.20)$$

где, M_i – молярная масса i -компонента воздушной смеси, Г/моль.

Значения молярной массы для каждого компонента воздушной смеси для проведения расчетов:

$$M(N_2) = 28,0134 \text{ Г/моль};$$

$$M(O_2) = 31,9988 \text{ Г/моль};$$

$$M(Ar) = 39,948 \text{ Г/моль};$$

$$M(CO_2) = 44,00995 \text{ Г/моль};$$

За давление $P_{\text{бар}}$ – примем нормальное атмосферное давление в Рязанской области – 750мм.рт.ст., и температуре хранения картофеля 5°C получим следующие результаты:

$$\rho_{\text{с.в.}} = 1,241503491 \text{ кг/м}^3,$$

$$P_{N_2} = 580,42 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$P_{O_2} = 155,8 \text{ мм. рт. ст..}$$

$$P_{Ar} = 6,97 \text{ мм. рт. ст..}$$

$$P_{CO_2} = 0,225095 \text{ мм. рт. ст..}$$

$$P_{H_2O} = 6,4975 \text{ мм. рт. ст..}$$

При проверке сумм давлений, образуется $P_{\text{пр}}$ - давление прочих газов , которым можно пренебречь, $P_{\text{пр}} = 0,088105 \text{ мм. рт. ст.}$. Проанализировав давление, было определено объемное и массовое соотношение газов, в том числе водяного пара и записано в таблицу 2.3. Полученные данные необходимы для расчета концентрации углекислого газа и азота учитывая водяной пар.

Таблица 2.3. Концентрация газов в 1 м³ атмосферного воздуха при давлении 750 мм.рт.ст., t=5°C, и влажности φ=90%.

Название	Химическое обозначение	Объемное содержание, %	Массовое содержание, %	Количество вещества, моль
Водяной пар	H ₂ O	0,79082	0,5094	0,34162
Азот	N ₂	77,45748	75,1154	33,46024
Кислород	O ₂	20,79216	23,0321	8,98184
Углекислый газ	CO ₂	0,030038	0,04576	0,012976
Аргон	Ar	0,9295	1,2854	0,40153

Массовая доля компонентов газовой смеси определяется по формуле и записывается в таблицу 2.3 (2.21).

$$\omega_i = \frac{m_i}{m} = \frac{m_i}{\sum_n m_i} \quad (2.21)$$

где, ω_i – массовая доля i- компонента газовой смеси, m_i - масса i- компонента газовой смеси, m -масса газовой смеси.

Для расчета количества вещества будет применена формула (2.22). Результат вычисления записан в таблицу 2.3.

$$n = \frac{N}{N_a}, n = \frac{m}{M} \quad (2.22)$$

где, n – количество вещества, N – число молекул, N_a – число Авогадро, M – молярная масса , Г/моль; m - масса , г.

Для расчета объемного содержания газа воспользуемся формулой расчета концентрации газов через количество вещества, или молярный объем, который находится по формуле (2.23). Полученные данные записываются в таблицу 2.3.

$$\varphi = \frac{n_i}{\sum_i n} \quad (2.23)$$

где, φ – объемное соотношение, n_i – расчетный компонент газа

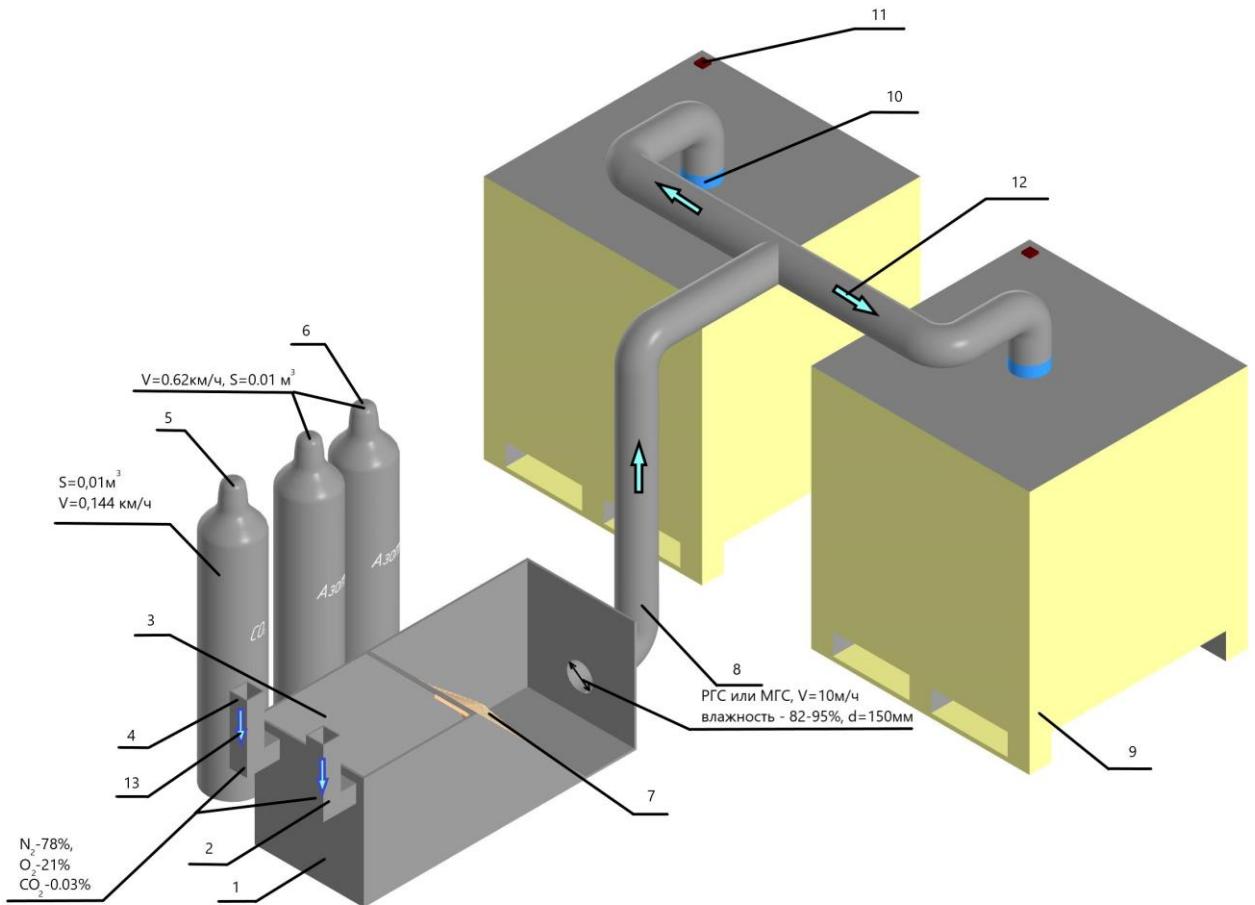
Рассмотрим общую конструкцию системы вентиляции. Основными элементами конструкции являются: канал воздушный, КДХК, камера подготовки воздуха и устройство подачи промышленных газов. Углекислый газ и азот подается в камеру подготовки воздушной смеси, что позволяет точнее корректировать её состав. Необходимо подавать газ CO_2 и N_2 с таким расходом и давлением, чтобы в процессе его смешивания в канале образовывалась воздушная смесь с необходимой концентрацией газов. Для этого устройство подачи газа предусматривает газовый редуктор, для корректировки и поддержания необходимого и стабильного давления газа.

Внутренний размер камеры составляет 1 м^3 , смешивание газов происходит перед вентилятором, подающим газ в канал-воздуховод. Подача организована так, чтобы при работе системы на выходе из воздуховода воздушная смесь имела заданный состав. В камере подготовки воздуха формируется воздушная смесь МГС, где $\text{CO}_2: 10 - 20\%$; $\text{O}_2: 2 - 7\%$ и $\text{N}_2: 73 - 88\%$.

Так как основной параметр – расход газа измеряется в м^3 , то примем, что смешивание воздуха рассчитывается из его расхода. Расход газа обозначим за объем. $V = 1\text{м}^3$. Количество вещества в 1м^3 рассчитано и записано в таблице 2.4.

Таблица 2.4. Требуемая концентрация компонентов в сухой части газа в КДХК.

№	Газ	Объемная концентрация, %	Количество вещества в 1м^3
1	Азот (N_2)	73-88	$31,28530778 - 37,71379568$
2	Кислород (O_2)	2-7	$0,85713172 - 2,9996102$
3	Диоксид углерода (CO_2)	10-20	$4,2856586 - 8,5713172$



1 – корпус камеры смешивания газа; 2 – канал подачи атмосферного наружного воздуха с заслонкой; 3 – камера смешивания наружного воздуха с азотом и углекислым газом; 4 – канал подачи атмосферного воздуха из помещения установки камеры подготовки воздуха с заслонкой; 5 – баллон CO_2 ; 6 – баллон N_2 ; 7 – вентилятор низкого давления с защитной решеткой и 4-мя режимами работы; 8 – канал подачи воздуха (МГС или РГС); 9 – КДХК;

10 – манжета эластичная; 11 – клапан сброса избыточного давления; 12- направление движения МГС или РГС атмосферного давления; 13 – направление движения атмосферного воздуха

Рисунок 2.6. Система вентиляции КДХК.

Далее, рассмотрим газовую среду, которую необходимо поддерживать при хранении семенного картофеля в КДХК, а именно CO_2 : 10 – 20%; O_2 : 2 – 7% и N_2 : 73 – 88% (таблица 2.4). Газовые среды могут отличаться, но

принцип расчетов останется прежним. Для расчета выберем среднее значение по каждому газу учитывая водяной пар и запишем требуемое содержание в таблицу 2.5.

Примем, что условия для газа атмосферного и для создаваемой газовой среды приблизительно равны, тогда молярный объем атмосферного газа ($V_{m\text{ атм}}$) будет равен молярному объему регулируемого газа ($V_{m\text{ пр}}$). Тогда и количество моль газа в 1м³ атмосферного газа будет равняться количеству моль в 1м³ регулируемого газа.

$$V_{m\text{ атм}} \approx V_{m\text{ пр}}, n_{\text{атм}} \approx n_{\text{пр}} \quad (2.24)$$

где, $V_{m\text{ атм}}$ – молярный объем атмосферного воздуха, $V_{m\text{ пр}}$ – молярный объем регулируемого газа, $n_{\text{атм}}$ – количество вещества атмосферного воздуха, $n_{\text{пр}}$ – количество вещества регулируемого газа.

Тогда, зная объемное соотношение газов определим какое количество моль каждого газа должно содержаться в 1м³ при одинаковом давлении.

Из таблицы 2.3 можно получить, что:

$$V_{m\text{ атм}} = \frac{V}{n_{\text{атм}}} \quad (2.25)$$

$$\sum_{n=1} n_i = n_{\text{атм}} \quad (2.26)$$

Зная количество вещества в 1м³ и объемную концентрацию (молярную), можно рассчитать количество молей каждого газа в 1м³ воздуха по формуле (2.27).

$$\varphi = \frac{n_i}{\sum_{n=1} n_i} * 100\% = \frac{n_i}{n_{\text{пр}}} * 100\%, n_i = \frac{n_{\text{пр}}\varphi}{100\%} \quad (2.27)$$

Необходимо учитывать, что объемные концентрации даны для сухого воздуха, при этом количество водяного пара в атмосферном воздухе будет равно количеству водяного пара в МГС. Формула нахождения количества вещества для сухого воздуха будет выглядеть следующим образом:

$$n_i = \frac{(n_{\text{пр}} - n_{\text{в.п.}})\varphi}{100\%} \quad (2.28)$$

В таблице не указывается требуемое содержание Ar (аргона), так как его корректировка не требуется, а его содержание в МГС будет мало, то его можно

не учитывать. Отдельно обратим внимание на столбец количества вещества, это то количество вещества, которое необходимо для достижения заданной концентрации газовой смеси в камере подготовки воздуха. Проанализировав количество вещества в атмосферном воздухе и требуемые значения выбираем способ получения оптимальной концентрации газов.

Диапазоны содержания газов, указанные в таблице 2.4 считаются базовыми и при работе ПЛК будут считаться нормальным режимом работы. При отклонении от диапазона какого-либо из газов, система вентиляции начнет циркуляцию до момента, когда МГС не примет приемлемые значения, но не менее чем n минут после включения вентиляции, чтобы избежать погрешности при работе датчиков анализа газа. Базовым составом, который будет подготавливаться в камере подготовки воздуха будет считаться среднее значение по каждому газу (таблица 2.5.)

Таблица 2.5. Выставляемая в программе ПЛК концентрация компонентов в сухой части регулируемого газа.

№	Газ	Объемная концентрация, %	Количество вещества в 1м^3
1	Азот (N_2)	80,5	34,49955173
2	Кислород (O_2)	4,5	1,92837096
3	Диоксид углерода (CO_2)	15	6,4284879

Способ заключается в подмешивании в камеру подготовки воздуха газов CO_2 , N_2 и H_2O . При этом, необходимо определить долю атмосферного воздуха, которая будет добавляться в камеру подготовки воздуха для поддержания заданной концентрации и атмосферного давления. Для начала работы, устройству требуется время для выхода на рабочий режим, когда смесь будет оптимальной для её закачки в КДХК, контроль за смесью будет осуществляться газоанализатором, а расход газа регулироваться редукторами на газовом баллоне. Подача воздуха будет осуществляться автоматически электромагнитными клапанами, а подмешивание атмосферного воздуха будет

осуществляться в камеру подготовки воздуха через специальные каналы, открытие которых регулируется сервоприводами, управление которых работает по схеме 0-10В. Расход воздушной смеси зависит от режима хранения и качества картофеля, поэтому основной параметр, который определяет расход газа – это интенсивность вентилирования, контроль за расходом газа осуществляется датчиком массового расхода воздуха (ДМРВ), датчик является основным, и его выход из строя приведет к тому, что концентрация газа станет неконтролируемой в аварийном режиме работы.

Определим необходимую долю атмосферного воздуха и количество газа необходимое для получения 1м³ заданной воздушной смеси. Отталкиваться будем от газа «Кислород», так как его количество будет регулироваться только добавлением атмосферного воздуха.

Для обеспечения подачи кислорода на уровне 4,5% молярного объема необходимо произвести расчет уравнения.

$$O_2 \text{ пр} \cdot X = O_2 \text{ атм}, X = \frac{O_2 \text{ атм}}{O_2 \text{ пр}} \quad (2.29)$$

где, $O_2 \text{ пр}$ – количество кислорода в регулируемой среде газа, $O_2 \text{ атм}$ – количество кислорода в атмосфере, X – соотношение количества атмосферного газа в регулируемой среде.

$$V_{\text{атм кп}} = \frac{V}{X} \quad (2.30)$$

где, $V_{\text{атм кп}}$ – объем атмосферного воздуха в камере подготовки, V – объем воздуха (1м³), X – соотношение количества атмосферного газа в регулируемой среде.

Из уравнения 2.29 получаем, что $X = 4,6577$. По закону Авогадро, газ занимает весь предоставленный объем. Значит, объем атмосферного воздуха, который необходимо подавать в камеру подготовки воздуха будет находиться исходя из уравнения 2.30.

Зная, какой объем атмосферного газа необходим для поддержания уровня O_2 , можно рассчитать объем подачи других газов, азота и углекислого газа с помощью уравнений:

$$\begin{cases} N_2 \text{ пр} = \frac{N_2 \text{ атм}}{X} + Y_{N_2 \text{ б}} \\ CO_2 \text{ пр} = \frac{CO_2 \text{ атм}}{X} + Y_{CO_2 \text{ б}} \end{cases} \quad (2.31)$$

где, $Y_{N_2 \text{ б}}$ – количество подаваемого газа азота из баллона, $Y_{CO_2 \text{ б}}$ – количество подаваемого углекислого газа из баллона.

Получается система уравнений:

$$\begin{cases} O_2 \text{ пр} X = O_2 \text{ атм} \\ N_2 \text{ пр} = \frac{N_2 \text{ атм}}{X} + Y_{N_2 \text{ б}} \\ CO_2 \text{ пр} = \frac{CO_2 \text{ атм}}{X} + Y_{CO_2 \text{ б}} \end{cases} \quad (2.32)$$

решением которой является:

а) получение объема атмосферного воздуха на 1 м³ МГС

б) получение объема подаваемого N_2 в камеру подготовки МГС

в) получение объема подаваемого CO_2 в камеру подготовки МГС

При этом, соотношение X так же актуально и для водяного пара, а нахождение количества воды, которое необходимо добавлять в камеру подготовки так же находится по уравнению (2.33):

$$\begin{cases} O_2 \text{ пр} X = O_2 \text{ атм} \\ H_2O \text{ пр} = \frac{H_2O \text{ атм}}{X} + Y_{H_2O \text{ б}} \end{cases} \quad (2.33)$$

Зная необходимый расход газов нужно определить давление в трубках подачи газа.

Расход газа будет рассчитываться по следующей формуле (2.34).

$$Q_i = S_i * V_i, Q = \pi r^2 * V \quad (2.34)$$

где, Q – расход газа, м³/ч; V – скорость газа на выходе из трубы, м/ч; S – площадь поперечного сечения трубы, м².

Расход газа Q определяется для углекислого газа и азота индивидуально и находится системой уравнений, а сечение выводной трубы газового баллона в камеру подготовки воздуха будет определяться формулой (2.35).

$$\frac{1000}{\frac{P_{C,B}M}{RT} * \varphi_i + \left(N_2 \text{ пр} - \frac{P_{C,B}M}{RT} * \varphi_i \right)} = S_i * V_i \quad (2.35)$$

где, S_i – сечение воздуховода камеры подготовки воздуха.

Сечение воздуховода определяется исходя из расхода воздуха на 1 КДХК с продукцией массой n тонн. При основном режиме хранения картофеля, скорость воздуха, который входит в насыпь продукции должна составлять не более 1 м/с. [73]. Так как контейнеры штабелируются, воздуховод должен быть рассчитан на подачу воздуха в самый нижний контейнер. Чем выше штабель контейнеров, тем больше должна быть скорость воздуха внутри центрального воздуховода при заданном расходе воздуха.

Для определения диаметра воздуховода, необходимо ориентироваться на требуемую интенсивность вентиляции 1 тонны продукции в час. Для продолжительного хранения семенного картофеля, интенсивность принудительного вентилирования равна $70\text{м}^3/\text{т}\cdot\text{ч}$, при этом, скорость входа воздушного потока в насыпь не должна превышать 1 м/с [22,67,73].

Формула аэродинамического расчета сечения воздуховода будет выглядеть следующим образом [34]:

$$S = L/V \quad (2.36)$$

где, S – сечение воздуховода (м^2), L – расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), V – скорость воздуха (м/с).

Согласно СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, скорость воздуха в магистральных каналах системы вентилирования предприятия устанавливаются в пределе до 12 м/с, в каналах ответвлений до 6 м/с [1, 35].

Центральный воздуховод, в данном случае, считается каналом ответвлений, поэтому рассчитаем предельную пропускную способность центрального воздуховода ориентируясь на предельную скорость воздушного потока в ответвлении по формуле

$$L = S * V \quad (2.37)$$

Для достижения выхода воздуха из канала воздуховода с требуемой скоростью (не более 1 м/с), необходимо сверление требуемого данному расходу воздуха необходимое количество отверстий, которые будут находиться в массе продукции и вентилировать её. При выполнении сверлений

канала воздуховода необходимо учитывать вес хранимой продукции внутри контейнера и диаметр отверстий.

Для этого, определим расход воздуха на 1 контейнер, исходя из массы семенного картофеля, сохраняемого в контейнере.

$$L_k = \frac{L_t * m}{1000} \quad (2.38)$$

где, L_k – расход воздуха для 1 контейнера, L_t – расход воздуха на 1 тонну продукции, m – масса продукции в контейнере.

Для определения количества сверлений, необходимо воспользоваться следующей формулой, которая будет отражать расход воздуха в канале воздуховода (2.39).

$$n = \frac{L_k}{V_r \pi r^2} \quad (2.39)$$

где, n – количество отверстий, r – радиус отверстий центрального канала КДХК, V_r скорость воздуха на выходе из отверстия центрального воздуховода.

Зная расход газа и поперечное сечение шланга воздуховода, получим формулу расчета скорости воздушного потока, с которой газ должен выходить из воздуховода.

$$V_i = \left(1000 / \left(\frac{\frac{P_{C,B,M}}{RT} * \varphi_i}{X} + \left(N_{2 \text{ pr}} - \frac{\frac{P_{C,B,M}}{RT} * \varphi_i}{X} \right) \right) \right) / S_i \quad (2.40)$$

Примем, что сечение воздуховодов баллонов азота и углекислого газа $S_i = 0,01 \text{ м}^2$, тогда получим воздушного потока, выходящего из воздуховода с техническим газом должна быть равна: для газа N_2 , $V_{N_2} = 0.62 \text{ км/ч}$, для газа CO_2 , $V_{CO_2} = 0.144 \text{ км/ч}$. Расчет проведен для расхода воздуха, равным $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2.3 Выводы по результатам теоретических исследований

На основании теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Теоретически обоснована возможность хранения семенного картофеля в МГС при этом конструкция КДХК, камеры подготовки воздуха и

воздуховоды должны быть герметичными. В системе вентиляции должен иметься обратный клапан с целью предотвращения смешивания атмосферного воздуха и МГС в состоянии покоя системы вентиляции.

2. Теоретически обоснован процесс получения МГС при помощи смешивания технических газов из баллонов высокого давления и атмосферного газа. Определены пропорции, необходимые для смешивания газов при работе системы вентиляции в режиме хранения продукции.

3. Получена формула расчета скорости воздушных потоков для технических газов, для получения регулируемой газовой смеси при заданном сечении воздуховода и расходе МГС.

4. Определен метод расчета скважности насыпи продукции в КДХК, для определения объема технических газов при вентилировании продукции и расчета экономических показателей.

Глава 3. Лабораторные исследования контейнера для хранения картофеля

3.1 Методика проведения лабораторных исследований.

Для уменьшения потерь семенного картофеля в период основного хранения в КДХК необходимо обоснование параметров подаваемых газов в камеру подготовки воздуха, которая является неотъемлемой частью способа хранения семенного картофеля.

Целью проведения лабораторных исследований является подтверждение теоретических исследований о хранении семенного картофеля в КДХК в среде МГС с целью снижения потерь при длительном хранении, определение диаметра отверстий канала воздуховода аналитическим методом, определение размера КДХК аналитическим методом, определение диаметра воздуховода КДХК аналитическим методом.

Проводимые исследования должны уточнить расчетные показатели по расходу газа и определить пригодность КДХК для хранения картофеля в среде МГС. По их результатам необходимо получить аналитическую зависимость потерь картофеля от параметров КДХК.

3.1.1 Исследование картофеля семенного, изучаемый сорт «Гала»

Лабораторные исследования картофеля сорта «Гала» включали в себя следующие этапы:

1. Изучение физико – механических свойств семенного картофеля сорта «Гала», выращенного на территории Рязанской области.
2. Определение соответствия техническим требованиям и нормативным допускам к семенному картофелю ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества».
3. Анализ результатов исследований и изучение влияния на качество заложенной продукции от размеров КДХК, диаметра отверстия воздуховода и диаметра центрального воздуховода.

3.1.2 Методика определения размерно-массовых характеристик семенных клубней

Исследования проводились на базе учебного хозяйства УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ, на полях, расположенных в Рязанском районе, пос.уч.хоз. Стенькино на опытных полях с высокой урожайностью в сентябре 2023 года.

На момент проведения исследований выделены следующие переменные и постоянные условия, применимые к месту посадки картофеля: температура воздуха при уборке картофеля 14 – 20 °С, относительная влажность воздуха 37-51%. Работы проводились в дневное время, с 10 до 16 часов. Почва среднесуглинистая, свежая. Глубина залегания клубней не более 15 см. Уборка проводилась механизированным способом, с применением полуприцепного картофелеуборочного комбайна Grimme SE150-80 агрегированного с тяжелым трактором Massey Ferguson 624.

Для определения средних физико-механических показателей перед закладкой продукции на хранение было взято 32 точечные пробы весом ~ 5 кг каждая.

Физико-механические свойства картофеля оценивались по размерным и весовым характеристикам. Оценка проводилась для картофеля семенного со средним диаметром клубней 39-49 мм.

$$V = \frac{4}{3}\pi abc \quad (3.1)$$

где, a, b, c – размеры картофеля в 3х плоскостях x, y, z.

Опираясь на главу 2 (2.2 Теоретические исследования технологии хранения семенного картофеля) возьмем за допущение, что картофель имеет форму эллипсоида, и расчёт его объем проводить по формуле 3.1.

Для нахождения средней плотности картофеля размер и вес каждого образца были усреднены (3.2 и 3.3), затем по среднему значению рассчитана плотность по формуле 3.4. За размер картофеля принимается его объем [58].

Взвешивание проводилось на лабораторных весах ВЛТЭ – 510, размер клубней измерялся с помощью ШЦ-150, контрольные образцы получены за

день до проведения работ по уборке картофеля картофелеуборочным комбайном (рисунок 3.1). Перед взвешиванием картофель был отмыт от грязи, для увеличения точности показаний [58].

$$V_{cp} = \frac{\sum V_i}{n} \quad (3.2)$$

где, V_{cp} – средний объем, V_i – объем картофеля i – пробы, n – количество проб.

$$m_{cp} = \frac{\sum m_i}{n} \quad (3.3)$$

где, m_{cp} – средняя масса, m_i – масса картофеля i – пробы, n – количество проб.

$$\rho_{\text{кар}} = \frac{m}{V}, \quad (3.4)$$

где, m - масса клубня, кг; V – объем клубня м^3 ; $\rho_{\text{кар}}$ – плотность клубня $\text{кг}/\text{м}^3$.

Замеры проводились в 2 этапа: перед закладкой на хранение, после периода хранение. Перед закладкой на хранение контрольные образцы были уложены в сетки, в разных зонах КДХК, для их повторного замера после окончания периода хранения.



Рисунок 3.1. Фотографии взвешивания картофеля для определения его физико-механических параметров перед закладкой на хранение.

Таблица 3.1 – Замеры контрольных образцов семенного картофеля перед закладкой на хранение

Тип замера	Размер (2a, 2b, 2c), мм	Вес, г	Плотность, кг/м ³
Максимальный	48*54*60,4	88,2	-
Минимальный	39*39*52,4	54,24	-
Средний показатель	44,1*46,7*57,3	68,8	1139,88 кг/м ³

3.1.3 Методика проведения лабораторных исследований по хранению семенного картофеля в МГС

Лабораторные исследования по хранению семенного картофеля проводились в картофелехранилище УНИЦ «Агротехнопарк». В картофелехранилище была смонтирована тестовая установка, позволяющая создавать газовую смесь в необходимых пропорциях, для создания МГС. Установка подключена к КДХК с помощью воздуховодов, герметично соединенных между собой. Места стыков, для обеспечения герметичности, обработаны силиконовым герметиком. Герметичность КДХК достигается за счет сборки деревянных щитов с применением силиконового герметика в местах соединения частей КДХК с крышкой и воздуховодом.

Исследования проводились с применением стационарных и автономных приборов контроля газа (газоанализаторами), так же были применены приборы учета расхода газа и скорости воздушного потока. Список приборов – Таблица 3.2.

Таблица 3.2. Список приборов, применяемых при проведении лабораторно-производственных исследований

№	Наименование	Кол-во	Назначение
1	СПК107 Овен	1	Контроль за работой всей системы вентиляции. Сбор аналитических данных

2	Модуль аналогово ввода (МВ110-8А)	1	Сбор данных аналоговых датчиков температуры
3	Модуль аналогово вывода (МУ110-224-6U)	1	Регулировка воздушных заслонок
4	Модуль дискретного ввода-вывода (МК110-8ДН.4Р.)	1	Получение данных от дискретных датчиков положения заслонок, управление электродвигателями и ТЭН
5	Датчик влажности и температуры (ПВТ10 и ПВТ100)	3	Сбор данных о состоянии воздуха в помещении, на улице и на выходе воздушной магистрали из камеры подготовки воздуха
6	Датчик температуры (ДТПХ-003)	6	Сбор данных о температуре продукции в контейнерах для хранения картофеля
7	Датчик концентрации углекислого газа (ПКГ100-СО2)	2	Сбор данных о концентрации газа в помещении и воздушной магистрали
8	Анализатор кислорода в воздухе с интерфейсом RS-485	2	Сбор данных о концентрации газа в помещении и воздушной магистрали
9	Газоанализатор Сигнал-44	1	Анализ состояния воздуха в помещении хранения семенного картофеля
10	КДХК	3	Хранение семенного картофеля
11	Камера подготовки воздуха с системой вентилирования	1	Подготовка среды РГС или МГС
12	Анемометр	1	Замер скорости воздуха вручную
13	Датчик скорости воздуха	3	Замер скорости воздуха в каналах перед входом в контейнер

Исследования проводились на картофеле, сорта Гала, к основным характеристикам которого можно отнести: продолговато-овальный клубень, среднеранний сорт, норма посадки варьируется от 30 до 60 тыс.шт/га [7].

В ходе лабораторных исследований было исследовано 3 размера контейнера с воздуховодами и отверстиями в воздуховоде разного сечения. Лабораторные исследования проводились в опытном картофелехранилище УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ.



Рисунок 3.2 – Фотографии с места переборки картофеля в УНИЦ «Агротехнопарк»

Воздух для вентиляции подготавливается в камере подготовки воздуха, затем подается в КДХК. Анализ температуры, влажности и состава газа проводится автоматически как в помещении для хранения продукции, так и в КДХК. Датчики анализа газа установлены возле стенок КДХК, так как газовой смеси поступление газовой смеси в эту зону затруднено насыпью продукции. В каждом КДХК установлено по 2 датчика температуры и влажности для анализа интенсивности дыхания клубнеплодов.

В заранее подготовленное хранилище производилась укладка картофеля. Основное хранение в хранилище применялось навальное. Рядом с КДХК установлен контрольный контейнер, не герметичный и без центрального воздуховода. По окончанию периода хранения семенного картофеля (10.05.2024 г.) был произведен анализ потерь массы продукции (естественная убыль массы, технические отходы, абсолютная гниль, ростки).



Рисунок 3.3 – Процесс установки и подключения камеры подготовки воздуха для хранения картофеля усовершенствованным способом

Лабораторная установка состоит из: двух КДХК, воздуховодов, 7 датчиков температуры, 4-х датчиков анализа газа, 5 датчиков анализа влажности, вентилятора низкого давления, камеры подготовки воздушной смеси, баллон N2, баллон CO2, редуктора газовые 2шт., ПЛК «СПК107 Овен», электромагнитные клапана, сервоприводы камеры подготовки воздуха.

Датчики анализа газа комбинированные датчики температуры и влажности подключены к СПК107 Овен по протоколу Modbus RTU через порт RS-485. К СПК 107 подключены следующие модули: модуль аналогово ввода, модуль аналогово вывода, модуль дискретного ввода-вывода по протоколу RS-485. Датчики аналогово типа подключены к модулю ввода аналогово ввода.

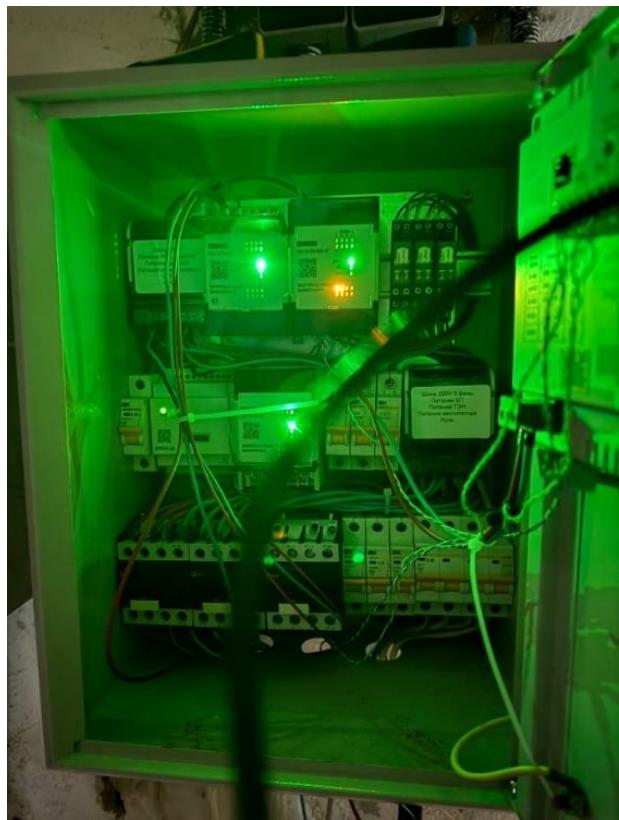


Рисунок 3.4. Щит автоматики, обеспечивающий работу усовершенствованной системы для хранения семенного картофеля

Датчики положения электромагнитных клапанов подключены к модулю дискретного ввода-вывода к портам дискретного ввода. Порты дискретного вывода, отвечающие за открытие клапанов подключены через реле, преобразующие питание 12V в 24V, а порты включения электродвигателя и ТЭН подключены через реле к магнитным пускателям имея схему преобразования электрического тока 12-24-380V (данное решение применено с целью снижения нагрузки на блок дискретного ввода-вывода).

3.2 Методика уточнения оптимальных технических параметров КДХК для хранения семенного картофеля

В ходе исследований КДХК были собраны данные по сохранности семенной продукции за период основного хранения. Основной сбор данных проводился 4 месяца в рамках лабораторных исследований. В экспериментальном хранилище было установлено 2 тестовых КДХК, 1

контрольный контейнер. По окончании периода хранения были получены результаты о потерях семенной продукции в указанном периоде.

За параметры, требующие уточнения были приняты следующие конструктивно-технические параметры:

- диаметр трубы воздуховода
- диаметр выходных отверстий в воздуховоде контейнера
- размер контейнера



Рисунок 3.5 – Процесс загрузки разработанной программы для прошивки СПК 107, обеспечивающей работу системы для усовершенствованного способа хранения семенного картофеля в запатентованном контейнере

Диаметр отверстий воздуховода (V_p) с вариантами: $V_{p-1} = 13$; $V_{p0} = 20$; $V_{p+1} = 27$.

При уточнении оптимальных технических параметров использовался аналитический метод получения зависимостей. За переменные y_i принимаются КДХК разного размера, $y_{-1} = 0,825 \text{ м}^3$, $y_0 = 1,145 \text{ м}^3$, $y_{+1} = 1,755 \text{ м}^3$.

Результаты эксперимента занесены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3. – Результаты эксперимента по хранению картофеля в лабораторных условиях.

№	Факторы и их взаимодействие			Потери за 1 мес. хранения, %			
	X1	X2	X3	Эк1	Эк2	Эк3	Средн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	1,22	1,03	0,96	1,07
2	+	-	-	0,81	0,63	0,58	0,67
3	-	+	-	1,61	1,31	1,24	1,39
4	-	-	+	1,6	1,36	1,22	1,41
5	+	+	-	1,13	1,01	0,97	1,04
6	+	-	+	0,73	0,51	0,46	0,57
7	-	+	+	1,58	1,19	1,07	1,28
8	+	+	+	1,04	0,94	0,83	0,94

Примечание: x_1 - диаметр модернизированного воздуховода, x_2 - размер контейнера, x_3 - диаметр отверстий вентиляционных. X - закодированные уровни факторов (где -1 минимальное значение, +1 максимальное), y_1 – средние потери картофеля.

Тогда запишем данные в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Значения факторов эксперимента показателей потерь картофеля при хранении.

№	x_1	x_2	x_3	y_1 (Потери, %)
1	-1	-1	-1	1,07
2	+1	-1	-1	0,67
3	-1	+1	-1	1,39
4	+1	+1	-1	1,41
5	-1	-1	+1	1,07
6	+1	-1	+1	0,57
7	-1	+1	+1	1,17
8	+1	+1	+1	0,94

В дальнейшем составим линейные уравнения по типу:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (3.1)$$

Тогда рассчитаем коэффициенты для потерь y_1 :

b_0 - среднее значение по всем опытам:

$$b_0 = (1,07+0,67+1,39+1,41+1,07+0,57+1,17+0,94)/8 = 1,036$$

$$b_1 = (\Sigma y \text{ при } x_1=+1 - \Sigma y \text{ при } x_1=-1) / 4 \quad (3.2)$$

$$b_1 = -0,278$$

$$b_2 = (\Sigma y \text{ при } x_2=+1 - \Sigma y \text{ при } x_2=-1) / 4 \quad (3.3)$$

$$b_2 = 0,383$$

$$b_3 = (\Sigma y \text{ при } x_3=+1 - \Sigma y \text{ при } x_3=-1) / 4 \quad (3.4)$$

$$b_3 = -0,198$$

Уравнение регрессии примет вид

$$y_1 = 1,036 + 0,278x_1 + 0,383x_2 - 0,198x_3 \quad (3.5)$$

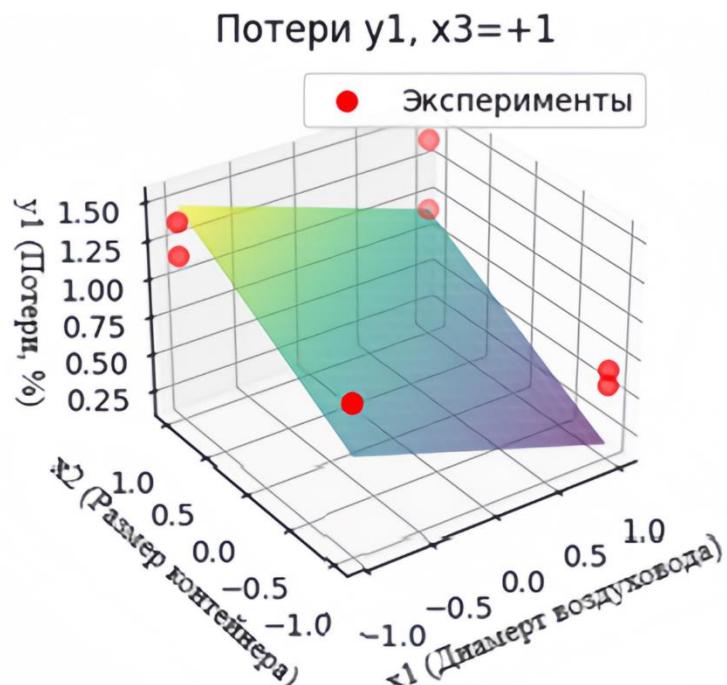


Рисунок 3.6. Графики оценки параметров потерь массы картофеля $x_3 = +1$

Потери (y_1) будут:

- снижаться при увеличении диаметра воздуховода (x_1) и диаметра отверстий (x_3), так как их коэффициенты отрицательные ($-0,278$ и $-0,198$);

- увеличиваться при увеличении размера контейнера (x_2), так как коэффициент положительный (+0,383).

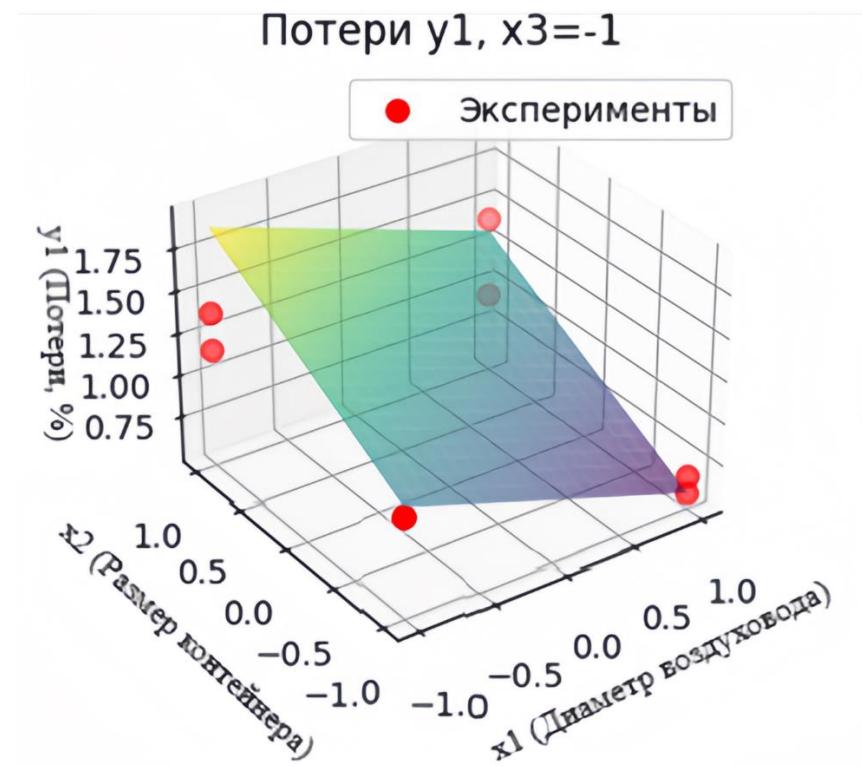


Рисунок 3.7. Графики оценки параметров потерь массы картофеля $x_3 = -1$

Исходя из результатов графиков (Рисунок 3.6 и 3.7) и вышеописанных заключений примем, что x_1 – диаметр модернизированного воздуховода – 100мм, x_2 – размер контейнера 1000мм*1200мм*1200мм, x_3 – диаметр вентиляционных отверстий усовершенствованного воздуховода – 15мм.

3.3 Выводы по главе

Исходя из результатов лабораторных исследований получены следующие значения:

- диаметр воздуховода КДХК – 100мм
- размер КДХК 1000мм*1200мм*1200мм
- диаметр вентиляционных отверстий воздуховода КДХК – 15мм

Так же, в ходе лабораторных исследований были определены показатели необходимые для расчета экономического эффекта от внедрения способа хранения и запатентованного КДХК.

Глава 4. Производственные исследования контейнера для хранения картофеля

4.1 Программа производственных исследований

Производственные исследования способа хранения семенного картофеля в КДХК проводились на базе предприятия ООО «Церлево», расположенного по адресу: 391424, Рязанская область, Чучковский р-н, с Перово, Советская ул, д. 129, офис 1. Картофельное хранилище расположено на въезде в поселок Перово и не имеет адреса. Помимо картофелехранилища на территории расположена ремонтная база предприятия и стоянка сельскохозяйственной техники. Программа производственных исследований делится на 2 этапа:

1. Исследование в организации ООО «Церлево» в Рязанской области Чучковского района, сорт картофеля «Гала» в период с 19.09.2024 по 24.04.2025 года.
2. Систематизация и анализ полученных данных.

4.2 Объект исследований

Объектом исследований на предприятии ООО «Церлево» является КДХК.

4.3 Методика проведения производственных исследований на территории предприятия ООО «Церлево» и результат исследований

Для определения потерь клубней семенного картофеля была установлена камера подготовки воздуха, не отличающаяся от лабораторной. Установлено два контейнера с одинаковыми конструктивными параметрами. Размер контейнеров составляет 1000мм*1200мм*1200мм, диаметр воздуховода 100мм, сечение отверстий 15мм.

Хранение производилось в одном помещении, поэтому контроль за уровнем углекислого газа осуществлялся и снаружи КДХК. Семенной картофель отсортированный и подготовленный для закладки на длительное хранение помещается в КДХК таким образом, чтобы закрывать верхние

вентиляционные отверстия в центральном воздуховоде и при этом сохранялась возможность закрыть контейнер крышкой.

Крышка каждого КДХК должна быть подготовлена. Необходимо очистить прилегающую поверхность от старого герметика и нанести новый, слоем не менее 5 мм., чтобы избежать нежелательных утечек МГС (рисунок 4.1). Места стыков воздуховодов так же необходимо уплотнить силиконовым герметиком, толщиной не менее 3мм.



Рисунок 4.1. Процесс хранения семенного картофеля в КДХК с МГС.

В процессе хранения семенного картофеля осуществлялось ведение журнала учета параметров в помещении хранилища и на улице. Это температура в помещении и на улице, относительная влажность воздуха в помещении и на улице [6]. Результаты производственных исследований приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Результат производственных исследований 2024-2025г.

№ п/п	Тип хранения	Потери семенного картофеля за 7 месяцев хранения			
		Всего	Потери картофеля при хранении		
			Убыль массы	Техн. отходы	Гниль
1	Серийный контейнер	9,72	6,61	2,19	0,92
2	КДХК	7,14	4,47	2,16	0,51

4.4 Вывод по главе

1. Убыль массы продукции картофеля сорта «Гала» в период хранения в серийном контейнере составила 9,72%, а в КДХК с МГС 7,14%;
2. Показатели технических отходов (сухая гниль и сильные повреждения) приблизительно равны и составили 2,19% и 2,16% соответственно.

Глава 5. Расчёт экономического эффекта от применения способа хранения семенного картофеля в КДХК

5.1 Общие данные

Данные для проведения расчетов были взяты за 2024-2025 год [34].

Экономический эффект предложенного способа хранения семенного картофеля в КДХК от уменьшения потерь семенного картофеля учитывают социально – экономическое состояние Рязанской области [25].

Суммарный экономический эффект от снижения потерь семенного материала $\mathcal{E}\Phi_{общ}$ рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}\Phi_{общ} = \mathcal{E}\Phi_{п} \quad (5.1)$$

где, $\mathcal{E}\Phi_{п}$ – экономический показатель, отображающий эффективность от снижения потерь семенной продукции в период основного хранения, руб/год;

Хранение семенного картофеля является сложным техническим процессом, включающим в себя ряд операций по подготовке к хранению и по извлечению картофеля из хранилища.

5.2 Экономический эффект, достигаемый снижением потерь продукции при основном хранении от предложенной способа хранения семенного картофеля в КДХК

Основной экономический эффект от снижения потерь семенной продукции при основном режиме хранения достигается за счет высокой стоимости семенного материала. Цена на семена картофеля зависит от репродукции и бывает в 2-10 раз выше, чем на продовольственный картофель. Схема на рисунке 5.1 отображает весь цикл производства семенного картофеля.

На качество и стоимость семенного картофеля влияют следующие критерии, подлежащие количественной оценке:

1. Механические повреждения клубней
2. Инфекционные повреждения клубней картофеля
3. Механические примеси в массе продукции

Механические повреждения клубней учитываются статистически перед закладкой на хранение. Механические повреждения при сортировке, доставке и закладке влияют на конечную сохранность картофеля [37]. Данный критерий формирования качества и стоимости сглаживается за счет использования КДХК, сокращая потери и повреждения при работе с картофелем в складских условиях. Так же, сглаживание негативного воздействия повреждений клубней происходит за счет лечебного периода и очистки от примесей при подготовке к хранению.



Рисунок 5.1 – Разработанная схема полного цикла производства семенного картофеля

К трудно учитываемым критериям образования цены и качества можно отнести инфекционные повреждения клубней картофеля и в основном зависит от непредсказуемых погодных условий при вызревании картофеля.

Предполагается увеличение прибыли от внедрения результата научно-технической разработки за счет увеличения сохранности семенного материала и сохранения жизнеспособности семенного материала, как важный фактор, определяющий их качество за счет поддержания оптимального микроклимата и состава газовой среды в КДХК при хранении семенного картофеля.

Экономическое исследование проводилось на базе ООО «Церлево» Чучковского района Рязанской области. Проведение исследований осуществлялось в хранилище контейнерного типа в пересчете на общий объем 100 тонн.

Необходимо определить коэффициент обеспеченности условий для хранения семенного картофеля (C_{xp}):

$$C_{xp} = C_k * C_{э.c} * C_{mk} \quad (5.2)$$

где, C_k – коэффициент качества семенного картофеля, $C_{э.c}$ – коэффициент эксплуатации здания для хранения семенного картофеля, C_{mk} – коэффициент поддержания микроклимата при длительном хранении семенного картофеля. При закладке на хранение продукции $C_k = 1$, обеспечение эксплуатации здания для хранения семенного картофеля $C_{э.c} = 1$, тогда, $C_{mk} = C_{xp}$ и получим следующее выражение:

$$C_{xp} = C_{mk} = (1 - C_{\pi}) \quad (5.3)$$

где, C_{π} – коэффициент, отражающий потери семенного картофеля.

Обозначим годовой объем реализуемой продукции как Π_p , и общий годовой объем продукции с учетом потерь как Π_{π} . Годовые потери продукции из-за необеспечения параметров хранения $\sim 4\%$, тогда:

$$\Pi_{\pi} = 0,96\Pi_p(1 - C_{\pi}) \quad (5.4)$$

где, Π_p – годовой объем продукции, C_{π} – коэффициент потерь семенного картофеля, Π_{π} – годовой объем продукции с учетом потерь.

При проведении расчётов был сделан вывод, что обеспеченность микроклиматических параметров при хранении семенного картофеля не зависит от заработной платы работников и затрат на обслуживание зданий и сооружений. В таких условиях экономическая эффективность определяется как разность выручки к продаже, и равна:

$$B_{\pi} = \Pi_{\pi} * \mathcal{C}_p * 0,06 \quad (5.5)$$

где, B_{π} – выручка от реализации продукции, \mathcal{C}_p – цена реализации продукции розничная, Π_{π} – годовой объем продукции с учетом потерь.

Эксплуатационные затраты на оборудование и здание записываются в следующем виде:

$$3 = 3_e + 3_e = 3_e + N * t * \Pi_e \quad (5.6)$$

где, 3 – затраты общие, 3_e – затраты на обслуживание хранилища, 3_e – затраты электроэнергии, N - потребляемая мощность электродвигателей системы вентиляции Вт/ч, t – время работы системы вентиляции, Π_e – стоимость электроэнергии.

$$\mathcal{E}_{\text{эф.п}} = \Delta B_{\text{п}} = 0,96 * \Pi_{\text{п}} * B_{\text{п}} * \Delta C_{\text{мк}} * 0,06 \quad (5.7)$$

где, $B_{\text{п}}$ – выручка от продажи продукции, руб/т; $\mathcal{E}_{\text{эф}}$ – экономический эффект; $C_{\text{мк}}$ - коэффициент поддержания микроклимата при длительном хранении семенного картофеля, $\Pi_{\text{п}}$ – годовой объем семенного картофеля.

В расчетах формулы 5.5 и 5.7 учитывается налог по ЕСХН, который составляет 6% от совокупного дохода организации.

5.3 Расчет годового экономического эффекта от применения КДХК

Годовой экономический эффект определяется как разница полученной прибыли между хранением картофеля в стандартном контейнере и КДХК при хранении семенного картофеля с учетом финансовых затрат на хранение 1 тонны семенного картофеля.

При расчете экономического эффекта учитывается разница стоимости хранения семенного картофеля контейнерным способом и хранением семенного картофеля в среде МГС в КДХК.

Годовой экономический эффект рассчитывается с учетом разницы расходов на годовое хранение одной тонны картофеля (себестоимость продукции). Себестоимость складывается из следующих расходов:

- закупка сырья, комплектующих, материалов
- расходы на энергоресурсы (электроэнергия, топливо)
- амортизация оборудования
- заработка плата и взносы, социальные отчисления
- административные, рекламные и транспортные расходы

Сравним себестоимость товара для разных способов хранения. Проанализировав показатели, из которых складывается себестоимость продукции можно выделить следующее: смена способа хранения семенного картофеля значительно влияет на:

- закупку сырья, комплектующих, материалов
- расходы на энергоресурсы (электроэнергия, топливо)

Такое влияние связано с увеличением стоимости КДХК по сравнению со стандартным контейнером и изменением способа вентилирования продукции, по сравнению со стандартным способом.

Для расчета экономического влияния из-за внедрения КДХК, необходимо рассчитать себестоимость его изготовления. Стоимость стандартного контейнера для дальнейших расчетов будет приниматься за рыночную стоимость стандартного контейнера.

Себестоимость КДХК рассчитывается исходя из расходов, формирующих себестоимость КДХК. Для упрощения расчетов, к рыночной стоимости стандартного контейнера добавится стоимость сырья, дополнительно необходимого для изготовления КДХК.

Данные о рыночной стоимости стандартных контейнеров из сети интернет практически не актуальны. Актуальная цена у производителей варьируется от 2.6 тыс.руб. до 6 тыс.руб., в зависимости от сорта древесины и размера контейнера. По размерам КДХК рассчитана стоимость стандартного контейнера производителем. Она и равна 4.5 тыс.руб.

На рисунке 5.2 изображена диаграмма, отражающая стоимость стандартного контейнера и добавочную сумму, необходимую для изготовления КДХК.

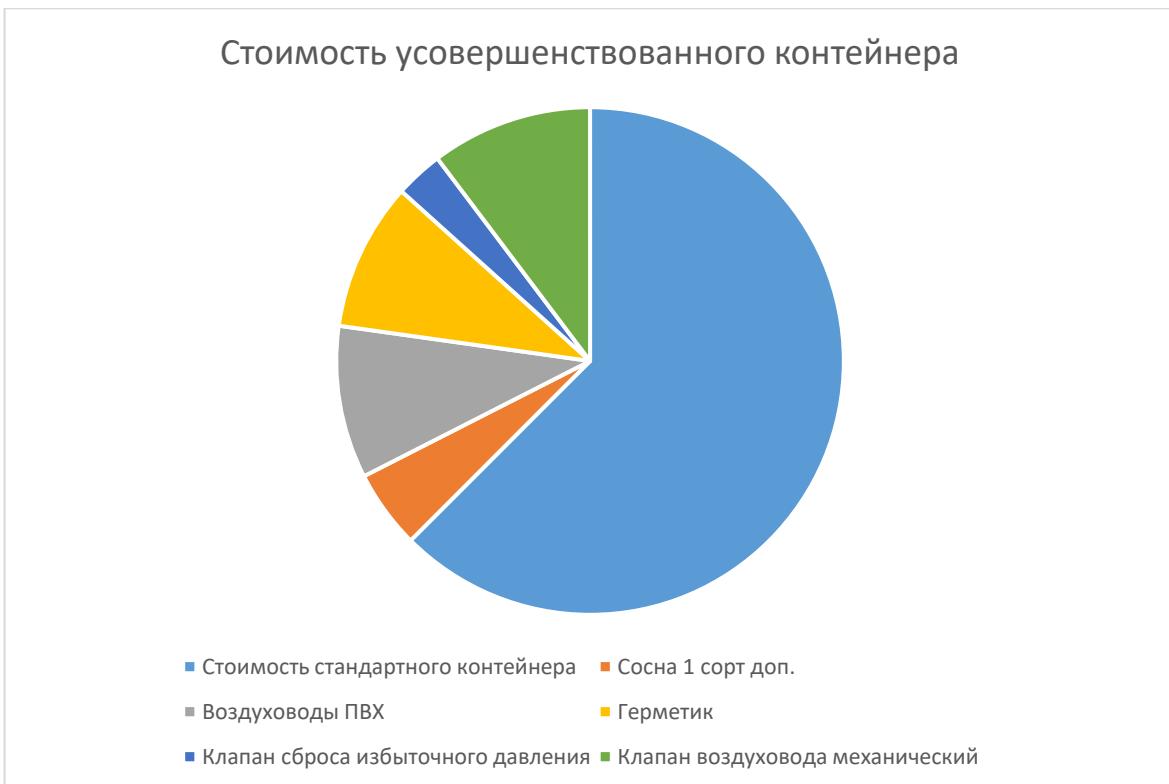


Рисунок 5.2 – Стоимость усовершенствованного контейнера

Из диаграммы видно, что стоимость стандартного контейнера приблизительно равна 64% от стоимости КДХК. Так же, на диаграмме указаны и дополнительные расходы необходимые на изготовление КДХК, которые составили 2.7 тыс. рублей (по данным, полученным при изготовлении КДХК для лабораторных и производственных исследований). Исходя из полученных данных по затратам, примем за необходимость замены контейнеров раз в 5 лет. Повышение расходов на стоимость 1 контейнера разделим на количество лет службы, и приведем к повышению затрат на хранение 1 тонны картофеля. Получим приблизительное увеличение затрат на хранение 1 тонны семенного картофеля 688,77 рублей в год.

Расход газа зависит от фракции (среднего размера клубней картофеля). Рассчитаем скважность семенного картофеля для расчёта количества необходимого газа для хранения картофеля в среде МГС согласно расчетам, представленным во 2 главе, подпункт 2.2.1 «Теоретическое исследование скважности продукции в контейнере для хранения семенного картофеля».

Учитывая средний размер картофеля, закладываемого на хранение, и его средний вес в контейнере равный 784 кг. получим скважность насыпи $C=0,475\text{м}^3$.

Для получения 1 м^3 МГС требуется приблизительно 610л. N_2 и приблизительно 144л. CO_2 . Количество газа в баллоне 40л. $6,3\text{ м}^3$ или 6300 литров азота при нормальном давлении, и 6 м^3 углекислого газа в таком же баллоне или 6000 литров углекислого газа при нормальном давлении. Учитывая вышеизложенное, получаем что одного 40 литрового баллона N_2 достаточно для заполнения и поддержания МГС на всем периоде хранения 5 контейнеров для хранения семенного картофеля в МГС в КДХК. Учитывая, что системе необходимо время для выхода на рабочий режим, фактическое число может отличаться. Так же, не малую роль играет и количество циклов вентиляции, и её интенсивность при основном режиме хранения, так как воздух рециркулирует по системе с частичным подмешиванием атмосферного воздуха, то расход газа принимается за фактический расход газа за время производственных исследований, это 2 баллона 40 л. азота и один 40л баллон углекислого газа на 7,84 т. картофеля, стоимость газа составила 3.1 тыс. руб.. Итоговый расход газа на 1 тонну картофеля в денежном эквиваленте составляет 0,395 тыс.руб..

Итого получим, что годовой экономический эффект рассчитывается как разница между годовыми затратами на хранение семенного картофеля стандартным способом и годовыми затратами на хранение картофеля в МГС в КДХК на 1 тонну.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\Gamma_r} - P_c - P_y \quad (5.8)$$

где, \mathcal{E} – годовой экономический эффект от уменьшения потерь семенного картофеля, P_c – дополнительные расходы на изготовление КДХК, P_y – финансовые расходы на хранение семенного картофеля в КДХК в МГС.

Таблица 5.1 Суммарный экономический эффект в пересчете для типового хранилища на 100 тонн семенного картофеля в период 2024-2025 год (при стоимости семенного картофеля 60 тыс.р/т).

№	Статьи затрат	Обозн.	Единица измерения	Усовершенствованная система вентилирования
1	2	3	4	5
1	Экономический эффект от снижения потерь семенного картофеля в период длительного хранения	$\mathcal{E}_{\text{ЭФ.П}}$	Руб/год	154 800,00
3	Годовой экономический эффект на 1т продукции	\mathcal{E}	Руб/т*год	464,23

5.4 Вывод по главе

Выявлено, что применение КДХК для хранения семенного картофеля является экономически выгодным, что объясняется снижением потерь семенной продукции.

Экономический эффект от внедрения КДХК для хранения семенного картофеля в среде МГС составил 464,23р за 2024-2025 год

Заключение

1. Из анализа параметров хранения семенного картофеля в МГС, предложено устройство для хранения семенного картофеля – КДХК.

2. Теоретически определена методика подготовки воздушной смеси для хранения семенного картофеля в КДХК.

3. Аналитически определены и экспериментально уточнены параметры КДХК:

- размер контейнера – 1000мм*1200мм*1200мм
- диаметр воздуховода контейнера – 100мм
- диаметр отверстий в воздуховоде контейнера – 15мм

4. Произведен расчет экономического эффекта, предложенного КДХК при хранении семенного картофеля, которая составила 464,23 руб/т*г при рыночной стоимости семенного картофеля «супер – элита».

Рекомендации производству

Процесс хранения семенного картофеля рекомендуется проводить в КДХК. Это позволит уменьшить потери семенного картофеля при хранении.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Продолжением полученных результатов может стать дальнейшее усовершенствование КДХК путем улучшения клапана сброса давления и соединений воздуховода контейнера при их штабелировании.

Список литературы

1. Акт министерств и ведомств ""СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003"" от 30.12.2020 № 921/пр // КонсультантПлюс. - 2022
2. Акт министерств и ведомств "Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации" от 21.01.2020 № 30 // ФГБНУ РОСИНФОРМАГРОТЕХ. – 2020
3. Акт министерств и ведомств "Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции НТП-АПК 1.10.12.001-02" от 01.07.2002 // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – 2002
4. Анализ технологий хранения картофеля в странах Евросоюза и США / Д. В. Колошенин, Н. Ю. Харламова, Р. И. Сизов [и др.] // Молодой ученый. – 2017. – № 2(136). – С. 113-115. – EDN XIFLXJ.
5. Васильев А.А. Формирование урожая картофеля в зависимости от срока и глубины посадки: монография / А. А. Васильев, А.К. Горбунов; под ред. Н.В. Глаз. –Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2022 – 99 с.
6. Васильев, А. А. Формирование урожая картофеля в зависимости от срока и глубины посадки / А. А. Васильев, А. К. Горбунов. – Челябинск: Челябинский государственный университет, 2022. – 99 с. – ISBN 978-5-7271-1789-7. – EDN WEILCL.
7. Влияние отдельных элементов технологии возделывания картофеля сорта Гала на урожайность клубней в условиях Закамья Республики Татарстан / К. Н. Давлетов, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 1(9). – С. 20-26. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-20-26. – EDN DNGOFE.
8. Войтюк М.М., Мачнева О.П., Стяжкин В.И., Войтюк В.А. Объемно-планировочные и технологические решения проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции:

справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019 – 220 с. ISBN 978-5-7367-1505-3

9. Волчекевич, И. Г. Парша клубней картофеля / И. Г. Волчекевич, В. И. Халаева // Наше сел. хоз-во. Сер. Агрономия. - 2022. - № 1. - С. 49-52.

10. Выращивание продовольственного картофеля из мини-клубней мелкой фракции, полученных в условиях водно-воздушной культуры / Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2022. Т. 15, - № 4 (75). - С. 38 51.

11. Гаджиев, П.И Экономическое обоснование использования агрегата уборки картофеля / П.И.Гаджиев, М.М. Махмутов, Г.Г Рамазанова, Ю.Р. Хисматуллина, А.В Сидоров // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - 2023. - № 7 (101). - С. 189-194.

12. Гаджиев, П.И. Анализ работ в области динамической нагруженности комкоразрушающих барабанов от взаимодействия с почвой / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, Н.Г. Байбобоев и др. // Техника и оборудование для села. - 2025. - № 3 (333). - С. 22-28.

13. Гаджиев, П.И. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля / П.И. Гаджиев, А.П. Башкиров, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев, Н.С. Шершнев // Наука в центральной России. - 2022. - № 3 (57). - С. 41-47.

14. Гаджиев, П.И. Обоснование конструктивных параметров малогабаритного картофелекопателя / Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Байбобоев Н.Г., Гайипов У.Г. // Техника и оборудование для села. - 2023. - № 6 (312). - С. 20-23.

15. Гаджиев, П.И. Определение конструктивных параметров интенсификатора и условия выталкивания клубня из зазора между прутками сепарирующих элеваторов / П.И. Гаджиев, И.П. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 17-22. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-17-22. – EDN BUZQCB.

16. Гаджиев, П.И. Способ возделывания картофеля на тяжелых и каменистых почвах / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев // Техника и оборудование для села. - 2024. - № 2 (320). - С. 16-18.

17. Гаджиев, П.И. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, И.П. Гаджиев // Наука в центральной России. – 2022. – № 2(56). – С. 98-106. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-98-106. – EDN DVTPEP.

18. Гайзатулин А.С., Логинов Ю.П. История картофелеводства // достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том Часть 1. - Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. - С. 39-44.

19. ГОСТ 33996-2016 Межгосударственный стандарт. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества / Электронный текст документа. М.: Стандартинформ, 2020 [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/1200143601> (дата обращения 30.11.2022).

20. Дондоков Ю. Ж. Технологические основы интегрированных систем сушки и хранения семян / Ю. Ж. Дондоков, И. Н. Аммосов, В. М. Дринча [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – 2024. – № 4(95). – С. 59-68. – DOI 10.53980/24131997_2024_4_59. – EDN AMBTKZ.

21. Ивашкин Алексей Викторович Обоснование технологических параметров хранения семенного зерна в разреженной атмосфере: дис. соискателя ученой степени кандидата технических наук техн. наук: 05.20.01. - Рязань, 2021. - 156 с.

22. Инновационные технологии и оборудование для сортировки и хранения картофеля: Аналитический обзор / В. Ф. Федоренко, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических

исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 84 с. – ISBN 978-5-7367-1632-6. – EDN НHYDTF.

23. Исследование влияния механических повреждений клубней картофеля на хранение / Д. В. Колошайн, Л. А. Маслова, А. С. Попов [и др.] // Политеаматический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 204. – С. 360-369. – DOI 10.21515/1990-4665-204-038. – EDN QTQJYY.

24. Исследование динамического воздействия на клубни картофеля при уборке, транспортировке и подготовке к хранению / Р. В. Безносюк, И. В. Егорова, М. Ю. Костенко [и др.] // Политеаматический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 201. – С. 51-66. – DOI 10.21515/1990-4665-201-004. – EDN SQBIEJ.

25. Колошайн Д.В. Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. - Рязань, 2017. - 132 с.

26. Колошайн, Д. В. Методика расчета систем активной вентиляции на основе проведенного лабораторного эксперимента при высоте насыпи картофеля 6 метров / Д. В. Колошайн, С. Н. Борычев, И. А. Успенский // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 375. – EDN VIDYTJ.

27. Колошайн, Д. В. Микропроцессоры и их применение в сельском хозяйстве / Д. В. Колошайн, Д. Н. Михайлов, М. Ю. Михайлова // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Рязань, 08 февраля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 10-15. – EDN WTVABD.

28. Колошайн, Д. В. Обзор основных микроклиматических параметров при хранении картофеля / Д. В. Колошайн, Д. Н. Михайлов, А. С. Дмитриев // Инновационные научно-технологические решения для АПК,

Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 98-103. – EDN NZLPGK.

29. Конкурентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля / О. А. Старовойтова, С. В. Жевора, В. И. Старовойтова [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 236 с. – ISBN 978-5-7367-1433-9. – EDN XWSUGD.

30. Концептуальные вопросы сохранения качества семян при послеуборочной обработке и хранении / Ю. Ж. Дондоков, И. Н. Аммосов, В. М. Дринча [и др.] // Вестник АГАТУ. – 2024. – № 4(16). – С. 55-66. – EDN HODDHН.

31. Крупномасштабное производство миниклубней в системе оригинального семеноводства картофеля / Хутинаев О.С., Старовойтова О.С., Старовойтова О.А., и др. // АгроЭкоИнженерия. - 2024. - № 2 (119). - С. 43-58.

32. Лобачевский, Я. П. Аспекты цифровизации Системы технологий и машин / Я. П. Лобачевский, В. М. Бейлис, Ю. С. Ценч // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 3(36). – С. 40-45. – EDN RLCDHO.

33. Лобачевский, Я. П. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве / Я. П. Лобачевский, Ю. С. Ценч // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 4-12. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12. – EDN IDJFYV.

34. Лучкова, И. В. Маркетинговое исследование рынка в рамках реализации проекта «Здоровый картофель» / И. В. Лучкова, Д. В. Колошенин, Д. Н. Михайлов // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах: сборник научных трудов 13-й Международной научно-

практической конференции, Курск, 27–28 февраля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 387-391. – EDN JMVJQC.

35. М.С. Кузьмин, П.А. Овчинников, Вытяжные и воздухораспределительные устройства -Москва.: Стройиздат-1987г. 168с.

36. Мазаева, Ю. В. К исследованиям в области картофелеводства в условиях ЦЧР / Ю. В. Мазаева // Роль науки в развитии современного садоводства России, Мичуринск-наукоград РФ, 15-16 сентября 2022 года. - Мичуринск: Б. и., 2022. - С. 153-159.

37. Математическая модель определения показателей качества энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы / Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2023. - № 2.- С. 78-83.

38. Михайлов, Д. Н. Анализ существующих контейнеров при хранении и транспортировке сельскохозяйственной продукции / Д. Н. Михайлов, С. Н. Борычев // Инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 16 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 34-41. – EDN WJHRAХ.

39. Михайлов, Д. Н. Анализ существующих технологий хранения сельскохозяйственной продукции / Д. Н. Михайлов, С. Н. Борычев // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры, Рязань, 27 октября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 346-353. – EDN РJUUDT.

40. Михайлов, Д. Н. Современные проблемы картофелеводства в России / Д. Н. Михайлов, Д. В. Колошенин, А. С. Дмитриев // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического

университета имени П.А. Костычева. – 2023. – № 3(19). – С. 40-45. – EDN TERZHD.

41. Микробная инокуляция семян для повышения безопасности и устойчивости растениеводства / Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча, А. З. Платонова [и др.] // Вестник АГАТУ. – 2024. – № 2(14). – С. 46-57. – EDN TGCJWR.

42. Обзор картофелхранилищ контейнерного типа / Д. Н. Михайлов, Л. А. Маслова, Д. В. Колошенин [и др.] // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, Рязань, 22 декабря 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 11-17. – EDN YLNYWM.

43. Оценка эффективности технологического процесса машинно-тракторного агрегата для уборки овощных культур и картофеля / Сибирёв А.В, Дорохов А.С., Аксенов А.Г. др. // Аграрный научный журнал. - 2023. - № 2. - С. 112-116.

44. Патент № 2014260 С1 Российская Федерация, МПК B65D 85/34. Контейнер для корнеплодов: № 4948566/13: заявл. 26.06.1991: опубл. 15.06.1994 / И. В. Кобозев; заявитель Московская сельскохозяйственная академия им.К.А.Тимирязева. – EDN OJLXRA.

45. Патент № 2014261 С1 Российская Федерация, МПК B65D 85/34. Контейнер для хранения и транспортировки плодов и овощей: № 4949945/13: заявл. 26.06.1991: опубл. 15.06.1994 / И. В. Кобозев; заявитель Московская сельскохозяйственная академия им.К.А.Тимирязева. – EDN FFFGKI.

46. Патент № 2078494 С1 Российская Федерация, МПК A01F 25/14, B65D 85/34. Контейнер для хранения овощей и фруктов: № 94030760/13: заявл. 16.08.1994: опубл. 10.05.1997 / В. Л. Банщиков. – EDN SKFUXC.

47. Патент № 2732641 С2 Российская Федерация, МПК A01F 25/14, A01F 25/22, B65D 85/34. Контейнер для хранения корнеплодов и картофеля: № 2019103119: заявл. 04.02.2019: опубл. 22.09.2020 / С. Н. Борычев, Д. В.

Колошенин, Л. А. Маслова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN RWDIQK.

48. Патент на полезную модель № 222055 У1 Российская Федерация, МПК A01F 25/14, B65D 85/34, B65D 21/00. контейнер для хранения картофеля: № 2023121488: заявл. 16.08.2023: опубл. 08.12.2023 / Д. Н. Михайлов, С. Н. Борычев, Д. В. Колошенин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

49. Петров Н.Ю., Бикметова К.Р. Способы обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 4. С. 32-46.

50. Проблемы и перспективы совершенствования процессов пневмосепарации зерна / В. М. Дринча, Ю. Ж. Дондоков, И. Н. Аммосов, Н. Е. Слепцов // Вестник АГАТУ. – 2023. – № 4(12). – С. 92-101. – EDN MEKUBP.

51. Проблемы и перспективы развития технологий аэрирования зерна / В. М. Дринча, Ю. Ж. Дондоков, И. Н. Аммосов [и др.] // Вестник ВСГУТУ. – 2024. – № 3(94). – С. 30-40. – DOI 10.53980/24131997_2024_3_30. – EDN ZFCXRV.

52. Пути сокращения потерь при подготовке к уборке и хранению картофеля / В. Н. Зейрук, С. В. Васильева, Г. Л. Белов [и др.] // Защита и карантин растений. – 2021. – № 10. – С. 23-26. – DOI 10.47528/1026-8634_2021_10_23. – EDN TXQAEA. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В., Прямов С.Б. Хранение картофеля//М.: Агроспас, 2016. - 144 с.

53. Разработка роботизированного буртоукладчика с цифровой системой автоматизированного движения для закладки на хранение картофеля и овощных культур / Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Мосяков М.А. и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2025. Т. 26. - № 1. - С. 184-195.

54. Рылко, В. А. Влияние режима хранения на продуктивные свойства семенного картофеля / В. А. Рылко, Н. А. Любич // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: Сборник статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства, Горки, 30–31 января 2019 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 240–243. – EDN UBERZE.

55. Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд; пер. с англ. под ред. Б. И. Соколова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Химия: Ленингр. отд-ние, 1982. - 592 с

56. Сердюков, В. А. Лежкоспособность клубней семенного картофеля в зависимости от агротехнических приемов возделывания и условий хранения / В. А. Сердюков // Молодежь в науке - 2022: тезисы докладов XIX Международной научной конференции, Минск, 25–28 октября 2022 года. – Минск: РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2022. – С. 76-79. – EDN DKLNUU.

57. Сибирёв А.В., Теоретическое обоснование машинной технологии загрузки хранилища в селекции и семеноводстве овощных культур и картофеля / А.В. Сибирёв, А.Г.Пономарев, С.Н. Петухов, М.А. Мосяков, Н.В. Сазонов //Аграрный научный журнал. - 2024. - № 10. - С. 138-142.

58. Сибирёв, А.В. Результаты исследований размерно-массовых характеристик клубней картофеля / А.В. Сибирёв, А.С. Дорохов, М.А. Мосяков, Н.В. Сазонов // Аграрный научный журнал. - 2025. - № 1. - С. 99-104.

59. Синчина, Е. В. Из истории возделывания картофеля в Кубанской области и Ставропольской губернии в 1861–1917 гг / Е. В. Синчина // История и археология: Материалы III Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 20–23 декабря 2015 года. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2015. – С. 43-46. – EDN VCYOYJ.

60. Снижение потерь картофеля и овощей при уборке и хранении / П. В. Бекетов. - Москва: Россельхозиздат, 1986. - 219

61. Старовойтова О.А., Выращивание картофеля и топинамбура с применением микроэлементов / О.А.Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина, В.А.Чайка // Вестник ИрГСХА. - 2022. - № 108. - С. 41-52.

62. Старовойтова, О. А. Влияние средообразующих факторов на урожайность картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина и др. // Агроинженерия. - 2022. Т. 24, - № 5. - С. 4-10.

63. Теоретические подходы к оптимизации уборки топинамбура в условиях неопределенности / Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., и др. // Техника и оборудование для села. - 2023. - № 7 (313). - С. 22-27.

64. Теоретический анализ динамики воздушного потока в контейнере для хранения картофеля / Д. В. Колошенин, С. Н. Борычев, А. С. Попов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 128-134. – DOI 10.36508/RSATU.2025.70.80.018. – EDN KSINCM.

65. Технологические и организационные аспекты безопасного хранения семян / И. Н. Аммосов, Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча, Я. М. Котлярчук // Вестник АГАТУ. – 2023. – № 2(10). – С. 31-38. – EDN ZKZCXV.

66. Технологии ускоренного размножения исходного семенного материала из от *vitro* микрорастений на биотехнологическом модуле АГМ-60 / Хутинаев О.С., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. и др. // Техника и оборудование для села. - 2024. - № 9 (327). - С. 17-22.

67. Технология хранения картофеля / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. Н. Еланский, С. В. Мальцев; Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г.Лорха; Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова. – Москва: Картофелевод, 2007. – 191 с. – EDN FNPHUC.

68. Технологические основы и практика охлаждения зерна аэрированием / И. Н. Аммосов, Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее

профессиональное образование. – 2024. – № 5(77). – С. 448-461. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-05-50. – EDN FPJMRE.

69. Уборка и хранение картофеля: отдельные аспекты / И. В. Лучкова, Д. В. Колошенин, Г. В. Калинина [и др.] // Политеатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 175. – С. 91-100. – DOI 10.21515/1990-4665-175-007. – EDN ZPDXXY.

70. Усовершенствованная технология, обеспечивающая стрессоустойчивость растений картофеля / Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. и др. // АгроЭкоИнженерия. - 2024. - № 3 (120). - С. 74-91.

71. Устройство электрофизического воздействия для улучшения показателей картофеля и овощных культур при хранении /Сazonов Н.В., Сибирёв А.В., Мосяков М.А., и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2025. Т. 19. - № 1. - С. 22-29.

72. Хайрова, Л. Н. История введения картофеля в культуру / Л. Н. Хайрова, И. Шинкарев // Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург-Пушкин, 26–28 марта 2020 года. Том Часть II. – Санкт-Петербург-Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2020. – С. 403-405. – EDN RRQVKV.

73. Хранение картофеля / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. Н. Еланский [и др.] ; ФГБНУ ВНИИКХ, МГУ. – Москва: "Агроспас", 2016. – 128 с. – ISBN 978-5-904610-09-8. – EDN MNVTGC.

74. Щеголихина, Т. А. Роль микроклимата при хранении семенного картофеля / Т. А. Щеголихина // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Саратов,

23–24 марта 2023 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. – С. 211-215. – EDN TFIJYD.

75. Энергосберегающая технология уборки корнеплодов и картофеля / Сибирёв А.В., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. и др. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. - 2024. - № 4. - С. 107-112.

76. Boe, A.A., Woodbury, G.W. & Lee, T.S. Respiration studies on Russet Burbank potato tubers: Effects of storage temperature and chemical treatments. American Potato Journal 51, 355–360 (1974).
<https://doi.org/10.1007/BF02852081>

77. Mooney S. Genotype-Specific Changes in Vitamin B6 Content and the PDX Family in Potato / S. Mooney, L. Chen, C. Kühn [et al.] // Biomed Res. Int. - 2013. - V. 2013.

78. Sampaio S.L., Petropoulos S.A., Alexopoulos A. et al. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. Trends in Food Science & Technology. 2020; 103: 118-129

79. The Potato. Botany, Production and Uses. Edited by Roy Navarre USDA-ARS, Washington, USA and Mark J. Pavek Washington State University, USA, 2014 DOI: 10.1079/9781780642802.0000

80. Thoughtco // The Chemical Composition of Air URL: <https://www.thoughtco.com/chemical-composition-of-air-604288> (дата обращения: 24.02.2025).

81. Vanessa Maria Dantas Pedrosa, Maiqui Izidoro, Samuel Paythosh, Robert S. Dungan, Nora Olsen, Rhett Spear, Gustavo Henrique de Almeida Teixeira The relationship between respiration rate and quality parameters of russet potatoes during long-term storage // Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Campus de Jaboticabal. Departamento de Produção Vegetal. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n. Jaboticabal – SP, Brazil. 14.884-900. - 2024. - С. 33.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Приложение 2

Утверждаю



Акт

О проведении лабораторных исследований

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» в лице руководителя научно-исследовательской, (опытно-конструкторской) работы

профессора, доктора технических наук Борычева Сергея Николаевича
и представителя УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ

Рязанского района Рязанской области

в лице директора Юрия Владимировича Доронкина

составили настоящий акт о том, что лабораторные исследования «Обоснование параметров контейнера для хранения картофеля» в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021 – 2025 год, тема 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос. Рег. 122020200038-8), раздел 1.3 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе» выполненной на кафедре строительство инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВО РГАТУ в 2023 – 2024 году., проведены на УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ путем сравнительных лабораторных исследований серийного контейнера и запатентованного контейнера для хранения картофеля.

Основная цель проведения лабораторных исследований – это уточнение параметров контейнера.

За параметры, требующие уточнения были приняты:

- диаметр трубы воздуховода
- диаметр выходных отверстий в воздуховоде контейнера
- размер контейнера

1. Результаты хранения семенного картофеля в ходе трехфакторного эксперимента по его хранению в КДХК:

Таблица 1. - Результаты эксперимента по хранению картофеля в лабораторных условиях УНИЦ «Агротехнопарк».

№	Факторы и их взаимодействие			Потери за 1 мес. хранения, %				Всхожесть картофеля. %			
	x1	x2	x3	эк1	эк2	эк3	средн	эк1	эк2	эк3	средн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	-	-	1,22	1,03	0,96	1,07	99	99	98	98,67
2	+	-	-	0,81	0,63	0,58	0,67	99	100	99	99,33
3	-	+	-	1,61	1,31	1,24	1,39	98	97	97	97,33
4	-	-	+	1,66	1,36	1,22	1,41	96	98	96	96,67
5	+	+	-	1,13	1,01	0,97	1,04	99	98	98	98,33
6	+	-	+	0,73	0,51	0,46	0,57	100	100	99	99,67
7	-	+	+	1,58	1,19	1,07	1,28	98	98	99	98,33
8	+	+	+	1,04	0,94	0,83	0,94	99	99	97	98,33

x_1 - диаметр модернизированного воздуховода, x_2 - размер контейнера, x_3 - диаметр отверстий вентиляционных. X - закодированные уровни факторов (где - 1 минимальное значение, +1 максимальное), y_1 - средние потери картофеля, y_2 - средние показатели всхожести картофеля. y - средние значения результативных показателей по опыту.

2. Исходя из обработки результатов лабораторных исследований получены и приняты следующие значения:

- диаметр воздуховода КДХК – 100мм
- размер КДХК 1000мм*1200мм*1200мм
- диаметр вентиляционных отверстий воздуховода КЛХК – 15мм

Замечания и предложения по дальнейшей работе по внедрению: нанять конструкцию контейнера для хранения картофеля целесообразной проведения дальнейших производственных исследований.

Исполнитель:

соискатель

Д.Н. Михайлов

Представитель
ФГБОУ ВО РГАТУ,
научный руководитель
работы

Директор
УНИЦ «Агротехнопарк»
Рязанского района
Рязанской области

20~~94~~

Рязанского района
Рязанской области
Ю.В. Доронкин
М.П.

Приложение 3

Утверждаю



Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО РГАТУ

Г.К. Ремболович

2025г.

Акт

О внедрении законченной научно-исследовательской,
опытно-конструкторской и технологической работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева» в лице руководителя научно-исследовательской,
(опытно-конструкторской) работы
профессора, доктора технических наук Борычева Сергея Николаевича
и представителя ООО «Церлево»

Чучковского района Рязанской области

в лице директора Олега Антоновича Бондаря

составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской,
(опытно-конструкторской) работы «Обоснование параметров контейнера для
хранения картофеля» в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на
2021 – 2025 год, тема 1 «Совершенствование технологий, средств
механизации, электрификации и технического сервиса в
сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских
территорий» (№ гос. Рег. 122020200038-8), раздел 1.3 «Совершенствование
технологий, разработка и повышение надежности технических средств
возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки
сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе»
выполненной на кафедре строительство инженерных сооружений и механики
ФГБОУ ВО РГАТУ в 2024 – 2025 году., внедрены на ООО «Церлево»

Чучковского района Рязанской области

путем сравнительных хозяйственных исследований серийного контейнера и
усовершенствованного контейнера для хранения картофеля.

Проводились сравнительные хозяйственные исследования серийного
контейнера и запатентованного контейнера для хранения картофеля в период

Конец приложения 3

основного хранения картофеля сорта «Гала» в период с 19.09.2024 по 24.04.2025 года.

1. Результаты хранения семенного картофеля составили:

№ п/п	Тип хранения	Потери семенного картофеля за 7 месяцев хранения			Полевая всхожесть по результатам хранения	
		Всего	Потери картофеля при хранении			
			Убыль массы	Техн. отходы		
1	Серийный контейнер	9,72	6,61	2,19	0,92	95,4%
2	КДХК	7,14	4,47	2,16	0,51	96,3%
3	Всего по таблице	8,43	5,54	2,47	1,00	95,8%

2. Результаты исследования хранения семенного картофеля показали снижение потерь в запатентованном контейнере для хранения картофеля на 2,58% по сравнению с серийным.

3. Увеличение полевой всхожести семенного картофеля при хранении картофеля в запатентованном контейнере для хранения картофеля составила 0.9%.

Замечания и предложения по дальнейшей работе по внедрению: результат исследования контейнера (патент на полезную модель №222 055) в картофелехранилище подтвердили теоретические и лабораторные исследования сохранности семенного картофеля. Признать конструкцию контейнера для хранения картофеля целесообразной и экономически обоснованной.

Исполнитель.

соискатель

Д.Н. Михайлов

Представитель
ФГБОУ ВО РГАТУ,
научный руководитель
работы

Директор
ООО «Церлево»
Чучковского района
Рязанской области