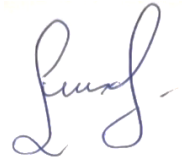


На правах рукописи



МИХАЙЛОВ ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
КАРТОФЕЛЯ**

Специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

РЯЗАНЬ, 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ).

Научный руководитель: **Борычев Сергей Николаевич**

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Гаджиев Парвиз Имранович,**

доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», профессор кафедры технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий

Дринча Василий Михайлович,

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», профессор кафедры «Технологические системы АПК»

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха)

Защита состоится «24» марта 2026 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: <http://rgatu.ru/>, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.gisnauka.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



Юхин Иван Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 исследования. Вопрос уменьшения потерь картофеля, в том числе семенного, рассматривали такие ученые как С.Н. Бoryчев, Н.В. Бышов, Н.И. Верецагин, П.И. Гаджиев, А.С. Дорохов, В.М. Дринча, В.С. Заводнов, А.Ю. Измайлов, Д.В. Колошеин, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, А.Г. Пономарев, Г.К. Рембалович, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.В. Сибирёв, И.А. Успенский, И.А. Юхин, L.L. Claupool, S.L. Samraio 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

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

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 исследований. 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 исследований. 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 диссертации. 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 работах, 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.

Объем и структура 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обозначена актуальность темы и степень её разработанности различными учеными, выделена цель и задачи исследования. Отражены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ существующих технологий хранения семенного

картофеля» приводится история появления и развития картофеля в России. Приведены статистические данные по валовому сбору картофеля в отдельные периоды. Приводится разбор основных способов хранения картофеля, и осуществлен патентный обзор существующих контейнеров для хранения и транспортировки картофеля.

По итогам 2024г Россия занимает 4 место в мире по объему произведенного картофеля. Объем производства составил 19,3 млн. тонн.

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

Во второй главе «Теоретические исследования хранения семенного картофеля в контейнере для хранения картофеля (КДХК)» рассмотрены теоретические исследования скважности продукции внутри КДХК и теоретическое исследование процесса подготовки модифицированной газовой среды (МГС) для этого процесса.

Для определения скважности продукции внутри контейнера определяется его рабочий объем по формуле 1. Проанализировав патент РФ №222055, определена формула вычисления рабочего пространства в КДХК в МГС.

$$V_k = a_1 b_1 c_1 - 2a_2 b_2 c_2 - 4a_3 b_3 c_3 - 2a_4 b_4 c_4 - \pi R^2 h \quad (1)$$

Зная плотность клубня и плотность насыпи картофеля получена формула, определяющая скважность:

$$C = V_k - \frac{\rho_n}{\rho_{кар}} * V_k \quad (2)$$

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.

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

Существуют следующие технологии хранения в регулируемой газовой среде (РГС), с различными составами газа в процентном соотношении.

1. Традиционная (Traditional Controlled Atmosphere):

Содержание газа CO₂: 3 – 5%; O₂: 3 – 4%.

2. Низкое содержание кислорода (Low Oxygen):

Содержание газа CO₂: 1 – 3%; O₂: 2 – 2,5%.

3. Ультранизкое содержание кислорода (Ultra Low Oxygen):

Содержание газа CO₂: 0 – 2%; O₂: 1 – 1,5%.

Установлено, что при применении данных технологий лучше сохраняется твердость и свежесть продукта за счет снижения интенсивности дыхания

клубней.

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%.

Для определения концентрации газов можно использовать газоанализаторы и датчики, подключаемые к программно-логическому контроллеру (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 КДХК, чтобы избежать процесс сушки продукции, а так же поддерживать газовую среду оптимальной для хранения

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 и расчета объемных и массовых долей газа (рис. 1).

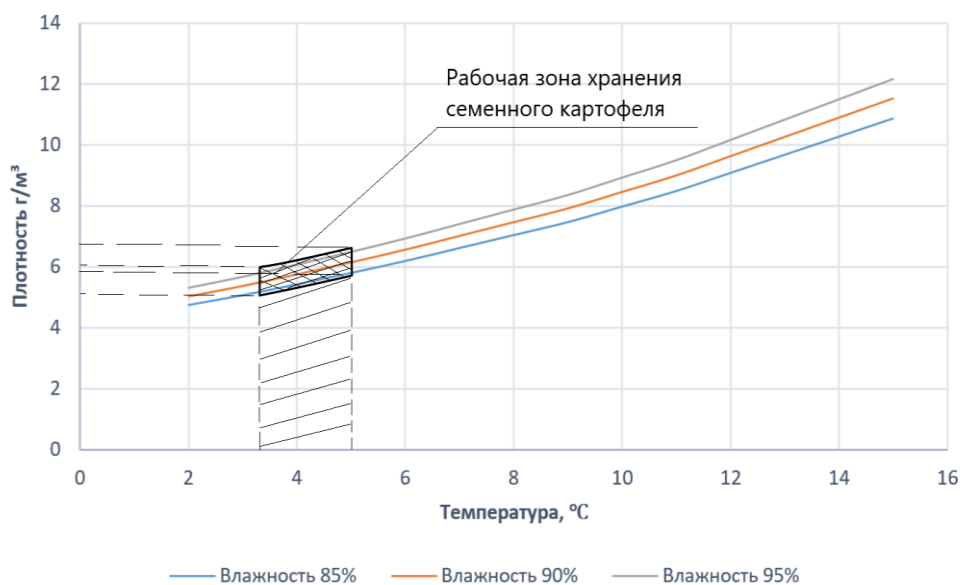


Рисунок 1 – График зависимости температуры и влагосодержания при различной относительной влажности воздуха.

Для расчета влагосодержания применяется формула

$$d = 621,98 \frac{\varphi \cdot p_{\text{нас}}}{p_{\text{б}} - \varphi \cdot p_{\text{нас}}} \quad (3)$$

где, d – влагосодержание, г/кг; $p_{\text{б}}$ – 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 применяется уравнение Антуана.

$$\log_{10} P_{\text{нас}} = A - \frac{B}{C+t} \quad (4)$$

$$P_{\text{нас}} = 10^{A - \frac{B}{C+t}} \quad (5)$$

где, А,В,С – константы Антуана (табл. 1); t_p – температура расчетная, (°С);
 $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара в мм.рт.ст.

Таблица 1. Константы Антуана.

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

Формула расчета влагосодержания имеет вид:

$$d = 621,98 \frac{\varphi * 133,32 \left(10^{A - \frac{B}{C+t}} \right)}{p_6 - \varphi * 133,32 \left(10^{A - \frac{B}{C+t}} \right)}, \frac{\text{г}}{\text{кг}} \quad (6)$$

Таблица 2. Содержание элементов и соединений в атмосферном сухом воздухе на уровне моря, при температуре 0 °С и давлению 101325 Па

№	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 видно, 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. Определение процентного соотношения содержащихся газов во влажном воздухе проведено через парциальное давление газов. Учитывая в расчетах водяной пар, процентное соотношение газа будет отличным от данных таблицы 2, так как влажность в помещении хранилища достигает 95%. Парциальное давление каждого газа определяется по формуле:

$$P_i = \frac{m}{M} RT = \frac{\rho \varphi_i}{M_i} RT \quad (7)$$

После проведения расчетов парциального давления каждого газа, проводятся вычисления объемных и массовых характеристик каждого из них, а результаты заносятся в таблицу 3.

Таблица 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_2O	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

Для последующих расчетов рассматривается сама система вентилирования (рисунок 2) насыпи картофеля в КДХК, и в первую очередь объемно-весовые характеристики продукции, для определения необходимого расхода газа, так как расход воздуха при вентилировании насыпи на 1т семенного картофеля составляет 70м³/т/ч.

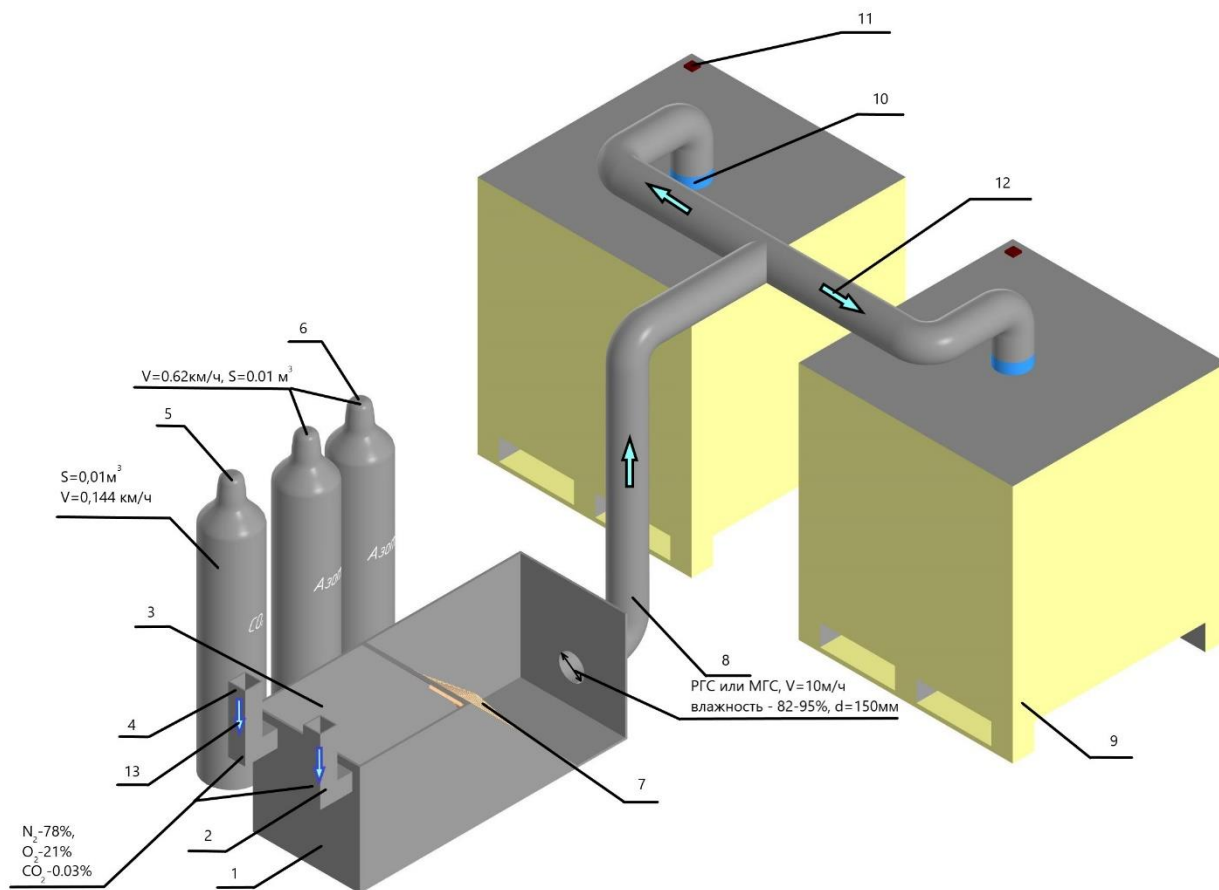


Рисунок 2 – Система вентиляции КДХК.

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.

Так как известен состав газовой среды, которую необходимо поддерживать при хранении семенного картофеля в КДХК, а именно CO_2 : 10 – 20%; O_2 : 2 – 7% и N_2 : 73 – 88%, то для дальнейших расчетов выберем среднее значение по каждому газу учитывая водяной пар.

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

$$O_{2 \text{ пр}} X = O_{2 \text{ атм}}, X = \frac{O_{2 \text{ атм}}}{O_{2 \text{ пр}}} \quad (8)$$

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

Получается система уравнений:

$$\begin{cases} O_{2 \text{ пр}} X = O_{2 \text{ атм}} \\ N_{2 \text{ пр}} = \frac{N_{2 \text{ атм}}}{X} + Y_{N_2 б} \\ CO_{2 \text{ пр}} = \frac{CO_{2 \text{ атм}}}{X} + Y_{CO_2 б} \end{cases} \quad (9)$$

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

Расход газа Q определится для углекислого газа и азота индивидуально. Он находится из системы уравнений, а сечение выводной трубки газового баллона в камеру подготовки воздуха определяется формулой:

$$\frac{\frac{P_{C.B.M}}{RT} * \varphi_i}{X} + \left(N_{2 \text{ пр}} - \frac{\frac{P_{C.B.M}}{RT} * \varphi_i}{X} \right) = S_i * V_i \quad (10)$$

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

$$V_i = \left(1000 / \left(\frac{\frac{P_{C.B.M}}{RT} * \varphi_i}{X} + \left(N_{2 \text{ пр}} - \frac{\frac{P_{C.B.M}}{RT} * \varphi_i}{X} \right) \right) \right) / S_i \quad (11)$$

Приняв сечение воздухопроводов баллонов азота и углекислого газа $S_i = 0,01 \text{ м}^2$ получим, что скорость 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 $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В третьей главе «Лабораторные исследования контейнера для хранения картофеля» проведено аналитическое исследование размеров КДХК по итогам проведения лабораторных исследований картофеля.

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. 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). Перед взвешиванием картофель был отмыт от грязи, для увеличения точности показаний

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.



Рисунок 3 – Взвешивание контрольных клубней картофеля, сорт Гала

Для определения средних физико-механических показателей перед закладкой продукции на хранение было взято 32 точечные пробы весом ~ 5 кг каждая. Данные проанализированы и записаны в таблицу 4.

Таблица 4. Замеры контрольных образцов семенного картофеля перед закладкой на хранение

Тип замера	Размер (2а, 2b, 2с), 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

Таблица 5. 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

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 воздухопроводов, герметично соединенных между собой.

Таблица 6. 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 аналогового ввода (МВ110-8А)	1	Сбор данных аналоговых датчиков температуры
3	Модуль аналогового 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-CO2)	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

Лабораторная установка состоит из: двух КДХК, воздухопроводов, 7 датчиков температуры, 4-х датчиков анализа газа, 5 датчиков анализа влажности, вентилятора низкого давления, камеры подготовки воздушной смеси, баллона N2, баллона CO2, редукторов газовых 2шт., ПЛК «СПК107 Овен», электромагнитных клапанов, сервоприводов 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 аналогового ввода, модуль аналогового вывода, модуль дискретного ввода-вывода по протоколу RS-485. Датчики аналогового типа подключены к модулю ввода аналогового ввода.



Рисунок 4 – Щит автоматики, обеспечивающий работу усовершенствованной системы для хранения семенного картофеля

По результатам Лабораторных исследований получены следующие значения:

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

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

В четвертой главе «Производственные исследования контейнера для хранения картофеля» представлена программа производственных испытаний на предприятии Чучковского района Рязанской области ООО «Церлево».

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.

Установлено два контейнера с одинаковыми параметрами. Размер контейнеров составляет 1000мм*1200мм*1200мм, диаметр воздуховода 100мм, сечение отверстий 15мм.

Семенной картофель отсортированный и подготовленный для закладки на длительное хранение помещается в КДХК (рис. 5). Результаты производственных исследований были обработаны и сформированы выводы (табл. 7).



Рисунок 5 – Процесс хранения семенного картофеля в КДХК с МГС.

Таблица 7. 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

В пятой главе «Расчёт экономического эффекта от применения способа хранения семенного картофеля в КДХК» представлена оценка экономического эффекта от внедрения КДХК. 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 научных работ, опубликованных по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

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

2. Теоретический анализ динамики воздушного потока в контейнере для хранения картофеля / Д. В. Колошеин, С. Н. Бoryчев, 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.

Патент

3. Патент на полезную модель № 222055 U1 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. Бoryчев, Д. В. Колошеин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева"

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз.
Заказ №1680 подписано в печать 22.01.2026 г.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
Отпечатано в издательстве учебной литературы и учебно-
методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*