Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



Колошеин Дмитрий Владимирович СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ КАРТОФЕЛЯ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ВОЗДУХОВОДА

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 05.20.01 - «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, Борычев С.Н.

АННОТАЦИЯ

Целью диссертационного исследования является повышение сохранности картофеля при снижении энергопотребления системы вентиляции картофелехранилищ.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель работы и ее народнохозяйственное значение. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан обзор существующих картофелехранилищ и технологий хранения картофеля в РФ, отражены их недостатки, влияющие на сохранность картофеля. Определена цель и задачи исследования.

Во второй главе представлено теоретическое обоснование аналитической зависимости движения вентилируемого воздуха через усовершенствованные воздуховоды устанавливаемые в насыпи картофеля (патент на полезную модель №158787).

В третьей главе приведена программа и методика лабораторных исследований. Определены рациональные параметры усовершенствованного воздуха.

В четвертой главе приведена программа, методика и результаты хозяйственных испытаний усовершенствованного воздуховода в хозяйстве ООО «Подсосенки» Рязанской области в период с 2015 по 2017 гг.

В пятой главе определен экономический эффект от применения усовершенствованного воздуховода во время хранения.

Выполнено заключение, по результатам проведенных исследований даны рекомендации производству. Представлен список литературы, приложения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннота	ация	2
Общая	характеристика работы	6
ГЛАВ	А 1. Обзор литературных источников по теме исследований	10
1.1.	Современные картофелехранилища в Российской Федерации	10
1.2.	Зарубежные конструктивные особенности картофелехранилищ	14
1.3.	Технология послеуборочной доработки, закладки на хранение	18
1.4.	Способы хранения картофеля	22
1.5.	Основные периоды, режимы хранения и системы вентиляций,	26
	используемые при хранении картофеля	
1.6.	Оценка теоретических исследований микроклимата при	35
	хранении навальным способом	
1.7.	Выводы по первой главе	43
1.8	Задачи исследований	44
ГЛАВА	А 2. Теоретические исследования определения параметров	45
усовер	шенствованного воздуховода хранилища	
2.1.	Выбор и обоснование методов теоретических исследований	45
	движения воздушной смеси в насыпи картофеля	
2.2.	Принцип работы усовершенствованного воздуховода	45
2.3.	Определение коэффициента скважности	48
2.4.	Определение гидравлического сопротивления картофельной	49
	насыпи вентиляционному потоку	
2.5.	Определение необходимого сечения усовершенствованного	55
	воздуховода хранилища	
2.6.	Обоснование параметров усовершенствованного воздуховода	60
	системы вентиляции для хранения картофеля	
	Выводы по второй главе	66
	ГЛАВА 3. Лабораторные исследования	68
	усовершенствованного воздуховода картофелехранилища	

3.1.	Исследования размерно-массовых характеристик и	68	
	механических повреждений клубней		
3.1.1.	Программа полевых исследований сорта картофеля «Удача»	68	
3.1.2.	Объект исследований	69	
3.1.3.	Методика определения размерно-массовых характеристик		
3.1.4.	Результаты размерно-массовых исследований сорта картофеля	70	
	«Удача»		
3.1.5.	Механических повреждений клубней перед закладкой на	72	
	хранение		
3.1.6.	Выводы по разделу	73	
3.2.	Лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода	74	
3.2.1.	Программа исследований	74	
3.3.	Описание лабораторной установки	74	
3.4.	Методика экспериментальных исследований процесса хранения	77	
	картофеля		
3.5	Результаты лабораторных исследований по определению	82	
	параметров усовершенствованного воздуховода с сечением		
	равностороннего треугольника		
3.6.	Выводы по третьей главе	86	
	ГЛАВА 4. Хозяйственные испытания усовершенствованного	88	
	воздуховода		
4.1.	Хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода	88	
4.1.1.	Программа испытаний	88	
4.1.2.	Объекты исследований	88	
4.2.	Методика исследований по убыли массы картофеля	88	
4.2.1.	Результаты хозяйственных испытаний серийного и	92	
	усовершенствованного воздуховода		
	Выводы по четвертой главе	92	
	ГЛАВА 5. Расчет экономического эффекта применения	94	

	усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля	
5.1.	Общие данные	94
5.2.	Экономический эффект от сокращения потерь картофеля в	94
	период длительного хранения	
5.3.	Экономический эффект от снижения затрат расхода	97
	электроэнергии в период длительного хранения	
5.4.	Расчет экономического эффекта полученных научных	98
	результатов	
5.5.	Годовой экономический эффект от применения	98
	усовершенствованного воздуховода в сравнении с серийным	
5.6	Выводы по пятой главе	100
	Заключение	101
	Рекомендации производства	103
Список	: литературы	104
Прилох	кения	119

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120), обозначено одно из приоритетных направлений в производстве сельскохозяйственной продукции — создание новых технологий в области хранения картофеля.

Среди главных задач картофелеводства РФ повышение сохранности данного продукта во время хранения. Хранение — это важное звено в технологии производства картофеля. Однако в России сохраняется нехватка современных картофелехранилищ с активной вентиляцией, которые способны сохранить клубни длительное время при минимальном энергопотреблении вентиляционного оборудования. Результат сохранности хранимой продукции зависит от параметров напольных воздухо-распределительных каналов.

Современные воздуховоды при навальном хранении не в должной мере распределяют потоки в нижней и верхней зонах насыпи. Известные варианты вентиляционных каналов создают неравномерность распределения потока воздуха от 38 до 49%.

Решение задачи по равномерному распределению потоков вентиляционного воздуха по всей насыпи внесет значительный вклад в продовольственную безопасность страны.

Степень разработанности темы. Большой вклад в исследование потерь картофеля во время хранения, а также в изучение структурных, теплофизических основ картофельной насыпи и конструкций воздуховодов внесли И.Г. Алямовский, В.И. Бодров, С.Н. Борычев, И.Л. Волкинд, М.А. Волков, А.С. Гинзбург, М.А. Громов, П.И. Дячек, Н.А. Жоровин, И.М. Квашнин, Н.Н. Колчин, А.Н. Машенков, Л.В. Метлицкий, К.А. Пшеченков, В.Г. Селиванов, С.С. Туболев, R.S. Claycomb, T.S. Cooper, W.C. Sparks и другие ученые.

Работа выполнена по плану НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016 – 2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и

технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» подраздел 3.2.1 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств уборки, транспортирования и хранения картофеля в условиях сельскохозяйственных предприятий Рязанской области» (№ гос.рег. AAAA-A16-116060910025-5).

Объект исследований - усовершенствованная конструкция воздуховода картофелехранилища.

Предмет исследований процесс хранения картофеля и движение вентилируемого воздуха по воздуховоду, установленному в картофельной насыпи.

Научную новизну работы составляет: аналитическая зависимость движения вентилируемого воздуха через усовершенствованные воздуховоды в виде фронтальной трехгранной призмы, устанавливаемые в картофельной насыпи хранилища.

Практическую значимость работы составляют: параметры оригинальной конструктивно-технологической схемы воздуховода (патент на полезную модель №158787) в виде фронтальной трехгранной призмы, боковые поверхности которой изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусков. Конструкция воздуховода позволит равномерно подавать вентилируемый воздух в картофельную насыпь, что увеличит сохранность картофеля. Определено время работы системы вентиляции во время хранения с учетом конструкции усовершенствованного воздуховода.

Методы исследования - основой диссертационного исследования является обобщение известных научных теоретических результатов тепломассообмена, аэродинамики. Обоснование термодинамики рациональных параметров усовершенствованного воздуховода проводилось ПО известным И ПО разработанным оригинальным методикам, в том числе с использованием пакетов программ «Microsoft Office 2010», «КОМПАС – 3D V14», «STATISTICA v6.0» и «MathCAD v14.0».

Лабораторные исследования по определению рационального сечения экспериментального воздуховода осуществлялись с использованием теории планирования эксперимента по плану 2^3 ПФЭ. Обработка результатов исследований проведена методами математической статистики с помощью программы «MathCAD v14.0». Уточнение размерно-массовых характеристик клубней осуществлялось по ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества».

Положения, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема усовершенствованного воздуховода картофелехранилища (патент на полезную модель №158787).
- теоретически обоснованные параметры конструкции усовершенствованного воздуховода.
- аналитическая зависимость, полученная на основе экспериментальных данных и характеризующая взаимосвязь между сечением воздуховода (патент на полезную модель №158787) и микроклиматом насыпи хранилища.
- результаты лабораторных исследований и экспериментальных испытаний функционирования усовершенствованного воздуховода картофелехранилища в условиях Рязанской области.
- технико-экономическая оценка применения усовершенствованной конструкции воздуховода картофелехранилища в условиях Рязанской области.

Достоверность результатов исследований. При проведении экспериментальных исследований использовались методики в соответствии с ГОСТ 28372-93 «Картофель свежий продовольственный. Руководство по хранению, приборы и установки». Результаты теоретических исследований в достаточной мере согласуются с полученными экспериментальными данными (расхождение 4,7%). Данные, полученные в ходе выполнения работы, опубликованными согласуются, В независимых источниках ПО тематике исследования. Материалы диссертационного исследования прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в разработке и формулировании цели работы, в проведении теоретических и экспериментальных исследований по нахождению параметров воздуховода и движению воздуха в насыпных слоях картофельного вороха, выполненных как самостоятельно, так и в соавторстве. При этом автору принадлежит участие в постановке задачи исследований, непосредственное проведение теоретических исследований и экспериментов по сохранности картофеля, обработка результатов и их интерпретация, участие в написании статей и выводов по ним.

Реализация результатов исследований.

Результаты исследований приняты к исполнению и внедрены в хозяйство ООО «Подсосенки» Шацкого района Рязанской области. (Общий объем хранимого картофеля с применением усовершенствованного воздуховода составил свыше 860 тонн, за 2015-2017 гг.).

Апробация работы.

Результаты диссертационного исследования обсуждены на научнопрактических конференциях Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева (2014-2017 гг.), Курской ГСХА им. И.И. Иванова (2014 г.), Воронежского ГАУ им. Петра I (2016 г.), ФГБНУ ВНИИКХ имени А.Г. Лорха (2017 г.); на конкурсе «Умник» в (2016, 2017 гг.) и в научном проекте молодых ученых ФГБОУ ВО РГАТУ (2016 г.).

Публикации результатов исследований. По теме диссертационного исследования опубликовано 15 печатных работ, в том числе 6 — в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, получен 1 патент РФ на полезную модель.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 153 наименований 7 приложений. Работа изложена на 132 страницах, включает 43 рисунка и 18 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Современные картофелехранилища в Российской Федерации

Картофель в Российской Федерации является одной из основных продовольственных культур, не уступающих по своей ценности зерну [15]. На сегодняшний день по масштабам производства картофель занимает четвертое место среди главных пищевых сельскохозяйственных культур мира после риса, пшеницы и кукурузы [74]. По данным Росстата [125] площадь посадки картофеля в 2016 г. составила 2065,1 тыс. га. В Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельхозпродукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 гг. РФ предусмотрено увеличение производства картофеля с 30 млн. т. до 34 млн. т [84].

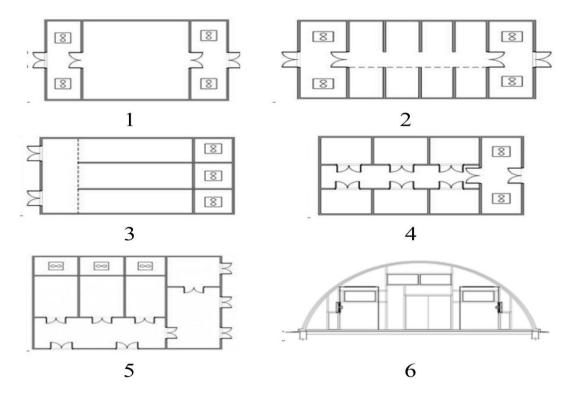
Значимость картофеля подчёркивают объёмы его потребления. Так в Российской Федерации выращивается более 200 кг в год на человека, в Великобритании – 90 кг, в Нидерландах – 150 кг, во Франции – 100 кг [74].

Современная технология производства картофеля предполагает не только получение высоких урожаев, но и возможность длительного хранения картофеля в картофелехранилищах.

Современные картофелехранилища — это, прежде всего сложный инженерный комплекс. Картофелехранилища в РФ разделяют на несколько типов, представленных на рисунке 1.1 [99, 123].

Из всего многообразия предлагаемых на современном строительном рынке вариантов необходимо заострить внимание на двух наиболее дешёвых, быстрых и доступных: бескаркасные арочные хранилища из металлоконструкций с напылённым изнутри утеплителем и каркасные из сэндвич-панелей (закромные и с изолированными секциями) [99, 105, 118, 123, 124, 125].

Картофелехранилища арочного типа (рис. 1.1, позиция 6) строят в основном с размером по ширине 20 м [67, 99, 113, 102, 103, 123], а длина выбирается в зависимости запланированной местности.



1 — навальное (контейнерное); 2 — закромное; 3— секционное состоящее из неизолированных секций; 4 — секционное состоящее из изолированных секций; 5 — секции размещены параллельно с выходом в теплый тамбур; 6 — арочная конструкция из металлических конструкций.

Рисунок 1.1 – Основные типы картофелехранилищ

Исходя из оптимальной длины магистрального канала, длина картофелехранилища не должна превышать 50 м [123] при размещении смесительной камеры с одного торца.

При высоте насыпи 4,5 м в хранилище размером 20х42 м вмещается 2000 т картофеля (рис. 1.2).

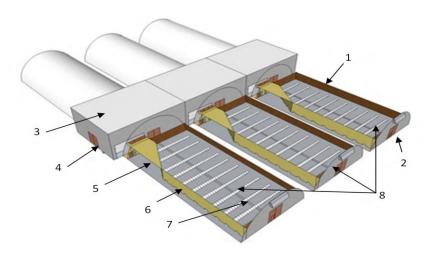
Хранилища арочного типа в сравнении с каркасными обладают определенными достоинствами:

- возводятся в минимальный срок;
- прочность конструкции;
- высокая скорость строительства;
- легкость установки и разборки.

В процессе развития технологий по строительству картофелехранилищ арочного типа был разработан проект хранилища по схеме «Паук» (рис.1.3) [98].



Рисунок 1.2 – Общий вид металлического хранилища арочного типа вместимостью 2000 тонн (Рязанская область)



1 — секция; 2 — ворота (с обеих торцов секции); 3 — тамбур; 4 — ворота в тамбур; 5 — смесительная камера; 6 — магистральный канал; 7 — распредканалы (напольные); 8 — гидроканалы.

Рисунок 1.3 – Комплекс из шести секций арочного типа с технологическим тамбуром посередине

Данный комплекс состоит из шести секций общей вместимостью 12 тыс. тонн, причем секции соединены технологическим тамбуром. Тамбур строится прямоугольной формы и используются для товарной подготовки продукции. Изнутри напыляется утеплитель толщиной 5-6 см, что подходит под климатические условия Центральной России [111, 123]. В секциях толщина слоя варьируется от 7 до 9 см. Каждая секция имеет свою индивидуальную систему

вентиляции и оборудована смесительной камерой с вентиляторами, приточными, рециркуляционными и вытяжными клапанами.

Каркасные картофелехранилища (рис. 1.4) [123] по сравнению с арочными дороже на 20 – 25 % [123], но они имеют преимущества при хранении картофеля в контейнерах и закромах за счет геометрической конфигурации.

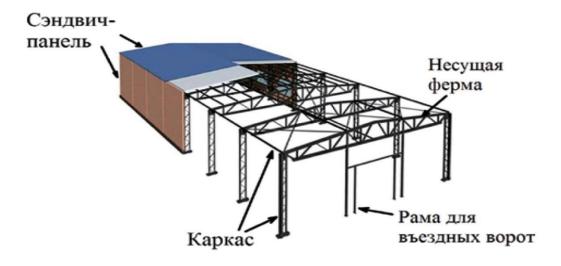


Рисунок 1.4 – Каркасное хранилище из сэндвич-панелей

Каркасные хранилища строятся без внутренних опор, что является значительным преимуществом, по сравнению с ранее возводимыми хранилищами из кирпича, плит перекрытия, которые опираются на внутренние колонны, что усложняет загрузку картофеля в хранилище и его выгрузку.

Однако, строительство новых современных хранилищ, оснащенных системами автоматического управления микроклиматом, связано co затратами материально-технических средств. Реконструкция значительными строений картофелехранилища позволит дальнейшей существующих В В перспективе организовать хозяйством качественное хранение картофеля при сравнительно небольших затратах на перепланировку помещений под создание в них изолированных секций, обеспечение дистанционного контроля температуры в насыпи картофеля и в создании надежной и простой системы управления потоками воздуха в насыпь, с использованием вентиляционных каналов напольного типа.

1.2. Зарубежные конструктивные особенности картофелехранилищ

Различные типы хранилищ контейнерного и навального способов хранения спроектированы и построены во многих странах мира. Зарубежный опыт эксплуатации и строительства раскрывает положительные и отрицательные стороны различных способов хранения продукции [148]. Современные картофелехранилища представляют собой сложные комплексы, в которые входят помещения, оборудованные системой вентиляции, датчиками температуры и влажности, также имеются помешения ДЛЯ предпосадочной И предреализационной обработки клубней.

К картофелехранилищам за границей предъявляют требования:

- минимальные потери картофеля при хранении;
- нормативные условия труда обслуживающего персонала;
- использование технического оборудования хранилищ при приемке клубней с полей, с последующей сортировкой, хранением, упаковкой и отгрузкой.

При проектировании строительства картофелехранилищ в Финляндии, кроме способов хранения, учитывают организацию вентиляции, поступления продукции (железная дорога, автомобильный транспорт), обработку клубней на разных этапах, степень механизации работ [83]. Все это может повлиять на выбор формы здания и компоновку различных помещений [83]. Финские фирмы «YIT», «Portec», «Chance» строят в РФ комплексы по приемке, переработке и хранению картофеля вместимостью от 2500 тонн и выше из легких металлических конструкций. Финские хранилища оснащены холодильными установками и поточными линиями по приемке и обработке картофеля. Финской фирмой разработана была полностью автоматизированная система кондиционирования «Potato Processor», предназначенная для контроля системы вентиляции хранилищ. Автоматизированная система кондиционирования «Potato Processor» умеет с минимальными затратами электроэнергии подбирать способ снижения температуры в картофелехранилищах в случае ее повышения.

Точность замера температуры очень высока, максимальная абсолютная погрешность замеров составляет \pm 0,3 °C [83].

Во Франции температуру в насыпи клубней поддерживают при помощи автоматического устройства, которое крепят в зависимости от назначения картофеля и примесей в картофельном ворохе. Высота насыпи картофеля в таких картофелехранилищах составляет от 3 до 3,5 метров [83].

Венгерский опыт строительства картофелехранилищ предусматривает возведение хранилищ вместимостью от 3 до 10 тыс. тонн и хранение навалом или в контейнерах с устройством автоматического регулирования температуры и влажности помещения хранения. Оно на расстоянии измеряет температуру картофеля и внешнюю температуру в разных частях хранилища. Электронное устройство обрабатывает данные и управляет вентиляторами и клапанами для подачи внешнего воздуха, охлаждающими агрегатами [83].

В Швеции до недавнего времени применяли контейнерный способ хранения. Однако высокая стоимость контейнеров, недолговечность (срок службы до пяти лет) [83], большие затрата на ремонт и неполное использование объемов хранилища при больших потерях картофеля из-за плохого вентилирования центральной части контейнера, заставили отказаться от этого способа в пользу навального. Картофельную насыпь, начиная с лечебного периода, непрерывно вентилируют воздухом, при относительной его влажности около 100 % [83]. Для устранения конденсата создают специальную систему подогрева потолка и верхних слоев воздуха, а также увеличивают теплоизоляцию ограждающих конструкций хранилища. Чтобы избежать отпотевания клубней, на потолке устанавливают нагреватель [82].

Голландской фирмой «Grenco» разработаны проекты картофелехранилищ вместимостью от 1 до 10 тыс. тонн для хранения семенного и столового картофеля, где микроклимат поддерживается термостатом, который с помощью соленоидного клапана подает хладагент к охладителю [73, 83]. Технология хранения заключается, в том, что картофель, привезенный с поля охлаждают до температуры 18°C, далее происходит процесс просушивания с последующим

охлаждением на 1°C ежедневно до необходимого значения в период хранения в соответствии с назначением картофеля. По данным ряда исследователей в Нидерландах, строгое соблюдение рекомендаций о правильных режимах хранения картофеля позволяет уменьшить потери массы. При температуре от 4 – 8 °C потери составляют 1 – 3% в первые месяцы хранения и далее каждый последующий месяц в диапазоне от 0,5 до 0,7% [83].

В США картофелехранилища перенесли в зону производства продукции, даже мелкие фермы имеют хранилища вблизи своих картофельных полей. При общей вместимости хранилищ от 400 т до 20 тыс. т. В первую очередь такое размещение способствует повышению сохранности картофеля, утилизации отходов и снижению нагрузок на транспорт хозяйства. Причем потери картофеля в период уборки и хранения не превышают 6% [109].

В США строят картофелехранилища в основном наземные и одноэтажные. При их возведении используют легкие металлические и железобетонные конструкции в сочетании с теплоизоляционными материалами. Хранилища оборудуют принудительной вентиляцией с автоматическим регулированием режимов хранения. Картофель хранят навалом высотой слоя до 5 м, при влажности 90 %. В штате Мичиган, введено в эксплуатацию экспериментальное хранилище купольного типа вместимостью 2800 т картофеля. Купольные картофелехранилища (рис.1.7) [83] представлены без перегородок и перекрытий, что делает внутреннюю логистику хранилища удобной. Предполагаемое холодильное оборудование устанавливается на вершине купола, что способствует равномерному движению холодного воздуха вниз продукцию. Отличительными особенностями таких хранилищ стали надежная теплоизоляция пола и стен, автоматическое регулирование температуры и относительной влажности воздуха.

В США технологический цикл хранения картофеля, кроме сохранности клубней, включает также очищение корнеплодов от почвы, растительных остатков и исключение из картофельного вороха больных и поврежденных клубней.

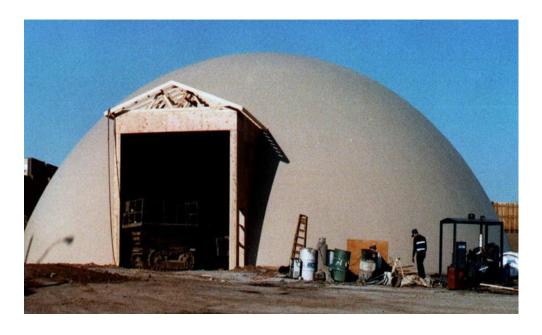


Рисунок 1.5 – Купольное картофелехранилище в штате Мичиган США

Одним из наиболее важных элементов повышения эффективности картофельного хозяйства США стала оптимизация транспортировки картофеля. Этому способствует близкое расположение хранилищ к полям, что снижает расстояние перевозок до минимума [83].

В Германии перешли к строительству крупных закромных хранилищ вместимостью около 1500 т. В хранилищах предусмотрены механизмы для погрузочно-разгрузочных работ, приемные бункера с подвижными днищами вместимостью около 4 т, помещение для подработки картофеля и гидравлические опрокидыватели для его разгрузки из не самосвального транспорта. Хранилища обеспечены вентиляторами производительностью до 150 м3/ч. Управление вентиляторами автоматическое. Контроль над температурой в хранилище в массе картофеля осуществляют с помощью дистанционных датчиков.

Исходя из перечисленного обзора зарубежного опыта по строительству хранилищ, установлено, что в картофелехранилищах используют технологии по сохранности картофеля, предусматривающие универсальные технологические циклы, в которые включено не только хранение клубней, но и приемка, сортировка корнеплодов с утилизацией отходов после хранения. Все это происходит при высокой сохранности картофеля, которому способствует работа

систем вентиляции в совокупности с высокопроизводительными воздуховодами, способными распределять воздушную смесь по всей насыпи картофеля.

1.3. Технология послеуборочной доработки, закладки на хранение

Послеуборочная доработка и закладка картофеля на хранение - завершающий этап процесса уборки, в котором все виды работ взаимосвязаны. [98].

Послеуборочную доработку и закладку на хранение картофеля хозяйства выполняют по трём основным технологиям [58, 97, 121]: прямоточная, перевалочная, поточная.

<u>Прямоточная технология.</u> При прямоточной технологии поступающий с поля картофель закладывают на хранение без сортирования. При этом хозяйством используются два варианта закладки на хранение.

Первый - наименее затратный: комбайн - транспортное средство - буртоукладчик (загрузчик), формирующий в хранилище насыпь картофеля навалом высотой до 5-6 м [98]. При этом насыпь клубней в хранилище формируется без маневрирования загрузчика. Применяют этот вариант при содержании в ворохе до 15-20% почвы и отсутствии растительных примесей [50] При втором варианте загрузку в хранилище картофеля производят с отделением мелких клубней и свободной почвы вручную, или используя сортировальный пункт (КСП). При обоих вариантах загрузки важно следить за перемещением стрелы погрузчика в горизонтальной плоскости (рис. 1.6) [59, 98], во избежание образования в картофельной насыпи почвенных столбов, из-за чего клубень начинает гнить или прорастать [106, 130, 138]. Чтобы этого не допустить, в загрузчике фирмы Міdema предусмотрена автоматическая программа работы загрузчика при формировании насыпи террасным способом (рис. 1.7) [100].

<u>Перевалочная технология</u>. При этой технологии перед закладкой на хранение производят калибрование клубней на фракции с отделением примесей проходят временное хранение. Её применяют при значительном поражении

клубней удушьем, фитофторозом, мокрой гнилью, при уборке в холодную дождливую погоду и при больших примесях почвы в ворохе [95, 98, 110].



Рисунок 1.6 - Последовательность формирования насыпи при помощи транспортёра загрузчика с телескопической стрелой



Рисунок 1.7 - Загрузка картофеля с помощью ленточных транспортеров и загрузчика серии ML (Miedema)

Поточная технология. Поточная технология включает уборку комбайном, последующую транспортировку, сортировку и калибрование на фракции и закладку на хранение [98]. В данной технологии все операции взаимосвязаны и выполняются по двум вариантам: первый — на основе серийно выпускавшихся передвижных сортировальных пунктов (КСП) в случае их установки в поле или на специализированных площадках около хранилища; второй — на базе стационарных, отдельно стоящих в специальном помещении или входящих в комплекс хранилища серийных стационарных картофелесортировальных пунктов [98, 120, 133, 134, 135]. Однако отрицательная сторона данной технологии

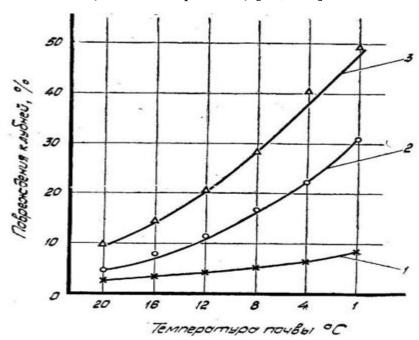
состоит в том, что клубням наносятся дополнительные механические повреждения, (обдир кожуры, вырывы мякоти и др.), что увеличивает потери картофеля во время хранения. Данную технологию следует применять только при осенней реализации картофеля.

Во время уборки, транспортировки и закладки на хранение клубни получает механические повреждения.

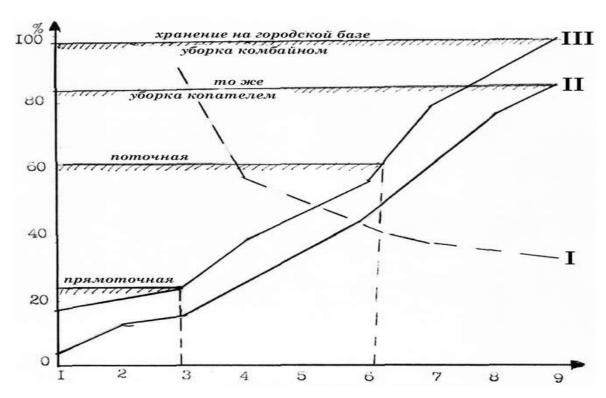
Необходимо учитывать, что с понижением температуры почвы и повышением ее влажности также значительно повышаются механические повреждения клубней (рис. 1.8) [100].

По данным Пшеченкова К.А., Верещагина Н.И. [22, 23, 24, 100] на повреждения клубней (потемнение мякоти от ударов) влияет влажность почвы (рис.1.8) и температура [101], поскольку почва и клубень прогреваются значительно медленнее, чем воздух.

Степень механических повреждений и потерь при хранении зависит от типа применяемой технологии (табл. 1.1 и рис. 1.7) [98, 123].



1 – обдир кожуры; 2 – повреждение мякоти; 3 – суммарные повреждения
 Рисунок 1.8 – Зависимость повреждений клубней от температуры почвы при уборке комбайном



I — выход стандартного картофеля в зависимости от технологии и места хранения; II — уровень механических повреждений при уборке копателем и хранении в городской базе с перевозкой картофеля осенью по железной дороге; III — то же, но при уборке комбайном. 1 — уборка, 2 — транспортировка, 3 — загрузка в хранилище или сортировальный пункт, 4 — доработка на сортировальном пункте, 5 — перегрузка в транспортные средства, 6 — транспортировка с загрузкой в вагоны, 7 — транспортировка и выгрузка из вагонов, 8 — загрузка в транспортные средства для перевозки на базу, 9 — транспортировка и загрузка в хранилище на базе.

Рисунок 1.9 – Уровень механических повреждений клубней и выход стандартного картофеля в зависимости от способа уборки,

технологии загрузки в хранилище и места хранения

Таблица 1.1 – Механические повреждения клубней в зависимости от применяемой технологии, % [123]

Виды повреждений	Технология		
	поточная	перевалочная	прямоточная
Обдир кожуры до 1/2 поверхности клубня	16,5	6,9	5,5
Обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня	22,6	5,7	4,6

П	1
Прололжение таблин	ЫΙ

Трещины, вырывы и	9,3	6,8	2,9
порезы мякоти клубней			
Потемнение мякоти	18,0	11,9	7,2
клубней размером и			
глубиной более 5 мм (от			
ударов)			
ИТОГО повреждений	66,4	31,3	20,2
Общие потери за 8	32,2	18,7	8,3
месяцев хранения, %			
Отходы при очистке	26,0-28,0	20,0-22,0	13,0-15,0
клубней, %			

Как следует из данных таблицы 1.1 и рисунка 1.9, значительный процент повреждений в виде обдира кожуры и потемнения мякоти, влияющие на величину потерь при хранении, приходится на поточную технологию. При прямоточной технологии эти виды повреждений ниже, соответственно ниже и потери. Поэтому при равных условиях предпочтение следует отдавать этой технологии [100].

Отсюда, используя технические средства отечественного и зарубежного производства, можно обеспечить высокое качество послеуборочной подготовки применяя прямоточную технологию закладки клубней на хранение в современные хранилища [121].

1.4. Способы хранения картофеля

Существует несколько способов хранения картофеля: навальный, секционный, закромный, контейнерный [100].

Навальный — это самый распространённый и дешевый способ хранения из всех перечисленных выше в РФ (рис. 1.10) [100]. Навальный способ позволяет максимально использовать объем картофелехранилища.

Однако при использовании в картофелехранилищах навального способа возникают существенные недостатки: невозможность поддержания различных температурно-влажностных режимов хранения в случае размещения картофеля различного назначения, сложность распределения по сортам.

При секционном способе хранения, картофель также размещают навалом, но в полностью изолированных секциях различной вместимости.



Рисунок 1.10 – Навальный способ хранения

Это наиболее прогрессивный способ хранения, поскольку позволяет поддерживать температурно-влажностные режимы хранения в зависимости от назначения картофеля (продовольственный, семенной и др.). В этом типе хранилищ возможно предупреждения преждевременного прорастания клубней в весеннее время, за счет накопления холода при вентилировании в наиболее холодное время суток [100]. При навальном и закромном способах это сделать намного сложнее из-за больших размеров помещения. Для хранения семенного картофеля, подходят картофелехранилища полностью c изолированными секциями (рис. 1.11) [100], в которых возможно поддерживать определенный микроклимат, чего нельзя сделать в хранилищах с неизолированными закромами (рис. 1.12) [9]. Вместимость секции может быть различной – от 200 – до 300 до 500 – 1000 т и более [100]. Причем каждая секция имеет свою систему активной вентиляции, с целью поддержания определенного микроклимата.

Закромный способ хранения предназначен, прежде всего, для хранения семенного картофеля (рис. 1.12) [100]. Недостатком данного способа, прежде всего, является неудобство загрузки и выгрузки клубней из закромов, снижение на 1/3 коэффициента использования полезной площади помещения

картофелехранилища и сложность предупреждения преждевременного прорастания клубней при выгрузки в весенний период [100].

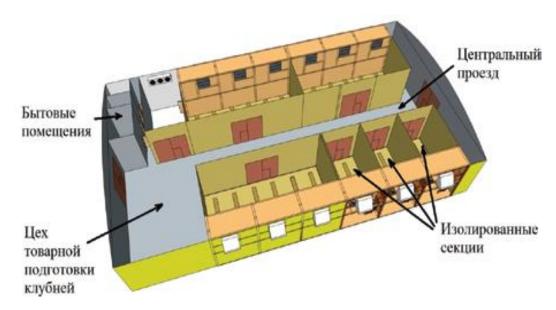


Рисунок 1.11 – Хранилище из сэндвич-панелей с изолированными секциями различной вместимости



Рисунок 1.12 – Закромное хранилище

Контейнерный — это самый дорогой способ хранения, поскольку связан с необходимостью изготовления контейнеров вместимость 450 — 500 кг и более [98, 100]. Также при этом способе необходимо применение погрузочно-

разгрузочных средств для перемещения контейнеров, их загрузки и выгрузки в картофелехранилище. Положительной стороной данного способа является одновременное хранение различных сортов в одном хранилище, высокая степень механизации работ, высокая маневренность при загрузке на хранение.

При контейнерном способе, картофелехранилище может быть изготовлено с изолированными секциями (рис. 1.13) [100], обеспечивающими индивидуальный микроклимат в каждой секции (в зависимости от назначения сорта картофеля).

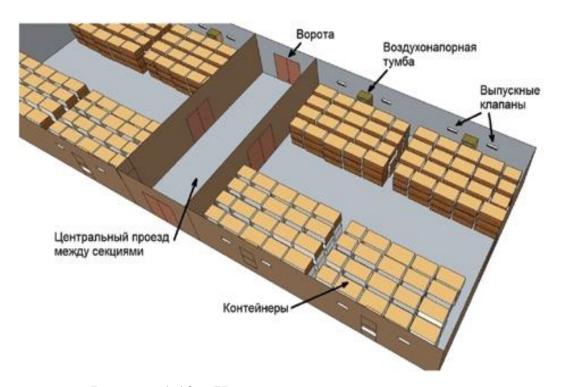


Рисунок 1.13 – Хранилище контейнерного типа

Следовательно, в настоящее время в РФ имеется широкий выбор проектов картофелехранилищ. Хранилища удовлетворяют потребностям заказчика, как по объему и назначению хранимой продукции, так и по способу ее реализации.

1.5. Основные периоды, режимы хранения и системы вентиляций, используемые при хранении картофеля

Температурный режим хранения зависит от назначения картофеля (рис. 1.14) [99].

Интенсивность вентилирования зависит от периода хранения и применяется хозяйствами РФ в соответствие с ОНТП-6-88 [89].

Режимы работы систем вентиляции представляет собой совокупность производительности (величин удельных расходов воздуха) [120],технологических условий эксплуатации: времени работы и периодичности включений картофелехранилища необходимых систем вентиляции И картофельную микроклиматических параметров подаваемого В насыпь вентилируемого воздуха через воздуховоды.

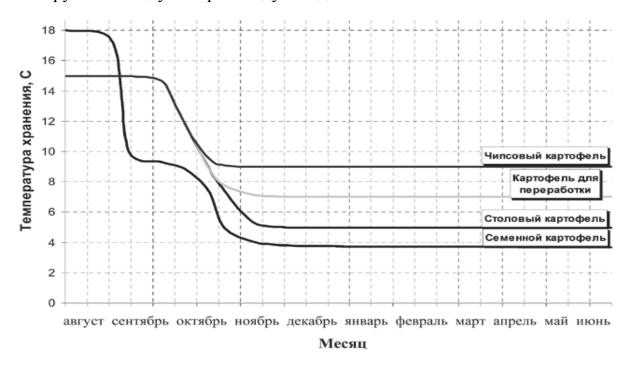


Рисунок 1.14 — Температура хранения картофеля в зависимости от цели последующего использования

В процессе хранения они дифференцированы [120] по периодам хранения и зависят от теплофизических и физико-механических свойств картофельной насыпи и объема загрузки хранилища картофелем.

Основные режимы периодов хранения картофеля представлены на рисунке 1.15 [122].

Просушивание картофеля – первый этап в хранении клубней картофеля. Просушку картофельной насыпи производят непрерывно наружным воздухом. Подача воздуха производится из расчёта 100–150 м3/т/ч в час за счет концентрации потока нагнетаемого воздуха в распределительном канале, при температуре воздуха не ниже 10°C [115], а продолжительность периода в свою

очередь зависит от состояния выкопанного картофеля. Так если картофель сухой – вентилируют 1-1,5 суток, влажный 2,5-3 суток [98, 99, 100, 115]

При загрузке хранилища следует знать, что невозможно загрузить все картофелехранилище единовременно, поэтому необходимо производить поэтапное просушивание сравнительно небольших партий картофеля, поступающих по мере загрузки.

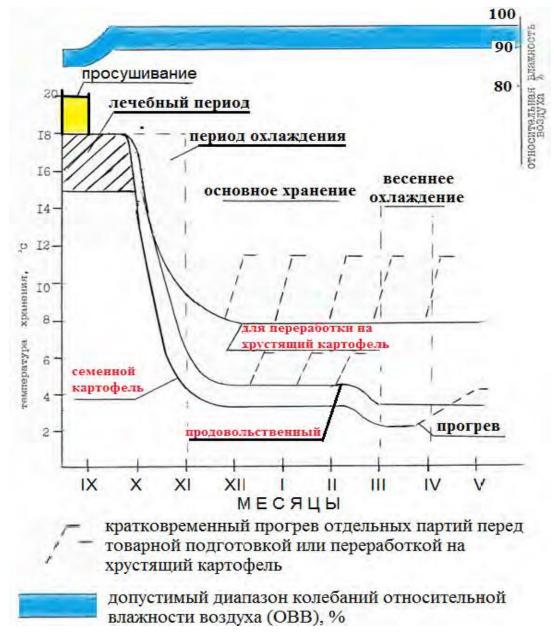


Рисунок 1.15 – Температурно-влажностные режимы хранения картофеля

Печебный период – второй этап после обсущивания. Цель этого периода залечивание повреждений в основном механических, полученных при уборке и транспортировке клубней к месту хранения. Продолжительность составляет в

среднем 15 суток [18], при температуре от 15 до 20°С [122], происходит залечивание повреждений, при периодическом вентилировании продукции от 5 до 6 раз в сутки по 30 мин с перерывами от 3,5 до 4 часов [122], при влажности воздуха 90-95% [122], в некоторых источниках указаны цифры от 85-95% [140], также возможна установка искусственных увлажнителей.

В работе П.И. Дячека [42] приводятся результаты исследований, свидетельствующие о том, что при быстром охлаждении (т=10 ч) клубней картофеля сохраняются питательные вещества и влага.

Период охлаждения — третий этап после лечебного периода. При условии если клубни здоровые и нет значительных повреждений картофеля при уборке, то температуру снижают постепенно на 0,5°C в сутки [99, 100, 123]. Время охлаждения составляет от 20–30 дней [99, 100, 123], с последующим плавным переходом в основной период охлаждения. Уменьшение периода приводит к физиологическим расстройствам клубней, к прорастанию и, как следствие выходу из состояния покоя. Пораженный болезнями и получивший повреждения картофель при уборке охлаждают более интенсивно, в среднем на 1 °C в сутки.

Основной период. В основной период температура насыпи находится на заданном уровне. Вентилирование насыпи проводят 2 – 3 раза в неделю по 30 минут, с целью смены воздуха в межклубневых пространствах [99, 100, 123]. Недостаток кислорода вызывает внутреннее потемнение мякоти клубней многих сортов. Относительную влажность воздуха поддерживают на уровне 90-95% [99, 100, 123, 131]. Вентилируют рециркуляционным воздухом, а при повышении температуры в насыпи – смесью внутреннего и наружного или только наружным воздухом, если его температура находится в пределах +1...+2°C [99, 123, 9]. С помощью электрокалориферов обогревают верхнюю зону картофелехранилища, с целью выравнивая температуры, это делается в случае отпотевания верхнего слоя насыпи. Для предотвращения образования

конденсата температура над насыпью должна быть выше на 1–2 °C [117], чем в самой насыпи.

С целью замера температуры на каждые 50 - 80 т картофеля необходимо устанавливать термометры в слое 30-50 см от поверхности, а также в магистральных вентиляционных каналах на расстоянии 1 м за вентилятором, а также измерение наружного воздуха [99, 100, 123].

Весенний период. Весной для накопления запаса холода температуру в насыпи понижают до 1,5–2°С [99, 100, 123] преимущественно в утреннее и ночное время суток. С целью сохранения холода в хранилищах при высокой температуре наружного воздуха, все операции с заездом и выездом автомашин необходимо проводить путем шлюзования, используя тамбуры картофелехранилищ.

При подготовке урожая к реализации в весенний период, температуру повышают до $8-12^{\circ}$ C [27, 52], а для семенного картофеля в случае не появления ростков клубни прогревают до температуры $+15-20^{\circ}$ C [123], но это возможно в специальной изолированной секции хранилища [99, 100, 123].

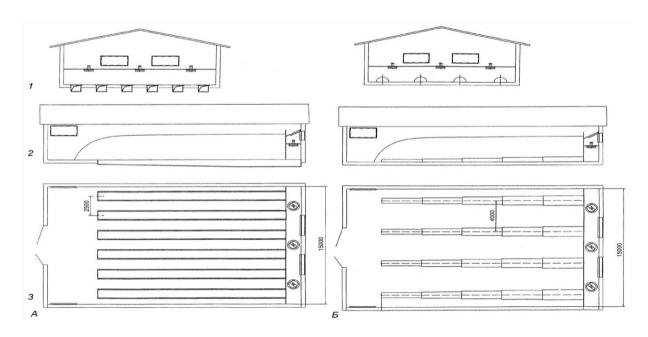
Современные картофелехранилища оснащают активной вентиляцией продукта. Режимы периодов хранения осуществляются системами активной вентиляции. Первая и главная задача вентиляции — это уменьшение потерь при хранении картофеля путем создания микроклимата картофельной насыпи. Через толщу насыпи клубней, хранимых навалом, происходит установление температурно-влажностного режима в массе картофеля.

Система вентиляции картофелехранилища определяется типом здания и способом хранения картофеля. Приток воздушной смеси от вентиляторов поступает через воздуховоды.

Существует несколько вариантов систем вентиляции, как по способу размещения вентиляторов, так и по способу распределения воздуха, по конструкции смесительных камер и магистральных каналов, их можно объединить в две системы – напольную (рис. 1.16, 1.18) [100] и подпольную (рис.

1.16) [36, 100, 123]. Картофелехранилище, как закромное, так и с изолированными секциями может быть как с подпольной, так и с напольной системой распределения воздуха.

Смесительная камера (рис. 1.17) [100] предназначена для смешивания внутреннего и наружного воздуха или для разной их подачи в магистральный канал хранилища. Для этих целей камера снабжается впускным и рециркуляционным клапанами различного типа (заслоночного, реечного или жалюзийного) [100, 123]. К примеру, в лечебный период осуществляется режим вентилирования внутренним воздухом хранилища, при закрытом впускном клапане и открытом рециркуляционном. Просушивание насыпи картофеля осуществляется наружным воздухом при обратной комбинации клапанов.



А - план хранилища с подпольным расположенным каналов; Б — с напольным расположением каналов вентиляции; 1 —поперечный разрез хранилища; 2 — продольный разрез хранилища; 3 — вид на пол хранилища.

Рисунок 1.16 – План схема хранилища с подпольным и навальным расположенными каналами

При напольной системе вентиляции магистральный канал располагается вдоль продольной стенки хранилища (высотой 1,8-2,0 м и шириной 0,8-1,0 м) [100, 123]. Количество каналов зависит от конструкции картофелехранилища, так

в закромном хранилище их минимум два, а в при навальном хранении количество каналов зависит от ширины хранилища (может быть два с обеих сторон).

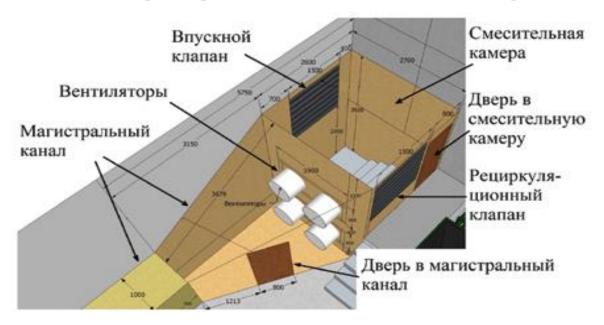


Рисунок 1.17 - Схема смесительной камеры

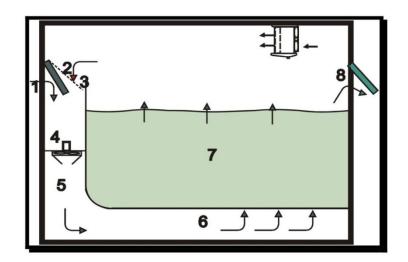
В магистральном канале на уровне бетонированного пола, в стене со стороны, примыкающей к картофелю, делают отверстия, к которым примыкают распределительные каналы.

При напольной системе вентиляции применяют арочные перфорированные металлические распредканалы. Как вариант, применяют установку вентиляторов непосредственно в распределительных каланах с индивидуальным включением каждого вентилятора (рис. 1.19) [100]. Для такой системы вентиляции в качестве смесительной камеры используется магистральный канал, снабженный рециркуляционными и приточными клапанами. Откидной клапан используют для закрытия неработающего вентилятора.

К положительной стороне напольной системе распределения воздуха относят удобство очистки от ростков, мусора и других примесей оставшихся после хранения.

К недостаткам в первую очередь относят усложнение механизированной загрузки и выгрузки картофеля.

Подпольная система вентиляции применяется как при навальном, так и при закромном способе хранения (рис. 1.20) [100].



1 — люк с жалюзями для подачи воздуха в хранилище; 2— теплоизолированный впускной клапан для регулировки подачи внешнего воздуха; 3 — регулируемый просвет; 4 — вентилятор с обратным клапаном; 5 — вентиляционная камера; 6 — вентиляционный канал; 7 — продукт; 8 — теплоизолированный выпускной клапан; 9 — вентилятор струйный

Рисунок 1.18 - Схема активного вентилирования в хранилище навального (секционного) типа

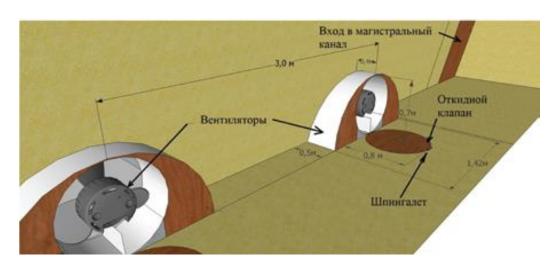


Рисунок 1.19 - Распредканалы с установленными в них вентиляторами

При такой системе вентиляции магистральный канал располагается по центру проезда, или по бокам проезда, если каналов два. Количество устанавливаемых вентиляторов при подпольной системе вентиляции зависит от их производительности. Наиболее распространённой схемой является установка

четырех вентиляторов по торцам магистральных каналов. Причем каждый вентилятор снабжен полноценной смесительной камерой [100].

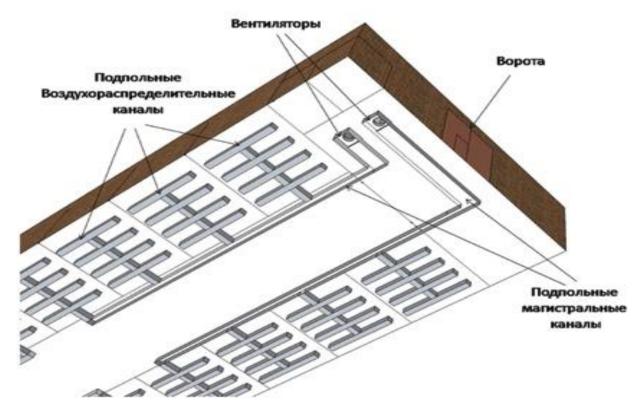
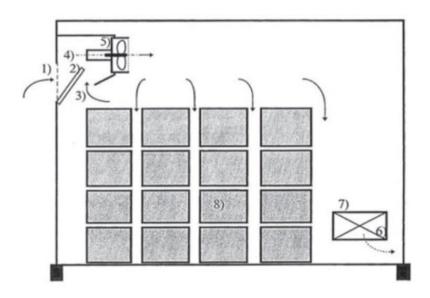


Рисунок 1.20 – Закромное хранилище с подпольной системой вентиляции (вид снизу)

К положительной стороне подпольной системе относят удобство механизированной загрузки и выгрузки клубней. К недостаткам подпольной системы, относят неудобство очистки распределительных каналов от мусора.

Вентилирование при контейнерном способе зависит от конструкции контейнеров. Контейнеры образуют ряд из вертикальных и горизонтальных штабелей. Вертикальные ряды устанавливаются вплотную, а горизонтальные с зазором 50 мм. При использовании решётчатых контейнеров жесткой конструкции из пиломатериала используется объёмная вентиляция с подачей воздуха сверху вниз, т.е. воздух в секцию нагнетается сверху (под давлением), а забирается снизу (рис. 1.21) [99, 100].

На рисунке 1.22 показана схема вентилирования каждого контейнера индивидуально [100, 123].



1 – люк с жалюзи для подачи воздуха в картофелехранилище; 2 – теплоизолированная пластмассовая крышка для регулировки подачи и смешивания воздуха; 3 – люк для забора воздуха из хранилища; 4 – вентиляционный короб для смешивания воздуха; 5 – вентилятор;

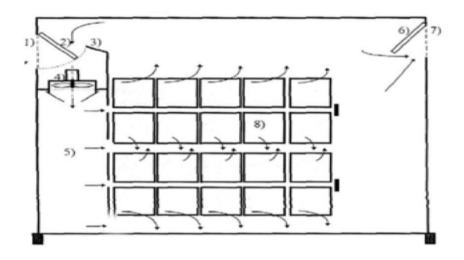
6 – теплоизолированная пластмассовая крышка для выхода воздуха; 7 – люк для выхода воздуха; 8 – контейнеры с картофелем.

Рисунок 1.21 – Схема картофелехранилища с объёмным вентилированием картофеля в контейнерах

Относительную влажность воздуха при контейнерном способе необходимо поддерживать во время хранения на уровне 90 – 95 %. При низкой относительной влажности происходит повышение убыли массы. Высокую влажность в хранилищах поддерживают с помощью увлажнителей.

Конструкция увлажнителей может быть различной (радиаторные, форсуночные и др.) их устанавливают в магистральном канале сразу за вентилятором. Возможно использование поддонов с водой, которые устанавливаются в магистральном канале на полу [100].

Контейнерный способ хранения является самым дорогим в РФ. Это объясняется необходимостью изготовления или покупки контейнеров, а также применения различных погрузочно-разгрузочных механизмов для перемещения контейнеров, укладки их в штабели и разгрузки.



1 — люк с жалюзи для подачи воздуха, 2 — теплоизолированный впускной клапан для регулировки подачи внешнего воздуха, 3 — регулируемый просвет для забора воздуха из хранилища, 4 — вентилятор с обратным клапаном, 5 — вентиляционная камера, 6 — теплоизолированный выпускной клапан, 7 — люк для выпуска воздуха, 8 — контейнеры с картофелем.

Рисунок 1.22 – Схема принудительной вентиляции хранилища каждого контейнера

Из большинстве хозяйств РΦ изложенного следует, что в используется простой и наименее затратный способ хранения картофеля навальный. Данный способ основывается определенных на создании тепловлажностных условий в насыпном слое, которые реализуются с помощью систем вентиляции в картофелехранилищах.

1.6. Оценка теоретических исследований микроклимата при хранении навальным способом

В картофелехранилищах с активной вентиляцией хранят картофель навалом по всему объему помещения, также происходит и в закромах. При навальном хранении вентиляционный воздух рассредоточено подается в насыпь картофеля.

Насыпь клубней представляет собой пористую полидисперсную структуру с локальными источниками тепла (физического и биологического) и влаги [116].

Форма и размеры клубней картофеля изменяются в большом диапазоне и их определение возможно только статистическими методами. В технической литературе ограничиваются лишь статистической характеристикой указания среднего размера клубня. Известно, что среднереализуемая в практике величина размера клубня равняется $d_0 \approx 0.05$ м [2, 4, 39], но данная величина может колебаться в пределах 0.04 до 0.09 м [21, 76, 132].

Пористость насыпи клубней определяется отношением объема пор к общему объему насыпи. Пористость, величины удельной и насыпной плотностей взаимосвязаны соотношением [120]:

$$\Pi = 1 - (\rho_{\rm H}/\rho_{\rm K}) \tag{1.1}$$

где ρ_{κ} - удельная плотность клубней, кг/м³;

 $ho_{\rm H}$ — насыпная плотности клубней, кг/м³.

Удельная плотность клубней изменяется в пределах от 1060 до 1160 кг/м³ [4,45]. Пористость насыпи со средними и крупными клубнями равна отношению Π =0,4...0,5 [25, 131], а с мелкими клубнями Π =0,3...0,4 [127, 131].

Удельная поверхность клубней насыпи вводится для расчета интенсивности процессов массо - и теплообмена. В специальной литературе величина удельной поверхности клубней принимается как для плотной упаковки шаров $S_H = 120 \text{ M}^2/\text{M}^3$ [2, 87, 119].

Особенностью картофелехранилищ является неоднородность поступающего картофеля на хранение, за счет загрязнения его посторонними примесями. Механизированная уборка снижает качество картофеля из-за посторонних примесей, что приводит уменьшению пористости (скважистости) насыпи и появления зон самосогревания клубней.

Екимов С.П. [10] разработал и применил способ закладки на хранения картофеля, учитывающий эту особенность. Смысл его способа заключается в следующем: навальная засыпка загрязненной продукции производится в промежутки между вентиляционными каналами, равномерно распределенными по всей длине пола хранилища так, чтобы посторонние примеси не препятствовали доступу охлаждающего воздуха, подаваемого в каналы [10, 83].

Таким образом, можно считать, что все хранилище делится на зоны, заполненные условно чистой продукцией (над каналами) и продукцией с посторонними примесями, пористость которой близка к нулю.

При хранении картофеля основная задача систем вентиляции, это удаления с насыпного слоя продуктов дыхания (избытков тепла, углекислого газа и влаги) с целью поддержания в насыпном слое микроклимата, обеспечивающего сохранность клубней.

Проблема решения этой задачи состоит в мало изученности этой области вентиляции, в первую очередь это относится к закономерности движения потоков и в динамичности взаимосвязанных процессов тепло - и влагопереноса.

Для процессов, протекающих в насыпи клубней, при работе активной вентиляции, характерными являются следующие факторы: особенности режимов работы систем вентиляции и периодов хранения, наличие внутренних биологических тепловлаговыделений [85]. Таким образом, процессы обеспечения микроклиматических условий хранения картофеля при активной вентиляции представляют собой взаимосвязанный комплекс.

Активное вентилирование возможно посредством принудительной подачи в слой насыпи картофеля воздуха с определенной температурой, начальной скоростью и влажностью. Поддержание стабильного состояния приточного воздуха, последовательное изменение его расхода, времени и периодичности работы вентиляции в зависимости режимов хранения являются важнейшим условием формирования необходимого микроклимата, способствующего сохранности картофеля.

Время работы системы вентиляции в течение суток характеризуется коэффициентом использования вентиляции [12]:

$$K_{\rm B} = \Delta \tau_{\rm B} / 24 \,, \tag{1.2}$$

где $\Delta \tau_{\scriptscriptstyle B}$ – время работы систем вентиляции в сутки, ч.

При этом следует учитывать, что скорость воздуха на выходе из напольного воздухо-распределительного канала в насыпь не должна превышать 0,5 м/с [116].

Скорость воздуха в пространстве между клубнями находится в зависимости от структурно - механических свойств насыпного слоя продукции.

Структурные параметры насыпи картофеля и скорость воздуха определяют режим течения и потери давления при движении вентилируемого воздуха через пористую среду.

Известно, что в период охлаждения картофеля вентиляция работает циклично. Цикличная работа вентиляции хранилища предусматривает периодическое охлаждение насыпи. При работе вентиляции в этот период, отвод теплоты из насыпного слоя клубней осуществляется путем вынужденной конвенции. При выключенной вентиляции темп разогрева клубней максимален в верхних слоях насыпи. Повышение температуры насыпного слоя приводит к увеличению потерь клубней при длительном хранении. Цикличность работы систем активной вентиляции в течение суток связано с вопросами обеспечения влажностного режима насыпи продукции. В процессе вентиляции насыпи пониженная влажность подаваемого воздуха увеличивает естественную убыль.

Однако длительное непрерывное вентилирование (более 4...6 ч.) [57] отражается на влажности не только в корректирующем слое, но и по всей высоте картофельной насыпи, что приводит к увеличению естественной убыли сельскохозяйственной продукции во время хранения.

В процессе хранения картофеля его свойства зависят от температурновлажностных условий, биологических и биохимических процессов. Для определения оптимальных условий хранения необходимо комплексное изучение влияющих параметров на интенсивность переноса теплоты и влаги. В свою очередь теплота и влага приводит к потерям картофеля во время хранения.

Изучение процесса явлений переноса теплоты и влаги в насыпном слое картофеля ограничивается принятием упрощенной схемы движения воздушного потока, при неизменной его скорости.

Задача формирования температурно-влажностного режима в различные периоды хранения картофеля рассматривалась в исследованиях В.И. Бодрова, П.Я. Дячека, В.З. Жадана, М.П. Калашникова, Ю.П. Калугиной, Н.Н. Колчина,

А.Н. Машенкова, К.А. Пшеченкова, В. Р. Таурита и других. Зарубежные работы в изучении этой области связаны с именами Businger J.A. [140], Burton W.G. [139], Claycomb R.S. [141], Cooper T.S. [142], Hylmo B. [145], Klapp E. [147], Kunii D. [149], Lentz G.P. [151], Leppack E. [152], Sparks W.C. [153], и других [143, 144, 146, 148, 150].

Однако существующие физико-математические модели различаются степенью их приближения к реальным условиям теплообмена в картофельной насыпи, так не учитывается наличие биологических тепло - и влаговыделений насыпного слоя клубней и непостоянство температуры по высоте насыпи [3, 28, 32, 83, 126, 141, 142, 143, 144], некоторые исследования учитывают их, но частично [53]. Все это усложняется возможностью их реализации на практике.

Басин Г.Л. [8] предложил упрощенную методику расчета производительности систем активной вентиляции картофелехранилищ, по балансу явной теплоты в насыпях с учетом биологических тепловыделений:

$$L_m = \frac{q_{v} \cdot G}{c_{\rm B}(t_{\rm cp} - t_{\rm B0}^{\rm cp})}, \tag{1.3}$$

где q_v – удельный тепловой поток, $Bт/м^2$

G – масса продукции, вместимость хранилища, кг, т;

 $c_{\rm B}$ – удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С);

t – температура, °С;

 $L_{\rm m}$ – удельные расходы воздуха, соответственно, мз/(м2·ч), мз/(т·ч).

Основу теоретического изучения формирования параметров микроклимата при охлаждении насыпи клубней составили исследования выполненные по распределению температуры в дисперсных средах [22, 23].

С целью описания температур в насыпи клубней обычно принималась система раздельных дифференциальных уравнений для насыпного слоя и воздушного потока. Математические методы применяемые для их решения различаются и во многом их выбор определяется полнотой учета факторов, влияющих на изучаемые процессы.

В 1964 году была опубликована работа Ю.П. Калугиной и П.Н. Листова [77], в которой отражен анализ одномерного охлаждения насыпи клубней картофеля, с принятыми условиями: внешний теплообмен отсутствует, теплопроводность насыпи мала, массообмен не влияет на теплообмен, поле температуры в элементах слоя равномерное. На основе этого была принята система уравнений тепловых балансов в элементарном насыпном слое в виде:

$$C \cdot \varepsilon \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha_v \cdot (\theta - t) - \frac{\partial t}{\partial t} \cdot \omega \cdot C, \qquad (1.4)$$

$$C_3 (1 - \varepsilon) \cdot F \cdot dy \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = - \propto_v (\theta - t) \cdot F \cdot dy d\tau, \tag{1.5}$$

где C, C_3 - объемные теплоемкости воздуха и продукта, кДж/(м 3 · $^\circ$ C)

 ε – пористость картофеля;

 ω – скорость движения воздуха, м/с;

 τ – время работы систем вентиляции в сутки, ч;

t – температура воздуха, °C;

 θ – температура насыпного слоя; °C;1

F – площадь, M^2 ;

 \propto_{v} — коэффициент теплоотдачи с единицы объема насыпи продукции, $\mathrm{Br}/(\mathrm{M}^3\cdot\mathrm{C}).$

С целью правомочности допущения о равномерном распределении температуры в насыпном слое И.Г Алямовский [3, 4, 115] в 1973 году получил уравнения для относительных температур в центре картофельной насыпи и для охлаждающего его воздуха.

П.И. Дячек в 1997 году [40,41, 42] уточнил исследования И.Г. Алямовского, был введен коэффициент формы для элементов слоя, учтены тепловыделения с поверхности клубней.

Для определения поля температур в одномерном потоке при охлаждении картофельной насыпи В.Г. Трошин и В.И. Бодров предложили [13] методику учета тепла, для решения задачи теплообмена по раздельным уравнениям t (1.4) и θ (1.5). Значение коэффициента теплоотдачи α_V и большая часть тепла q_v

определяются по результатам натурального эксперимента для среднестатистической насыпи. Для картофеля этот показатель равен [14, 30, 31, 32, 119] $q_v = 12 \; \mathrm{Bt/m^3} \; (\theta = 1 \ldots 5^{\circ}\mathrm{C})$, коэффициент теплоотдачи находится по формуле (1.13):

$$\alpha_V = 30 + 1400 \cdot \omega_{\varepsilon},\tag{1.5}$$

где ω_{ε} - скорость движения воздуха в пространстве между элементами слоя, м/с.

Система исходных уравнений требует применения численных методов решения, а при аналитическом решении относительно температур воздуха t и продукции θ приняты упрощения.

В.А. Календерьян и М.М. Берман в 1986 году [9] дополнили теплофизическую модель охлаждения насыпи клубней. Был рассмотрен случай омывания боковых поверхностей насыпи потоком, проходящим через вдоль ограждения. На основании массопереноса в слое продукции и законов сохранении энергии была получена система дифференциальных уравнений. В систему уравнений введены упрощения, при решении задачи использован численный метод конечных разностей. Тепловая инерция элементов слоя не учитывалась [115].

Оценочные результаты, состоящие в том, что при большой разнице температур клубней и воздуха теплопроводность пористой среды может повлиять на снижение температуры сельскохозяйственной продукции в начальный период охлаждения.

При активной вентиляции градиенты температуры по высоте насыпи картофеля достигают 1,5 - 1,7°С/м [10, 44, 45, 47, 83]. Для снижения градиентов температуры увеличивают воздухообмен, что еще больше повышает потери влаги клубнями, из-за чего они становятся дряблыми и происходит их деформация уже при высоте насыпи 2-3 м.

Энергетический смысл влагообмена определяется в работе Ионычева Е.Г. зависимостью (1.6) [51]:

$$W = \varrho/\varepsilon_t , \qquad (1.6)$$

где W – количество испаряющейся с поверхности клубня влаги, кг;

 ε_{t} тепловлажностная характеристика изменения состояния воздуха в насыпи при определенных значениях ε_{t} [51];

 ϱ – теплопритоки от продукции к вентилируемому воздуху, кДж.

В выражении (1.6) тепловлажностная характеристика изменения состояния воздуха в насыпи ε_t, определяется выражением:

$$\varepsilon_t = 6385 - 147t$$
 ,при выполнении условия $0 \le t \le 15$ °C;
$$\varepsilon_t = 6385 - 1,21t^2 - 335t \quad \text{при } 0 \le t \le 15$$
 °C; (1.7)

где t - средняя температура воздуха в насыпи, °С.

Изменение влажности воздуха в насыпи характеризуется следующей зависимостью:

$$\varphi_{\rm B} = \varphi_{\rm D} = const, \tag{1.8}$$

где ф – относительная влажность воздуха, %, доли;

Выражение (1.8) показывает постоянный дефицит влагосодержания воздуха по высоте охлаждаемой насыпи: $(1 - \varphi_{\rm B}) = const.$

Многие исследователи [14, 128] указывают на универсальность зависимости (1.6) при нахождении потерь влаги в картофельной насыпи.

С целью сокращения в насыпи картофеля слабовентилируемых зон при хранении навалом, реализуется подача воздуха «снизу вверх» через равномерно расположенные по площади пола хранилища линейные воздухораспределительные каналы (рис.1.23).

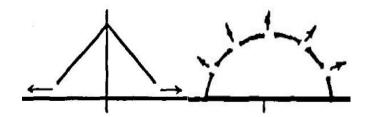


Рисунок 1.23 - Воздухораспределительные напольные каналы

Из-за существующей неравномерности формирования микроклимата в объеме насыпи потери картофеля при использовании активной вентиляции все

еще остаются большими и намного превышают естественную убыль (для картофеля норма естественной убыли - 4,5-6,6%) [85].

Применяемые воздуховоды при навальном хранении (рис.1.23) не в должной мере распределяют потоки в нижней и в верхней зоне насыпи. Экспериментальные оценочные исследования И.Л.Волкинда и А.А.Федоренко выявили неравномерность распределения потока для исследованных вариантов каналов равную 38...49%. [26, 125, 116]. Между тем имеются противоречивые рекомендации по выбору шага между осями распредканалов.

Значительные успехи достигнуты в определении теплофизических характеристик насыпи картофеля. Для картофеля установлены важнейшие теплофизические параметры, которые зависят также от природных условий, изменяющихся для каждой местности по годам. Поэтому при исследовании процессов хранения важно иметь среднестатистические их значения.

В то же время остается нерешенной основная задача вентиляции, связанная с сохранностью картофеля и эффективным отводом продуктов дыхания из насыпи, формирование технологически заданных параметров микроклимата.

Расчетные параметры систем вентиляции в картофелехранилищах принимаются ориентировочно, а рекомендуемые новые схемы активной вентиляции закладываются без оценки результатов. Такая ситуация является причиной больших потерь картофеля при длительном хранении 30 % и более [52].

1.7. Выводы по первой главе

На основе проведенного обзора можно констатировать:

- 1. Современные картофелехранилища являются основной базой хранения картофеля, с инженерным оборудованием обеспечения технологического микроклимата хранения.
- 2. Достаточно четко разработаны способы хранения и определены оптимальные параметры микроклимата насыпи картофеля.
- 3. Потери продукции при хранении достигают величин, значительно превышающие нормы естественной убыли.

- 4. Теоретические и экспериментальные исследования в недостаточной мере рассматривают влияние вентиляционных каналов на сохранность картофеля в картофелехранилищах во время хранения.
- 5. Применяемые воздуховоды при навальном хранении не в должной мере распределяют потоки в нижней и в верхней зоне картофельной насыпи. За счет чего создается неравномерность распределения вентилируемого воздуха по высоте картофельной насыпи.

1.8. Задачи исследований

- 1. Обобщить результаты научных исследований вопросов хранения картофеля, выявить перспективное и рациональное решения по данной проблеме.
- 2. Определить влияние физико-механических свойств и механических повреждений клубней, получаемых в период закладки в хранилище, на процесс хранения.
- 3. Разработать конструкцию воздуховода, обеспечивающую необходимый пропуск через картофельный ворох вентилируемого воздуха, с целью наибольшей сохранности клубней в период хранения и снижения энергопотребления систем вентиляции картофелехранилищ.
- 4. Теоретически обосновать конструкцию усовершенствованного воздуховода картофелехранилища.
- 5. Экспериментально определить рациональные параметры экспериментального воздуховода картофелехранилища, провести хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода.
 - 6. Определить экономический эффект от применения воздуховода.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ВОЗДУХОВОДА ХРАНИЛИЩА

2.1. Выбор и обоснование методов теоретических исследований движения воздушной смеси в насыпи картофеля

Известно, что в режиме хранения на температуру и влажность влияет интенсивность вентиляции (скорость потока на выходе из воздуховода) в поровых каналах насыпи. Для оценки расчетов режимов вентиляции необходимо знать характер формирования скоростных полей в картофельной насыпи.

Аналитическое описание процессов фильтрации воздушных потоков в картофельной насыпи основывается на общих законах аэродинамики, но ввиду сложности изучаемых физических явлений может использоваться только в простейших случаях.

Однако моделирования аэродинамических свойств реальной ДЛЯ картофельной насыпи необходимо учитывать геометрические параметры насыпного слоя и особенности движения воздушной смеси в пористой среде на выходе из воздуховода. [85]. Фильтрация потока через пористые среды с последующим последовательным обтеканием ее структурных элементов принято рассматривать в виде капиллярной модели насыпного слоя, то есть как движение воздушной смеси по капиллярам [5, 37, 76].

2.2. Принцип работы усовершенствованного воздуховода

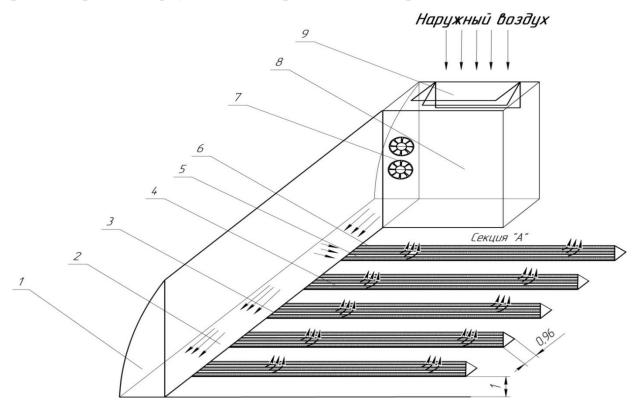
По результатам анализа широко применяемых в настоящее время типов вентиляционных каналов и способов сохранности сельскохозяйственной продукции нами предлагается усовершенствованный воздуховод с сечением равностороннего треугольника.

Цель исследований — заключается в повышение сохранности картофеля при снижении энергопотребления системы вентиляции картофелехранилищ.

Поставленная цель исследований решается тем, что магистральные каналы выполнены с окнами, в которых установлены регулируемые в вертикальном положении заслонки и воздуховоды, выполненные в виде фронтальной

трехгранной призмы, имеющей сечение правильного равностороннего треугольника, боковые поверхности которой изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусьев [63, 91].

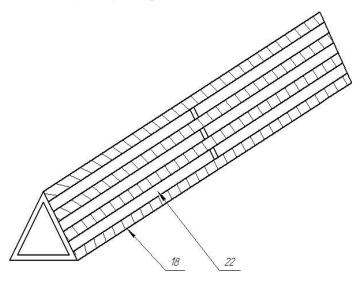
На рис. 2.1 показан общий вид секции «А» картофелехранилища с усовершенствованными воздуховодами; показан воздуховод с сечением равностороннего треугольника (Приложение А) (рис. 2.2.) [61].



1 – стенки арочного бескаркасного хранилища, 2 – магистральный воздухораспределительный канал хранилища, 3 – вентиляционное окно магистрального канала, 4 – напольные воздухо-распределительные каналы с сечением равностороннего треугольника, 5 – зазоры между деревянными брусками, 6 – деревянные бруски воздуховода, 7 – нагнетательные вентиляторы, 8 смесительная камера cнагнетательными вентиляторами, впускными рециркуляционными клапанами, 9 – впускной клапан, стрелки – направление движения воздуха

Рисунок 2.1 – Общий вид секции «А» картофелехранилища с усовершенствованными воздуховодами (патент на полезную модель №158787)

При работе системы вентиляции (рис.2.1) воздух, проходя через впускной клапан 9, попадает в смесительную камеры 8, откуда с помощью нагнетательных вентиляторов 7 направляется в магистральный воздухо-распределительный канал хранилища 2. Из которого через вентиляционные окна 3 попадает в напольные воздухо-распределительные каналы с сечением равностороннего треугольника 4, боковые поверхности которого изготовлены из деревянных брусков 6. Далее вентилируемый воздух через зазоры 5 между деревянными брусками 6 подается в картофельную насыпь и через выпускной клапан, расположенный на обратной стороне секции выходит на улицу (период охлаждения).



18 – деревянные брусья; 22 - зазор между брусьев

Рисунок 2.2 - Воздуховод с сечением равностороннего треугольника (патент на полезную модель №158787) [91]

Использование хранилища сельскохозяйственной продукции [67, 91] позволяет улучшить условия хранения картофеля путём подачи воздушной смеси необходимой температуры через воздуховоды, выполненные в виде фронтальной трехгранной призмы, имеющей сечение правильного равностороннего треугольника, боковые поверхности которой изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусьев.

Для обеспечения высоких показателей при хранении картофеля произведем необходимое теоретическое обоснование конструкции напольного воздухораспределительного канала с сечением равностороннего треугольника.

Введем следующие допущения: вентилируемый воздух обдувает все слои картофельной насыпи по высоте равномерно, при равном давлении по длине воздуховода; поверхность картофельной насыпи считаем ровной плоскостью с одинаковой высотой; размер картофеля примем усредненным в соответствии с ГОСТ [33]: при расчете работы вентиляции используются структурные параметры, которые характерны для среднестатистических картофельных насыпей.

Способ хранения – навалом. Высота слоя насыпи – 4 м. Продолжительность хранения с октября по февраль Температура хранения основного периода варьируется в диапазоне от 2 до 4 °C. Относительная влажность воздуха 90-95%.

2.3. Определение коэффициента скважности

Исследованиями размерно-массовых характеристик клубней в РФ занимались Н.В Бышов, С.Н. Борычев, В.П. Горячкин, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, К.А. Пшеченков, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, [16, 17, 18, 74, 92, 104].

Результаты исследований показывают, что средний размер клубней картофеля в европейской части РФ, закладываемого на хранение составляет $d_{\rm cp}$ 5,0 \pm 0,5 см [14].

Коэффициент скважности насыпи позволяет проводить активное вентилирование картофеля и хранить клубни россыпью. При этом на скважность влияет форма и размер клубней и усадка насыпного слоя картофеля. Влияние этих структурных характеристик установлено для картофеля [27, 42, 46] и зависит от климатических и сортовых особенностей местности, которые меняются по годам. Поэтому было предложено при расчете процессов вентиляции использовать структурные параметры, которые характерны ДЛЯ среднестатистических картофельных насыпей [114].

Высокий процент сохранности картофеля в период хранения достигается в том случае, если воздушная смесь обдувает все слои насыпи. Повышению производительности обдува картофельной насыпи служит конструкция

воздуховода. Однако следует учитывать, что скорость в межклубневом пространстве не должна превышать 0,5 м/с [27]. Скорость воздуха в пустотах картофельной насыпи находится в зависимости от структурно-механических свойств насыпного слоя картофеля.

Опираясь на известную методику упаковки шаров [13] найдем коэффициент скважности картофельной насыпи:

$$\alpha = \frac{\rho_0 - \rho_H}{\rho_0}, \qquad (2.1)$$

где $\rho_{\rm H}$ – насыпная плотность, кг/м³;

 ho_0 - удельная плотность картофеля, кг/м 3 .

По результатам проведенного вычисления нами был установлен коэффициент скважности равный 0,46, что согласуется со значениями для картофеля, которые составляют 0,39...0,46 [52].

2.4. Определение гидравлического сопротивления картофельной насыпи вентиляционному потоку

Вентилируемая снизу насыпь картофеля имеет форму прямоугольного параллелепипеда (или цилиндра) высотой H и площадью S горизонтального сечения. Примем, что картофель имеет усреднённые размеры d_1, d_2, d_3 , при этом $d_1 \geq d_2 \geq d_3$ Средний диаметр картофеля равен d, коэффициент скважности насыпи равен α . Снизу подаётся поток воздуха G (кг/с). Моделируем наличие в насыпи m вертикальных цилиндрических капилляров диаметром d_0 . При этом:

$$m = S/d_1d_2, (2.2)$$

$$\pi d_0^2 / 4 = \alpha d_1 d_2, \tag{2.3}$$

При скоростях менее 50 м/с воздух можно считать несжимаемым [38]. Введем обозначения, что ρ – плотность воздуха, w_0 – средняя по сечению скорость воздуха в капилляре. Тогда:

$$G = \rho wS = \rho w_0 \alpha S = \rho w_0 \alpha \cdot md^2 = \rho w_0 \cdot m \cdot \pi d_0^2 / 4, \qquad (2.4)$$

где w – скорость воздуха перед картофельной насыпью и после нее (рис.2.4). При этом $w = \alpha w_0$, или $w_0 = w/\alpha$.

Учитывая местные потери давления на входе в насыпь, на выходе из насыпи, на трение в цилиндрических капиллярах, на прохождение через ячейки усеченного капилляра с переменным сечением, найдено суммарное значение потери давления:

$$(\Delta p) = (\Delta p)_{ex.} + (\Delta p)_{ebix.} + (\Delta p)_{mp.} + (\Delta p)_{gy.} \cdot \frac{H}{d_3}, \qquad (2.5)$$

где $(\Delta p)_{\!\scriptscriptstyle ex.}$ - потери давления на входе в насыпь;

 $(\Delta p)_{\scriptscriptstyle \! Bblx.}$ - потери давления на выходе из насыпи;

 $(\Delta p)_{mp}$ - потери давления на трение в цилиндрических капиллярах;

 (Δp) - общее потери давления на вентиляционную систему в целом;

 H/d_3 - коэффициент, учитывающий количество последовательных ячеек в капилляре картофельной насыпи.

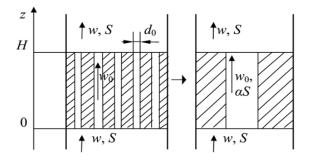


Рисунок 2.3 – Модель пористой части картофельной насыпи для расчёта гидравлического сопротивления: слева — модель цилиндрических капилляров для пор, справа — соединение капилляров в одну трубу с сечением αS

Соответствующие коэффициенты ζ местных потерь будем находить отнесёнными к динамическому давлению $\rho w^2/2$ набегающего на насыпь потока. Потери давления из-за трения в одном капилляре, находятся по формуле (2.6) [93,132], которую преобразуем относительно набегающего потока воздуха:

$$(\Delta p)_{mp.} = \lambda \cdot \frac{H}{d_0} \cdot \frac{\rho w_0^2}{2} = \lambda \cdot \frac{H}{\alpha^2 d_0} \cdot \frac{\rho w^2}{2}, \qquad (2.6)$$

где коэффициент трения трубы $\lambda = 64/\mathrm{Re}$.

Число Рейнольдса находится по формуле (2.7):

$$Re = \rho w_0 d_0 / \mu, \qquad (2.7)$$

где μ - коэффициент вязкости воздуха.

Коэффициент вязкости воздуха μ находится по формуле Сазерленда (2.8):

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{273}\right)^{1.5} \frac{273 + 122}{T + 122},\tag{2.8}$$

где T – абсолютная температура;

$$\mu_0 = 1,75 \cdot 10^{-5} \, \mathrm{kg/(m \cdot c)}$$
 при $T = 273 \, K$.

Условие $\lambda = 64/\mathrm{Re}$ и формула (2.5) выполняются до чисел Re=2000÷2200 [45].

Оценим число Рейнольдса для капилляра в случае характерных значений: $\rho=1{,}252\quad\text{кг/куб.м,}\quad\mu=\mu_0=1{,}75\cdot10^{-5}\,\text{кг/(м·c)},\quad w_0=0{,}486\quad\text{м/c},\quad d=5{,}2\cdot10^{-2}\,\text{м},$ $\alpha=0{,}4\text{, учитывая, что }d_0=3{,}71\cdot10^{-2}\,\text{м}$

Получим, что число Рейнольдса равно 1290. Таким образом, выполнено условие ламинарности потока воздуха в капиллярах.

Из формулы (2.6) получаем выражение для коэффициента гидравлического сопротивления на трение (2.9):

$$\zeta_{mp.} = (\Delta p)_{mp.} / (\rho w^2 / 2) = \frac{16\pi \mu H}{\rho w \alpha^2 d_1 d_2} = \frac{16\pi \mu HS}{\rho w S \alpha^2 d_1 d_2} = \frac{16\pi \mu HS}{G \alpha^2 d_1 d_2},$$
(2.9)

Известно, что в случае внезапного расширения сечения трубы имеет место формула Борда – Карно [48, 49, 53, 54, 75, 117] (2.10):

$$\left(\Delta p\right)_{pacu.} = \left(1 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right)^2 \frac{\rho w_{\max}^2}{2},\tag{2.10}$$

В случае внезапного сужения сечения трубы имеет место формула Идельчика (2.11) [7, 12, 49, 78]:

$$\left(\Delta p\right)_{\text{cyoic.}} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right) \frac{\rho w_{\max}^2}{2}, \qquad (2.11)$$

с учётом того, что $w_{\min}S_{\max} = w_{\max}S_{\min}$. При этом предполагается, что число Рейнольдса велико (бесконечно), а коэффициент вязкости воздуха равен нулю.

Падение давления при входе в насыпь составляем по формуле (2.11) и с учётом рис.2.3:

$$(\Delta p)_{\text{ex.}} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\alpha S}{S} \right) \frac{\rho w_0^2}{2} = \frac{1}{2} \left(1 - \alpha \right) \frac{\rho w^2}{\alpha^2 2},$$
 (2.12)

Из формулы (2.12) получаем коэффициент местного сопротивления при входе воздушного потока в насыпь (2.13):

$$\zeta_{\text{ex.}} = \left(\Delta p\right)_{\text{ex.}} / \left(\rho w^2 / 2\right) = \frac{1 - \alpha}{2\alpha^2}, \qquad (2.13)$$

Падение давления при выходе из насыпи выражаем из формулы (2.10) и с учётом рис.2.3

$$(\Delta p)_{GbLX.} = \left(1 - \frac{\alpha S}{S}\right)^2 \frac{\rho w_0^2}{2} = (1 - \alpha)^2 \frac{\rho w^2}{\alpha^2 2},$$
 (2.14)

Из полученного математического выражения (2.14) получаем коэффициент местного сопротивления при выходе из насыпи (2.15):

$$\zeta_{\text{вых.}} = \left(\Delta p\right)_{\text{вых.}} / \left(\rho w^2 / 2\right) = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^2, \tag{2.15}$$

Заменим цилиндрическую ячейку капилляра двумя последовательными цилиндрами того же суммарного объёма (рис.2.4), каждый высотой $d_3/2$ и с диаметрами оснований d_{\max} и d_{\min} так, что $d_{\max} \ge d_0 \ge d_{\min}$.

На одну ячейку приходится одно внезапное расширение и одно внезапное сужение сечения.

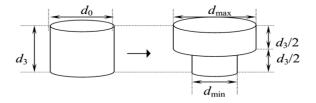


Рисунок 2.4— Усложнение элементарной ячейки капилляра картофельной насыпи для учёта неравномерности его сечения в простейшем случае двухзначного переменного сечения

Окружность радиуса d_{\min} касается четырёх окружностей радиуса d с центрами в вершинах квадрата со стороной d . При этом $d_{\min} = \left(\sqrt{2} - 1\right)\!d$ на диагонали квадрата.

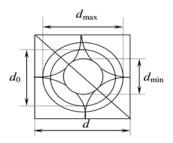


Рисунок 2.5 – Скважность картофельной насыпи

Введём такое число $k \in (0,1]$, и преобразуем 2.2. и 2.3:

$$\pi d_{\min}^2 / 4 = k \cdot \pi d_0^2 / 4, \qquad (2.16)$$

$$\pi d_{\text{max}}^2 / 4 = (2 - k) \cdot \pi d_0^2 / 4, \qquad (2.17)$$

При этом скорости в цилиндрах будут находиться по выражениям (2.18 и 2.19):

$$w_{\min} = w_0/(2-k),$$
 (2.18)

$$w_{\text{max}} = w_0/k, \qquad (2.19)$$

Наименьшее значение k находим с помощью рисунка 2.6 для случая выполнения равенства $d_1=d_2=d$. Отсюда $d_{\min}=\left(\sqrt{2}-1\right)\!\!d$.

Учтём, что $d^2 = \pi d_0^2 / 4\alpha$, тогда:

$$d_{\min} = \frac{\sqrt{2} - 1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} d_0, \tag{2.20}$$

$$\frac{\pi d_{\min}^2}{4} = \left(\frac{\sqrt{2} - 1}{2}\right)^2 \frac{\pi}{\alpha} \frac{\pi d_0^2}{4} , \qquad (2.21)$$

Следовательно, из выражений 2.20 и 2.21 $k \in [k_{\min}, 1]$, $k_{\min} = \left(\frac{\sqrt{2} - 1}{2}\right)^2 \frac{\pi}{\alpha}$

Если $\alpha = 0.4$, то $k_{\min} = 0.3369$

Для ячейки имеем по формулам (2.10) и (2.11) найдем расширение и сужение:

$$\left(\Delta p\right)_{pacu.} = \left(1 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right)^2 \frac{\rho w_{\max}^2}{2} = \left(1 - \frac{k}{2 - k}\right)^2 \frac{1}{k^2} \frac{1}{\alpha^2} \frac{\rho w^2}{2} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{4(1 - k)^2}{(2 - k)^2 k^2} \frac{\rho w^2}{2}, \quad (2.22)$$

$$(\Delta p)_{\text{cyoic.}} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} \right) \frac{\rho w_{\text{max}}^2}{2} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{k}{2 - k} \right) \frac{1}{k^2} \frac{1}{\alpha^2} \frac{\rho w^2}{2} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{1 - k}{(2 - k)k^2} \frac{\rho w^2}{2} ,$$
 (2.23)

Учитывая, что:

$$(\Delta p)_{gy} = (\Delta p)_{pacu.} + (\Delta p)_{cyxc.}, \qquad (2.24)$$

Находим коэффициент гидравлического сопротивления поры-ячейки и всего капилляра с двухзначным переменным сечением как последовательного соединения ячеек:

$$\zeta_{gu} = (\Delta p)_{gu} / (\rho w^2 / 2) = \frac{1}{\alpha^2} \frac{(1 - k)(6 - 5k)}{(2 - k)^2 k^2},$$
(2.25)

$$\zeta_{\kappa an.} = \zeta_{R^{q}} \frac{H}{d_3} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{(1-k)(6-5k)}{(2-k)^2 k^2} \frac{H}{d_3},$$
(2.26)

Перейдём к сравнительным количественным оценкам коэффициентов местного сопротивления при следующих условиях: $\rho=1,252$ кг/куб.м, $\mu=\mu_0=1,75\cdot 10^{-5}$ кг/(м·с), $w_0=0,29$ м/с, $d_1=d_2=d_3=d=5,2\cdot 10^{-2}$ м, $\alpha=0,4$, $d_0=2\sqrt{\alpha/\pi}\cdot d=3,71\cdot 10^{-2}$ м, H=4 м, $k=k_{\min}=0,3369$.

По формуле (2.9) оцениваем коэффициент сопротивления на трение с учётом того, что $w = \alpha w_0$:

$$\zeta_{mp.} = \frac{16\pi\mu H}{\rho w \alpha^2 d_1 d_2} = \frac{16\pi\mu H}{\rho w_0 \alpha^3 d^2} , \qquad (2.27)$$

По формулам (2.13) и (2.15) находим коэффициенты сопротивления при входе в картофельную насыпь и выходе из насыпи.

По формуле (2.26) находим коэффициент сопротивления капилляра насыпи картофеля при условии $k = k_{\min} = 0,3369$, учитывая их идентичность и параллельное соединение в гидравлической системе [56].

Полученные значения всех коэффициентов сопротивления запишем в таблицу 2.1:

Таблица 2.1 – Результаты расчетов коэффициентов сопротивления картофельной насыпи

No	Обозначение		Значение
п/п	коэффициентов		коэффициентов
1	2		3
2	Потеря давлени	ия на	2726
	сопротивление капилляра		
3	Потеря давлени	ия на	1,875
	сопротивление на входе		
4	Потеря давлени	ия на	2,25
	сопротивление на выходе		
5	Потеря давлени	ия на	56
	сопротивление на трение		

Существенно преобладающий вклад в гидравлическое сопротивление картофельной насыпи при вентилировании снизу вносит сужение и расширение сечения капилляров скважной структуры. Этот вывод согласуется с выводом В.Р. Таурита [116].

2.5. Определение необходимого сечения усовершенствованного воздуховода хранилища

Для подачи воздуха в насыпь картофеля применяем напольные воздухораспределительные каналы постоянного сечения. С целью нахождения оптимального сечения напольного усовершенствованного воздуховода, нами была предложена технологическая схема картофелехранилища (рис.2.6).

Площадь живого сечения, определяем по формуле (2.28):

$$S_{x} = A B q / (k_I w_p 3600),$$
 (2.28)

где А - размер картофельной насыпи в плане вдоль канала, м;

в - расстояние между осями соседних каналов, м;

q - интенсивность вентилирования насыпи продукции, м $^3/({\rm M}^2$ ч);

 k_{I} - коэффициент, учитывающий закрытие живого сечения решета с продукцией, для картофеля равен 0,5;

 $w_{\rm p}$ - средняя скорость воздуха в живом сечении решеток, м/с.

Интенсивность вентилирования насыпи продукции определяется по формуле (2.29):

$$q = v m/(AB),$$
 (2.29)

где v - удельный расход воздуха, $M^3/(T\cdot \Psi)$;

т - масса насыпи продукции, т.

Далее подставим q в (2.28) и получим:

$$S_{\kappa} = \vartheta \, m \, g \, b / B \, k_1 w_n \, 3600,$$
 (2.30)

где θ – удельный расход воздуха, м³/(т · ч);

m – масса картофеля, кг;

g – ускорение свободного падения;

b – расстояние между осями соседних каналов воздуховода, м;

B — размер насыпи продукции перпендикулярный размеру насыпи в плане вдоль канала, м;

 k_1 коэффициент, учитывающий закрытие живого сечения решето с продукцией, k_1 = 0,5 (картофель);

 w_p - средняя скорость воздуха в живом сечении решеток, м/с.

Площадь сечения воздуховода должна удовлетворять условию:

$$S_k \ge 0.12S_{\mathcal{K}} \,, \tag{2.31}$$

где S_k - площадь поперечного сечения напольного канала, м 2 ;

 $S_{\rm ж}$ – площадь живого сечения воздухораздающих планок, м².

Для нахождения сечение воздуховода, необходимо найти разность давлений в системе:

$$P = RQ^n, (2.32)$$

где R - сопротивление насыпного слоя, $\frac{\text{H c}}{\text{M}^4}$;

Q – расход воздуха; M^3/c ;

n - показатель степени, зависит от режима движения воздуха, при ламинарном =1, при турбулентном = 2.

Площадь сечения канала воздуховода определялась по (2.33):

$$S_k = F/P \sum (\Delta p), \tag{2.33}$$

где F — напор воздуха в воздуховоде, H.

Сумма всех потерь давлений была определена по уравнению (2.5).

Напор воздуха определим по (2.34):

$$F = N/w, (2.34)$$

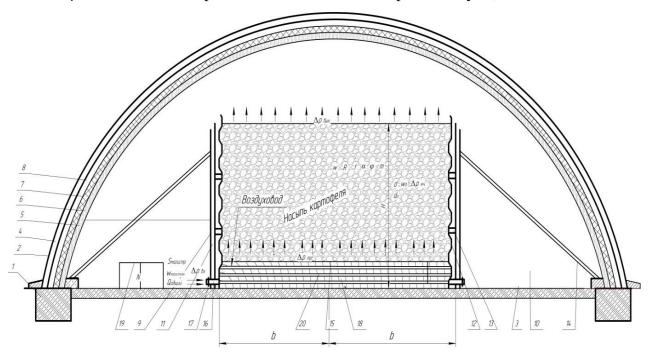
где N – мощность вентилятора, кВт;

w - скорость в вентиляционном канале, м/с.

После подстановки уравнений (2.5, 2.32, 2.34) в выражение (2.33) получим:

$$S_{k} = \frac{N}{w \cdot \rho \cdot R \cdot Q^{n} \cdot ((\Delta p)_{ex.} + (\Delta p)_{ebx.} + (\Delta p)_{mp.} + (\Delta p)_{gy.} \cdot \frac{H}{d_{3}})}, \qquad (2.35)$$

где ρ – плотность перемещаемого вентилятором воздуха, кг/м3



1 - фундамент; 2 - ограждение в виде арочного бескаркасного утепленного свода; 3 — бетонный пол; 4,5 наружные и внутренние листы гнутого металлического гофрированного П — образного профиля, 6 - теплоизоляционные вкладыши; 7 изолирующий слой; 8 — зазор; 9 — опорная стенка; 10 - магистральный канал; 11 —

вертикальные стойки; 12 — металлические листы; 13 - прямоугольные трубы; 14 — контрфорсы; 15 — воздуховоды; 16 окна; 17 — регулирующие заслонки; 18 — деревянные брусья; 19 — силовая установка кондиционирования воздуха; 20 - зазор между брусьев.

d - средний диаметр картофеля, м; d_0 - диаметр вертикальных цилиндрических капилляров, м; α - скважность насыпи; m — насыпь картофеля, кг, т; w_0 — средняя по сечению скорость воздуха в капилляре, м/с; w — скорость воздуха перед картофельной насыпью и после нее, м/с; $(\Delta p)_{\rm ext}$ - потери давления на входе в насыпь; $(\Delta p)_{\rm ext}$ - потери давления на выходе из насыпи; $(\Delta p)_{\rm mp}$ - потери давления на трение в цилиндрических капиллярах; $(\Delta p)_{\rm sv}$ - потери давления на ячейку усложненного капилляра; t — температура, °C; N — мощность вентилятора, кВт; $Q_{\rm общий}$ — общий расход магистрального канала, м³/с; $w_{\rm магист.кан.}$ — скорость вентиляционного воздуха в магистральном канале, м/с; $S_{\rm магист.}$ — площадь магистрального канала, м².

Рисунок 2.6 – Расчетная схема нахождения оптимального сечения воздуховода Плотность перемещаемого вентилятором воздуха найдем по формуле (2.36):

$$\rho = 0.35 \ P_{\text{6ap}} / (273 + t) \cdot \gamma, \tag{2.36}$$

где γ — интенсивность распределения картофельной насыпи по длине воздуховода картофелехранилища, Н/м;

 $P_{\sf fap}$ – барометрическое давление, Па.

Подставим значение р в выражение (2.35) и получим:

$$S_{k} = N (273 + t) \cdot \gamma / w \cdot R \cdot Q^{n} \cdot 0.35 P_{\text{6ap}} ((\Delta p)_{ex.} + (\Delta p)_{eblx.} + (\Delta p)_{mp.} + (\Delta p)_{gu.} \cdot \frac{H}{d_{3}}), \quad (2.37)$$

Полученные значения S_k и $S_{\mathbb{R}}$ уравнения (2.30 и 2.37 соответственно) подставим в (2.31) и выполним условие:

$$\frac{N(273+t)\cdot\gamma}{w\cdot R\cdot Q^{n}_{0,35}P_{6ap}((\Delta p)_{ex.} + (\Delta p)_{ebx.} + (\Delta p)_{mp.} + (\Delta p)_{gq.} \cdot \frac{H}{d_{3}})} \ge 0.12 \frac{\vartheta m g b}{B k_{1}w_{p} 3600}, \quad (2.38)$$

Найдем из полученного уравнения (2.38) расстояние между осями соседних каналов воздуховода хранилища, преобразуя его получим:

$$b \geq 8571 \frac{N \cdot (273+t) \cdot B \cdot k_1 \cdot \gamma}{R \cdot Q^n 0,35 \cdot P_{\text{6ap}} \cdot \vartheta \cdot m \cdot ((\Delta p)_{\text{BX.}} + (\Delta p)_{\text{Bbix.}} + (\Delta p)_{\text{Tp.}} + \left(\Delta p\right)_{\text{яч.}} \cdot \frac{H}{d_3}}, \qquad (2.39)$$

Общее число воздуховодов картофелехранилища, найдем исходя из ширины хранилища и расстояния между осями воздухораспределительных каналов по формуле (2.40):

$$n_{\text{BO3}} = \frac{L}{h},$$
 (2.40)

где L – длина секции хранилища, м.

Исходя из оптимального расхода воздуха и необходимой скорости магистрального канала картофелехранилища, найдем площадь магистрального воздухо-распределительного канала по уравнению:

$$S_{\text{магист.}} = \frac{Q_{\text{общий}}}{w_{\text{магист. кан.}}},$$
 (2.41)

где $Q_{\text{общий}}$ — общий расход магистрального канала, м³/с;

 $w_{\text{магист.кан.}}$ — скорость вентиляционного воздуха в магистральном канале, м/с.

Сечение усовершенствованного воздуховода должно учитывать сечение магистрального канала и расстояние между осями соседних напольных каналов воздуховодов хранилища, поэтому для нахождения сечения воспользуемся уравнениями (2.39, 2.40, 2.41) и выразим отсюда $S_{\text{воз.}}$

$$S_{\text{BO3.}} = \frac{Q_{\text{общий 8571}} \cdot N \cdot (273+t) \cdot \mathbf{B} \cdot k_1 \cdot \gamma}{w_{\text{магист.кан.}} \cdot R \cdot Q^n \ 0.35 \cdot P_{\text{бар}} \cdot \vartheta \cdot m \cdot L \cdot ((\Delta p)_{\text{BX.}} + (\Delta p)_{\text{BMX.}} + (\Delta p)_{\text{тр.}} + \left(\Delta p\right)_{\text{яч.}} \cdot \frac{H}{d_3}}, \tag{2.42}$$

По полученному выражению (2.42) была получена аналитическая зависимость от средней в период хранения температуры и высоты насыпи картофеля с использованием программы «MathCad 14.0» [67].

Анализ аналитической зависимости показал, что необходимое сечение усовершенствованного воздуховода составляет 0,42 м² при высоте насыпи картофеля 4 м и температуре 3°С (средняя в период хранения). Исследования

затрагивали основной период хранения, когда допустимый диапазон температуры насыпного слоя варьировался в пределах от 2 до 4 °C [67].

Для других периодов хранения характерен совершенно иной температурный фон и влажность картофельной насыпи при одинаковом сечении вентиляционного канала.

Таким образом, выполняются основные задачи системы вентиляции в этот период, а именно ликвидация градиента температуры по высоте картофельной насыпи. Следовательно, поддерживается равномерная температура в разных частях насыпи [67].

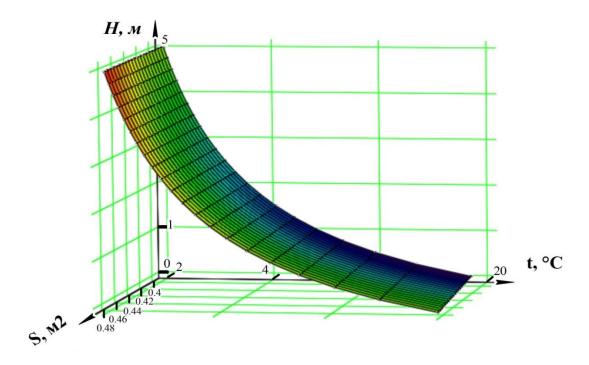


Рисунок 2.7 – Аналитическая зависимость сечения усовершенствованного воздуховода от средней температуры в период хранения и высоты насыпи картофеля

2.6. Обоснование параметров усовершенствованного воздуховода системы вентиляции для хранения картофеля

Рассмотрим статически неопределимую планку усовершенствованного воздуховода. Для того, чтобы получить основную систему (рис. 2.9), расположим

шарниры в опорных сечениях. Тогда добавочными неизвестными окажутся опорные моменты над промежуточными опорами M_1 , M_2 и M_3 и т.д. Моменты будут равны над крайними опорами M — моменту крепления. Загрузим основную систему внешними нагрузками и опорными моментами. Так как неизвестным остается направление опорных моментов, то примем допущение, что они положительны. При решении знак результата покажет, правильно, ли наше допущение [10, 19, 79].

Необходимо учитывать, что в неразрезной планке воздуховода оба опорных сечения совпадают и представляют собой лишь разные стороны одного и того же опорного сечения, поэтому для нашего случая условием совместности деформаций будет:

$$\theta_n' - \theta_n'' = 0, \tag{2.43}$$

где θ_n' - угол поворота слева;

 $heta_n$ - угол поворота справа.

Введенное ограничение, необходимо учитывать для опорных сечение смежных планок над опорой п в основной системе, загруженной внешними силами и опорными моментами. Такое условие можно составить для каждой из промежуточных опор, а значит написать добавочные уравнения столько, сколько имеем неизвестных опорных моментов.

На пролет l_{n+1} действует помимо внешних нагрузок опорные моменты M_n и M_{n+1} . Для наглядности изобразим на чертеже смежные пролеты планке несколько раздвинутыми на опоре n, но на самом деле шарниры n' и n'' совпадают.

Воспользуемся графоаналитическим методом для вычисления углов θ_n' , θ_n'' . Фиктивные планки, изображенные под чертежом рассматриваемых пролетов, представляют собой двух опорные планки [10, 19, 79].

Исходя из принципа независимости действия сил, допустим, что на фиктивную планку пролета l_{n+1} действует распределенная нагрузка тогда получим эпюру изгибающего момента от внешних сил с грузовой площадью ω_{n+1} и расстоянием центра тяжести о правой опоры b_{n+1} .

Угол поворота опорного сечения n левого пролета равен деленной на жесткость поперечной силе на этой опоре для соответствующей фиктивной планки:

$$\theta_n' = \frac{Q_n'}{EJ} , \qquad (2.44)$$

где Е - модуль упругости материала, МПа;

J- момент инерции сечения планки, Кг⋅м²;

 Q_n' - поперечная сила в опорном сечении, Н.

Поперечная же сила в опорном сечении равна опорной реакции фиктивной планки R_n' .

Запишем уравнение трех моментов для промежуточных опор. Вычислив опорные моменты можно представить статически неопределимую планку в виде ряда шарнирно-опертых планок на двух опорах с известными нагрузками.

Уравнение трех моментов для промежуточной опоры В (рис. 2.8):

$$Ml + 2M_1(l+l) + M_2l = -q\frac{l^3}{4} - q\frac{l^3}{4}, \qquad (2.45)$$

для промежуточной опоры С:

$$M_1 l + 2M_2 (l+l) + M_2 l = -q \frac{l^3}{4} - q \frac{l^3}{4},$$
 (2.46)

Определим неизвестные моменты M_1 и M_2 из уравнений (2.45) и (2.46). Найдем M_1 из (2.45):

$$M_1 = -q \frac{l^2}{8} - \frac{1}{4}M - \frac{1}{4}M_2 , \qquad (2.47)$$

Подставим M_1 в (2.46):

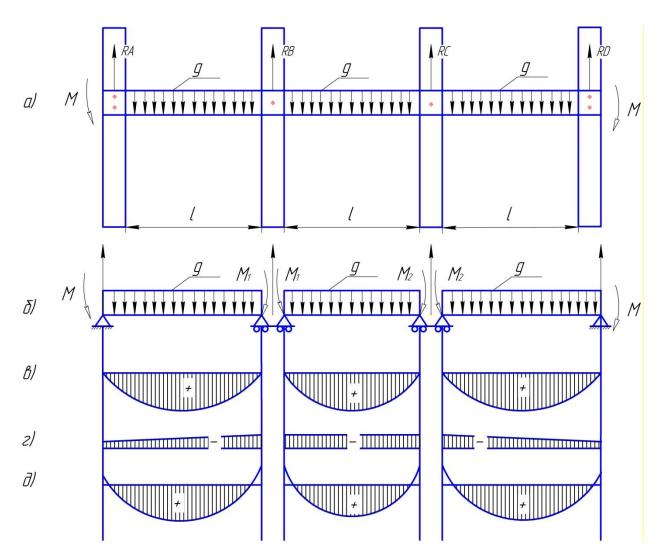
$$M_2 = -q \frac{l^2}{10} - \frac{1}{5}M, \tag{2.48}$$

Сумма моментов относительно В (слева):

$$\sum M_{\rm B} = M + q \frac{l^2}{2} - R_{\rm A} l = M_1, \tag{2.49}$$

Из уравнения (2.49) найдем реакцию опоры R_A :

$$R_{\rm A} = \frac{M}{l} + q \frac{l}{2} - \frac{M_1}{l} \,, \tag{2.50}$$



а) статически неопределимая планка с приложенными нагрузками; б) шарнирноопертые планки основной системы; в) изгибающий момент от распределенной нагрузки (веса картофельного вороха); г) эпюра изгибающих моментов от опорных моментов; д) суммарная эпюра изгибающих моментов.

Рисунок 2.8 – К определению эпюры изгибающих моментов статически неопределимой планки

Сумма моментов относительно опоры С (слева):

$$\sum M_C = M + q^3 \frac{l^2}{2} - R_A 2l + q \frac{l^2}{2} - R_B l = M_2, \qquad (2.51)$$

Из уравнения (2.51) найдем реакцию опоры $R_{\rm B}$:

$$R_{\rm B} = \frac{M}{l} + q \frac{l}{2} - R_{\rm A} 2 + q \frac{l}{2} - \frac{M_2}{l}, \qquad (2.52)$$

Тогда величина момента на опоре В:

$$M_1 = \frac{3}{20}ql^2 - \frac{1}{5}M,\tag{2.53}$$

Окончательно величина реакции будет равна:

$$R_A = \frac{6}{5} + \frac{7}{20} q l , \qquad (2.54)$$

$$R_{\rm B} = -\frac{8}{5} \frac{M}{l} + \frac{19}{10} q l, \tag{2.55}$$

Для фиктивных планок строим эпюры по общеизвестной методике. Анализ эпюр показал, что максимальный изгибающий момент будет на крайних проемах, величина максимально изгибающего момента будет определяться выражением:

$$M_{\text{Mrf}}^{max} = \frac{27}{40} q \cdot l^2 + \frac{9}{5} M, \tag{2.56}$$

В результате моделирования в программе «MathCAD v14.0», была установлена зависимость шага планок каркаса и удельной нагрузки, представленная на рис. 2.9.

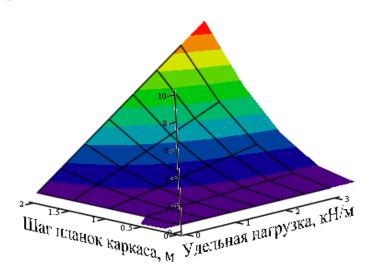


Рисунок 2.9 - Зависимость максимально изгибающего момента продольных планок от удельной нагрузки и шага планок каркаса

При анализе полученной зависимости нагрузки от шага планок каркаса усовершенствованного воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы, установлено, что изгибающий момент продольных планок зависит от шага планок каркаса и удельной нагрузки. Наибольшее влияние оказывает величина шага, которая интенсивно возрастает с увеличением шага свыше 1 м.

В целях повышения прочности и коэффициента живого сечения принимаем, что шаг планок каркаса воздуховода не должен превышать 1 метра.

Для уточнения геометрических характеристик усовершенствованного воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы, в частности ширины и толщины деревянных брусков воспользуемся теорией косого изгиба (рис. 2.10). Так как косой изгиб является сложным видом деформации, то расчет на прочность учитывает два изгибающих момента относительно осей (ОУ и ОХ) и сравнивается со значением напряжения. Исходя, из суммарного изгибающего момента производится расчет на прочность и подбирается рациональное сечение планки. Наибольший изгибающий момент M_{max} находится по середине пролета и находится по формуле (2.56). В целях повышения прочности и коэффициента живого сечения принимаем квадратное сечении бруска [10, 19, 66, 60,79]. Тогда уравнение для расчета размеров сечения будет выглядеть следующим образом:

$$b = \frac{12 M_{max}}{h^2 * \sigma} (\cos(\varphi) + 0.7 \sin(\varphi), \qquad (2.57)$$

где φ - угол наклона бруска, градусы;

b- ширина бруска, мм;

h- высота бруска, мм;

 σ -допускаемые напряжения на изгиб МПа.

Тогда, исходя из условий прочности при косом изгибе для продольной планки воздуховода квадратного сечения, ширина и толщина бруска, будет равняться (40х40 мм.) Анализ различных форм сечений показал, что выходя за рамки указанного диапазона, геометрические параметры бруса увеличиваются, тем самым увеличивается вес конструкции, что недопустимо.

Для определения живого сечения решета планки воспользуемся следующим выражением:

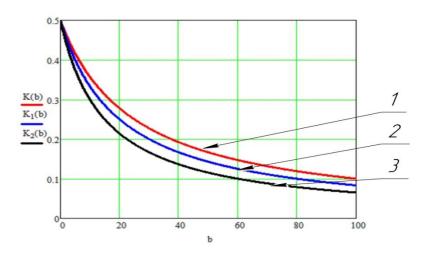
$$K = \frac{a}{\Delta + b} \cdot \frac{\Delta}{2a},\tag{2.58}$$

где, Δ - зазор между продольными брусками, мм;

b – ширина бруска; мм;

а – длина бруска; мм.

В результате моделирования параметров брусков была получена зависимость коэффициента живого сечения от параметров воздуховода (2.58) (рис. 2.10).



1 — значение коэффициента живого сечения при зазоре 25 мм, 2 — значение коэффициента живого сечения при зазоре 20 мм, 3 — значение коэффициента живого сечения при зазоре 15 мм

Рисунок 2.10 – Зависимость коэффициента живого сечения воздуховода от геометрических параметров и зазора между брусками

Анализируя полученную зависимость, установлено, что для брусков размером (40х40мм) установлена величина зазора 20 мм, при этом коэффициент живого сечения по формуле (2.58) составляет более 0,167.

Выводы по второй главе

- 1. С целью повышения сохранности картофеля обоснован усовершенствованный воздуховод с сечением равностороннего треугольника, боковые поверхности которого изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусьев (патент на полезную модель №158787).
- 2. Теоретически установлено, что сечение усовершенствованного воздуховода в виде зависит от пропуска необходимого вентилируемого воздуха в

картофельную насыпь с учетом коэффициентов сопротивления (коэффициент сопротивления капилляра равный 2726, коэффициент сопротивления на входе равный 1,875, коэффициент сопротивления на выходе из канала равный 2,25, коэффициент сопротивления на трение равный 56).

- 3. Теоретические исследования позволили определить, что необходимое сечение напольного воздухо-распределительного канала с сечением равностороннего треугольника составляет 0,42 м².
- 4. По исследованиям усовершенствованного воздуховода на прочность при косом изгибе установлен зазор между брусками воздуховода равный 20 мм, при ширине и толщине бруска 40 мм.

ГЛАВА 3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ВОЗДУХОВОДА КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА

3.1. Исследования размерно-массовых характеристик и механических повреждений клубней

С целью уменьшения потерь при хранении картофеля и снижении энергоемкости систем вентиляции картофелехранилища необходимо обоснование параметров воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением равностороннего треугольника, с учетом размерно-массовых и ряда других характеристик картофельного вороха [1, 6]. В связи с этим лабораторные исследования воздуховода являются логическим продолжением исследований с изучением механических повреждений и физико-механических свойств картофеля, которые являются одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на хранения картофеля в целом [81, 82].

Свойства клубней варьируют в широких пределах в зависимости от почвенно-климатических условий, сорта и технологии возделывания картофеля, это значит что необходимо расширение и уточнение научных знаний в этой области. Проведенные исследования механических повреждений и размерномассовых характеристик являются актуальными и необходимы при закладке на хранение на длительный период. Полученные нами данные были использованы при разработке и обосновании параметров конструкции воздуховода с сечением равностороннего треугольника.

3.1.1. Программа полевых исследований сорта картофеля «Удача»

Программа полевых исследований картофеля сорта «Удача» включала в себя три этапа.

Первый этап.

1. Исследования физико-механических свойств картофеля сорта «Удача» в условиях Рязанской области (с 02.09.14 по 28.09.14).

Второй этап.

2. Определение наличия механических повреждений, в соответствии с ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества».

Третий этап.

3. Обработка результатов исследований и влияние на качество заложенной сельскохозяйственной продукции и параметры воздуховода [33].

3.1.2. Объект исследований

Объектом проведенных исследований являлись размерно-массовые характеристики и механические повреждения картофеля сорта: «Удача» [6, 112, 135].

Исследовались количественные, размерно-массовые характеристики, средний диаметр, механические повреждения картофеля при закладке на хранение, с целью их уточнения в конкретных почвенно-климатических условиях, и контролем механической повреждаемости клубня перед закладкой на хранение.

3.1.3. Методика определения размерно-массовых характеристик

Исследования проводились в хозяйстве ООО «Подсосенки» Шацкого района Рязанской области на полях с высокой урожайностью в период уборки картофеля сентябрь 2014 года.

Условия проведения испытаний в период сентября 2014 г.: температура воздуха 12...18 °С, влажность воздуха 43...65%. Тип почвы чернозем среднемощный (80-40 см), среднегумусный (9-6%, черная). Максимальная глубина залегания клубня 15 см. Стандартную оценку культуры картофеля производили в полевых условиях (рис. 3.1). Собирался картофельный ворох для определения механических повреждений перед закладкой на хранение (рис. 3.2).

Для проведения стандартной агротехнической оценки культуры картофеля на участке поля было выделено 5 учетных делянок шириной 2 рядка (1,5 метра) и длиной 20 м. Определение каждой из характеристик физико-механических свойств культуры картофеля производилась по 36 точечным пробам.

Клубни характеризуются длиной l, толщиной c, шириной b, а также весом G. Вес клубней определяется по выражению (3.1) и перепроверялся с помощью весов:

$$m_{\kappa} = 0.5\delta lcb, \tag{3.1}$$

где $\delta = 1.04 \div 1.09 \text{ г/см}^3$;

l – длина, см;

c — толщина, см;

b — ширина, см.

Однако клубни при разной крупности имеют различную форму. В этом случае возникает необходимость характеризовать клубень или массу, каким то одним параметром. Для этого был найден средний диаметр клубня по формуле:

$$d_{\rm cp} = \frac{l+c+b}{3} \ , \tag{3.2}$$

Средний диаметр фракции определялся по формуле 3.3

$$d_{\rm cp} = \frac{d_{\max i} + d_{\min i}}{2},\tag{3.3}$$

где $d_{\max i}$ - максимальный диаметр клубня,

 $d_{\min i}$ – минимальный диаметр клубня.

3.1.4. Результаты размерно-массовых исследований сорта картофеля «Удача»

В результате исследований получены данные о размерных, массовых, характеристиках, а также фракционной составляющей клубней сорта картофеля «Удача». Результаты определения размерных характеристик сорта «Удача» представлены в таблице 3.1 за сентябрь 2014г (Приложение Б). Полученные результаты по клубням сорта «Удача» представлены на рисунке 3.1 и составили: средняя длина – а = 65,7 мм, при σ = 21,7 мм; средняя ширина – b = 53,4 при σ = 16,26 мм; средняя толщина с = 42,3 при σ = 16,21, где σ – среднеквадратичное отклонение полученных значений [17].

На рисунке 3.2 позиция «б» представлена чистая мякоть клубня сорта картофеля «Удача», на позиции «в» показана масса клубня, с обдиром кожуры

более 50 % поверхности, позиция «г» отражает механические повреждения мякоти клубня.

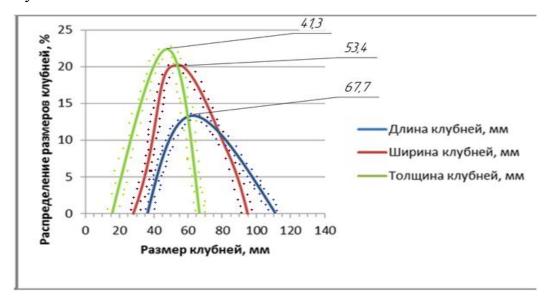
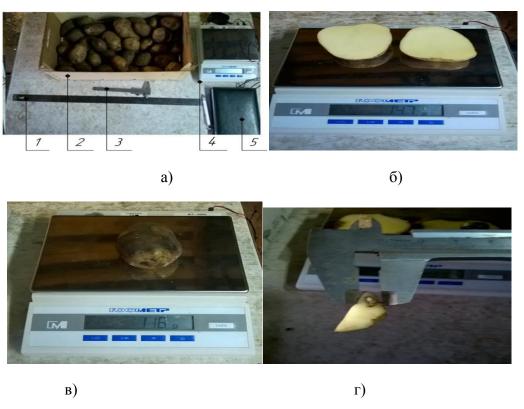


Рисунок 3.1 - Размерные характеристики сорта «Удача»



1- металлическая линейка DELP 626 мм 08 35 33; 2- ящик со сплошными стенками и дном; 3 - штангенциркуль ШЦ-Ш-400; 4- лабораторные весы серии ВЛТЭ-Т; 5- блокнот для записи полученных результатов.

Рисунок 3.2 - Исследования размерно-массовых характеристик сорта «Удача»

3.1.5. Механические повреждения клубней перед закладкой на хранение

В соответствии с ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий» было произведено 36 точечных проб картофельного вороха указанного сорта картофеля [34, 35] Масса каждой точечной пробы составляла 5 кг. Результаты механических повреждений картофеля сорта «Удача» обрабатывались при помощи программы «STATISTICA v6.0» (Приложение Б). При закладке на хранение картофеля использовалась прямоточная технология.

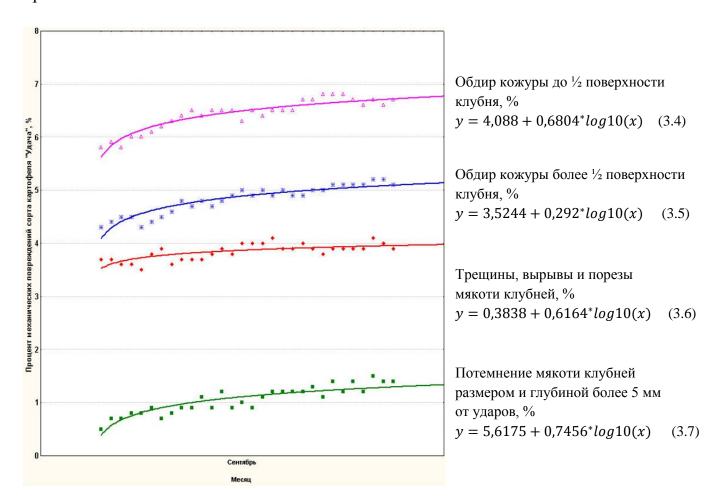


Рисунок 3.3 - Механические повреждения картофеля сорта «Удача»

Рост механических повреждений (рис.3.3) в период уборки, связан с понижением температуры окружающего воздуха.

Известно, что прямоточная закладка на хранение осуществляется без осеннего сортирования картофеля, допускается примесь почвы в ворохе до 15 -20 % [68, 69, 70, 71, 72, 99,115].

Таблица 3.2 – Усредненные повреждения картофеля сорта «Удача» (сентябрь 2014 г.), %

Виды повреждений	Технология закладки на хранение		
	Прямоточная, %		
Трещины, вырывы и порезы мякоти клубней	1,01		
Обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня	3,79		
Обдир кожуры до 1/2 поверхности клубня	4,7		
Потемнение мякоти клубней размером и	6,2		
глубиной более 5 мм от ударов			
Итого повреждений	15,7		

Технологическая схема уборки, транспортировки и закладки на хранение включает в себя следующее:

- уборка картофелеуборочным комбайном AVR 220BK Variant [68, 90, 94];
- транспортировка грузовиком КамАЗ 6511 мод. 637300;
- закладка на хранение в секции картофелехранилища.

3.1.6. Выводы по разделу

- 1. В результате проведенных исследований были установлены размерномассовые характеристики сорта «Удача» с целью нахождения расстояния между брусками воздуховода. Полученные результаты подтверждают теоретическое исследование о необходимости зазора между брусками воздуховода равное 20 мм.
- 2. Получены результаты механических повреждений клубня сорта «Удача» перед закладкой на хранение с целью определения потерь при хранении.

3.2. Лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода 3.2.1. Программа исследований процесса хранения продукции

С целью разработки и обоснования параметров воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы (патент на полезную модель №158787) [91] и их влияния на сохранность картофеля был выполнен полнофакторный эксперимент по плану 2^3 по усовершенствованному воздуховоду (Приложение В).

Программа лабораторных исследований по хранению картофеля с использованием воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы (патент на полезную модель №158787) [91] включала два этапа.

Первый этап.

Проведение полнофакторного эксперимента на установке по хранению картофеля, включающей в себя: воздуховод, выполненный с сечением равностороннего треугольника, осевые вентиляторы ASP-1000 - 7,5 кВт, противоконденсационные вентиляторы с ТЭНомVRE-560ST Двигатель, кВт 3ф/380 0,37 кВт и дополнительно 2 кВт Тэн, противоконденсационные вентиляторы VRE-560ST Двигатель, кВт 3ф/380 0,37 кВт, вентиляционные заслонки, окна, установленные в магистральном воздухо-распределительном канале.

2. Обработка результатов исследований, их сравнение с теоретическими данными.

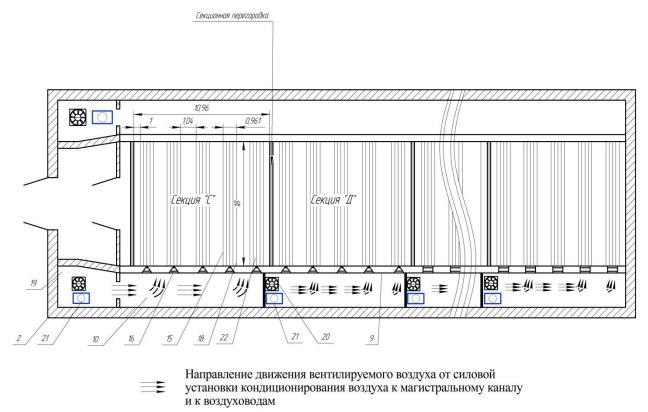
Второй этап.

3. Сравнение серийного и усовершенствованного воздуховода с целью оценки пропуска вентилируемого воздуха в насыпь сельскохозяйственной продукции и энергопотребления систем вентиляции картофелехранилища.

. 3.3. Описание лабораторной установки

Экспериментальные исследования усовершенствованного воздуховода, указанные в программе, проводились на стационарной лабораторной установке, на базе картофелехранилища хозяйства ООО «Подсосенки». На рисунке 3.4 схематично изображен общий план картофелехранилища с расположением

напольных усовершенствованных воздуховодов с сечением равностороннего треугольника, в секциях «С» и «Д». На рисунке 3.5 представлен фрагмент арочного свода и опорной стенки хранилища [67].

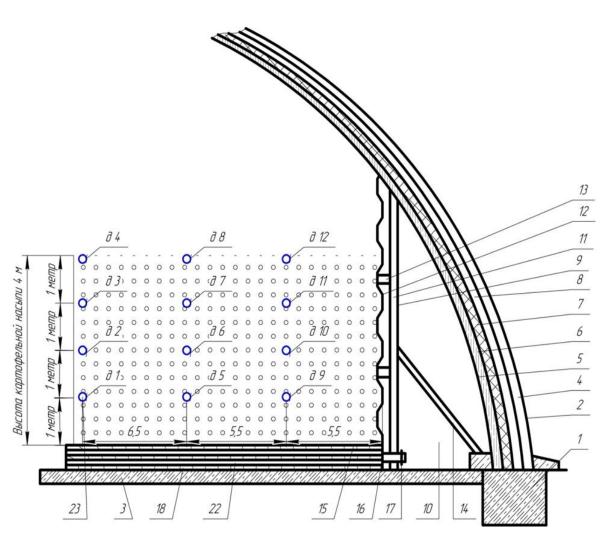


2 – арочный свод, 9 – опорная стенка, 10 – магистральный канал, 15 воздуховоды, 16 – окна,18 деревянные планки, 19 – силовая установка кондиционирования воздуха, 20 –вентиляторы, 21 – тэны, 22 – зазоры между деревянными брусками.

Рисунок 3.4 - План картофелехранилища с установленной лабораторной установкой

Воздуховод (позиция 15) изготовлен из деревянных брусьев, при этом планки закреплены с зазором равным 20 мм, при котором мелкий картофель не попадает в воздуховод. Воздуховод сечением 0,51 м² использовался в секции «С» картофелехранилища, воздуховод с сечением 0,29 м² использовался в секции «Д».

На первом этапе проводился трехфакторный эксперимент. В секции хранилища «С» и «Д» имеющих размер 10,96 × 18 м был заложен сорт картофеля «Удача» общей массой 156,1 т. в каждую секцию. Применяемые воздуховоды в секции хранения были в виде фронтальной трехгранной призмы с разным сечением (таблица 3.3) [64].



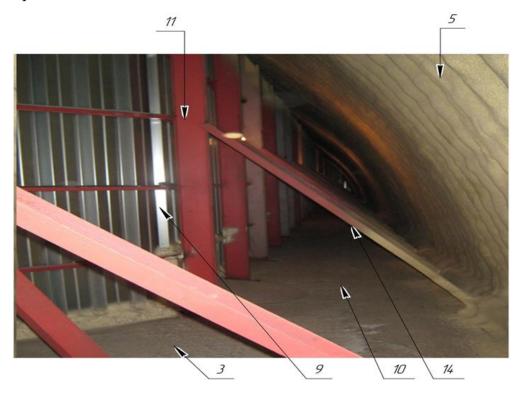
1 — фундамент, 2 - ограждение в виде арочного бескаркасного утепленного свода, 3 — бетонный пол, 4,5 наружные и внутренние листы гнутого металлического гофрированного Π — образного профиля, 6 - теплоизоляционные вкладыши, 7 изолирующий слой, 8 — зазор, 9 — опорная стенка, 10 - магистральный канал, 11 — вертикальные стойки, 12 — металлические листы, 13 - прямоугольные трубы, 14 — контрфорсы, 15 — воздуховоды, 16 окна, 17 — регулирующие заслонки, 18 — деревянные бруски, 22 - зазор между брусками, 23 датчики температуры и влажности.

Рисунок 3.5 - Фрагмент арочного свода и опорной стенки хранилища (патент на полезную модель №158787) [91]

Далее была произведена обработка результатов исследований и их сравнение с теоретическими данными.

На втором этапе было произведено сравнение серийного и усовершенствованного воздуховода с целью оценки пропуска вентилируемого воздуха в насыпь сельскохозяйственной продукции и энергопотребления систем вентиляции картофелехранилища.

На рисунке 3.6 показан фрагмент лабораторной установки картофелехранилища.



3 — бетонный пол; 5 наружные и внутренние листы гнутого металлического гофрированного П — образного профиля, 9 — опорная стенка; 10 - магистральный канал; 11 — вертикальные стойки; 14 — контрфорсы.

Рисунок 3.6 - Фрагмент лабораторной установки картофелехранилища, вид сбоку

3.4. Методика экспериментальных исследований процесса хранения картофеля

C целью определения показателей работы системы вентиляции картофелехранилища, при различных конструкциях воздуховода был выполнен полнофакторный эксперимент по плану 2^3 [20, 39] по усовершенствованным

воздуховодам в виде трехгранной призмы с сечением равностороннего треугольника.

Переменными факторами являлись: x_1 —температура помещения хранения, градусы; x_2 - влажность помещения хранения, %, x_3 - сечение воздуховода, M^2 .

С целью нахождения оптимального сечения усовершенствованного воздуховода проводились исследования в период хранения картофеля в хозяйстве ООО «Подсосенки» Рязанской области (с 01.02.15г. по 7.02.15г.) в секциях «С» и «Д» картофелехранилища, имеющих размер 10,96×18 м при средней высоте насыпи картофеля 1,5 м (Приложение В).

Объем хранимого картофеля сорта «Удача» составлял 156,1 т. в каждой секции.

Эксперименты проводились с пропуском вентилируемого воздуха в картофельную насыпь для поддержания микроклимата в картофельном ворохе в соответствии с необходимыми требованиями ГОСТ 28372-93 «Картофель свежий продовольственный. Руководство по хранению»

Величина изменения температуры и влажности воздуха в насыпи картофеля снималась при помощи установленных в секцию «С» [38, 55]. Во время эксперимента к датчику подключался кабель длиной 5 м

Датчик температуры и влажности канала устанавливается с целью измерения температуры и влажности воздуха подаваемого в секцию.

Датчик потолка устанавливается под потолком картофелехранилища и служит для определения разницы температур в секции и потолком ангара, также предусматривает определение влажности воздуха в помещении хранения.

Опыты проводились с трехкратной повторностью.

После проведения первого этапа лабораторного исследования, полученные результаты подвергались обработке с использованием методов математической статистики [1, 19, 20, 79]. Были найдены их зависимости от переменных факторов, в форме линейной части разложения в ряд функций отклика и членов, содержащих произведения факторов в первой степени:

- для известной технологии хранения:

- для усовершенствованной технологии хранения:

$$y_{y} = b_{0} + b_{1}x_{1} + b_{2}x_{2} + b_{3}x_{3} + b_{12}x_{1}x_{2} + b_{13}x_{1}x_{3} + b_{23}x_{2}x_{3} + b_{123}x_{1}x_{2}x_{3};$$

$$y'_{y} = b'_{0} + b'_{1}x_{1} + b'_{2}x_{2} + b'_{3}x_{3} + b'_{123}x_{1}x_{2}x_{3};$$

$$(3.8)$$

$$b'_{12}x_{1}x_{2} + b'_{13}x_{1}x_{3} + b'_{23}x_{2}x_{3} + b'_{123}x_{1}x_{2}x_{3};$$

$$(3.9)$$

где $b_0 \dots b_{123}$ и $b_0' \dots b_{123}'$ - соответствующие коэффициенты регрессии при кодированных членах уравнения;

 x_1 –температура помещения хранения, °С;

 x_2 - влажность помещения хранения, %;

 x_3 - сечение воздуховода, м 2 .

Переход от действительного значения фактора к кодированному осуществлялся по формуле:

$$X_i^{\text{K}} = \frac{X_i^{\text{H}} - X_{i0}^{\text{H}}}{\delta_i},$$
 (3.10)

где $X_i^{\text{\tiny K}}$ и $X_i^{\text{\tiny H}}$ - соответственно, кодированные и натуральные значения

1-го фактора;

 $X_{i0}^{\scriptscriptstyle \mathrm{H}}$ - натуральное значение 1-го фактора на нулевом уровне;

 δ_i - натуральное значение интервала варьирования i - го фактора.

- 1. Расчет коэффициентов регрессии
- для свободного члена:
- для линейных членов:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_{ij} \overline{y_j}}{N}, \qquad (3.11)$$

- для членов смешанного взаимодействия:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_{ij} x_{qj} \overline{y_j}}{N}, \qquad (3.12)$$

где \overline{y}_{j} - среднее арифметическое значение выходного параметра для одного ј-го опыта при "m" повторностях;

N - число опытов;

 x_{ij} - значение i -го фактора в j -ом опыте;

 x_{qj} - значение q -го фактора в j -ом опыте.

Коэффициент регрессии считается значимым, если его абсолютное значение превышает абсолютное значение доверительного интервала. При использовании полнофакторного эксперимента, доверительные интервалы для всех коэффициентов равны друг другу. Проверку значимости коэффициентов регрессии осуществляют по t-критерию Стьюдента в соответствии с формулой:

$$t = \frac{|b_i|}{\delta_{bi}},\tag{3.13}$$

где $|b_i|$ - абсолютное значение і-го коэффициента регрессии;

t - значение критерия Стьюдента при выбранном уровне значимости;

 δ_{bi} - квадратичная ошибка коэффициента регрессии.

Вычисленное значение t—критерия сравнивается с табличным $t_{\text{габл}}(0,05;f_y)$, где 0,05 - уровень значимости исследований, f_y - число степеней свободы эксперимента, причем:

$$f_{y} = N \cdot (m - l), \tag{3.14}$$

где m - число повторностей В J- ом опыте.

Для определения квадратичной ошибки δ_{bi} необходимо найти выборочную дисперсию коэффициентов регрессии, согласно формуле:

$$\delta^2_{\text{bi}} = \frac{\delta^2_{\text{y}}}{N},\tag{3.15}$$

где $\delta^2_{\ y}$ - дисперсия воспроизводимости,

$$\delta^2_{y} = \sum_{j=1}^{N} \frac{\delta^2_{j}}{N},$$
(3.16)

где $\delta^2_{\ j}$ - дисперсия в J-ом опыте при "m" повторностях.

$$\delta^{2}_{y} = \frac{\sum_{k=1}^{m} (y_{i} - \overline{y}_{j})^{2}}{m-1},$$
(3.17)

где y_j - значение выходного параметра в j-ом опыте.

Воспроизводимость модели характеризуется однородностью дисперсий опытов. Однородность дисперсий оценивается с помощью критерия Кохрена:

$$G_{\text{max}} = \frac{\delta^2_{j \text{ max}}}{\sum_{j=1}^{N} \delta^2_{j}},$$
 (3.18)

Если вычисленное значение критерия G_{max} окажется меньше $G_{\text{табл}}(0,05;f_{N};f_{u})$, то гипотеза об однородности принимается.

Здесь: f_N - число независимых оценок дисперсий;

 $f_{\rm u}$ - число степеней свободы каждой оценки.

$$f_{u} = N \cdot (m-1), \tag{3.19}$$

Регрессионные уравнения проверяются на адекватность (т.е. на способность точно описывать поверхность отклика).

Для оценки адекватности модели используется F - критерий Фишера, определяемый как отношение дисперсии адекватности δ^2_{ag} и дисперсии воспроизводимости (ошибка опыта) δ^2_{v} :

$$F = \frac{\delta^2_{ag}}{\delta^2_{v}},\tag{3.20}$$

Дисперсия адекватности вычисляется по формуле:

$$\delta^2_{\text{ag}} = \frac{\sum_{u=1}^{N} \left(\overline{y_J} - \overline{y_{JT}} \right)}{N - \alpha},\tag{3.21}$$

где $\overline{y_j}$ - среднее значение параметра оптимизации в j - ом опыте при "m" повторностях;

 $\overline{y_{jT}}$ - значение параметра оптимизации, вычисленное по уравнению регрессии для условий j - го опыта;

а - число определяемых коэффициентов модели.

Полученное значение критерия Фишера сравнивается с табличным $F_{\text{табл}}$ (0,05; f_{ag} , f_{y})

3десь: f_{ag} - число степеней свободы дисперсии воспроизводимости.

$$f_{ag} = N - a, (3.22)$$

В случае, если $F < F_{\text{табл}}$ гипотезу об адекватности описания полученными уравнениями регрессии результатов эксперимента можно считать верной с 95% вероятностью.

3.5. Результаты лабораторных исследований усовершенствованного воздуховода с сечением равностороннего треугольника

Планирование и реализация эксперимента были произведены в соответствии с методикой, положения которой изложены в литературе [20, 38, 79].

На первом этапе лабораторных исследований был произведен полнофакторный эксперимент по плану 2^3 по усовершенствованному воздуховоду. Переменными факторами выступали:

 X_1 – температура помещения хранения картофелехранилища, °C;

 X_2 - влажность помещения хранения картофелехранилища, %

 X_3 –сечение воздуховода, м²;

Основные уровни и интервалы варьирования представлены в табл. 3.3 Матрица планирования и результаты полнофакторного эксперимента $\Pi\Phi \ni 2^3$ отражена в приложении.

Рассчитывая коэффициенты регрессии и проверяя их на значимость по tкритерию Стьюдента, при fy=16. В соответствии с выше приведенными формулами находим уравнение регрессии.

 Таблица 3.3. Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании

 усовершенствованного воздуховода

		В	Осно	вной	Интервал	Верхний		Нижний	
Н		ypoi	вень	варьирования	ypoi	вень	уровень		
№	Факторы	Единицы измерения	Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	x_1	градус	3	0	1	4	+1	2	-1
2	x_2	%	90	0	2	92	+1	88	-1
3	<i>x</i> ₃	M^2	0,4	0	0,11	0,51	+1	0,29	-1

Нами были получены уравнения регрессии (3.23 и 3.24) хранения картофеля за период проведения лабораторных исследований, которые в последующем обрабатывались с использованием программы «MathCad 14.0».

- сохранность картофеля:

$$y_1 = 0.993 - 0.025x_1 - 0.141x_2 - 0.128x_3 - 0.093x_2x_3 + 0.091x_1x_2x_3$$
, (3.23)

где x_1 –температура картофельной насыпи, °С;

 x_2 - влажность картофельной насыпи, %;

 x_3 - сечение воздуховода картофелехранилища, м².

- потребление электроэнергии системами вентиляции картофелехранилища:

$$y_2 = 1,67 - 0.035x_1 + 0.046x_2 + 0.064x_3 + 0.03x_2x_3 + 0.05x_1x_2x_3$$
, (3.24)

где x_1 –температура картофельной насыпи, °С;

 x_2 - влажность картофельной насыпи, %;

 x_3 - сечение воздуховода картофелехранилища, м².

Проверка воспроизводимости моделей, произведенная по критерию Кохрена, по формуле 3.18 и 3.19, при степенях свободы $f_N=8$ и $f_U=2$ и уровне значимости 0,05, показала, что

$$G_{y_c max} = 0.465 < G_{y_{TAGJ}} = 0.5157$$

$$G_{y_c'max} = 0$$
,392 < $G_{y_{
m Ta6n}'} = 0$,5157 , следовательно, дисперсии однородны.

Проверка адекватности полученных линейных моделей, произведенная по F- критерию (формулы 3.20...3.22) при уровне значимости 0,05 подтвердила гипотезу об адекватности моделей:

$$F_{y_c} = 0,404 < F_{{
m Ta}6\pi} = 2,9$$
 при $f_{ag} = 5$ и $f_{
m V} = 16$

$$F_{y_c^\prime} = 0$$
,538 < $F_{ ext{таб}\pi} = 2$,9 при $f_{ag} = 5$ и $f_{ ext{y}} = 16$

Используем полученные линейные модели для определения рациональных параметров технологии хранения картофеля и проанализируем полученные результаты (Приложение Γ).

Допустим случай, когда температура помещения максимальна ($x_1 = +1$) и влажность помещения хранения также максимальна ($x_2 = +1$). Примем норму убыли за февраль месяц 0,6 % [93, 96, 107, 108], отсюда, необходимо выполнить условие:

$$\mathbf{y_y} = 0.993 - 0.025\mathbf{x_1} - 0.141\mathbf{x_2} - 0.128\mathbf{x_3} - 0.093\mathbf{x_2}\mathbf{x_3} + 0.091\mathbf{x_1}\mathbf{x_2}\mathbf{x_3} \leq 0.993$$
 Тогда,

$$x_3 \ge -0.763$$
,

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем:

$$x_3 \ge 0.29 \text{ m}^2$$

Допустим случай, когда температура помещения максимальна $(x_1 = +1)$ и влажность помещения хранения также максимальна $(x_2 = +1)$. В тоже время необходимо чтобы расход электроэнергии не превышал за февраль 1,67 МВт.

$$y_y' = 1,67 - 0,035x_1 + 0,046x_2 + 0,064x_3 + 0,03x_2x_3 + 0,05x_1x_2x_3 \le 1,67$$

Тогда

$$x_3 \le 0.245$$

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем:

$$x_3 \le 0.51 \text{ m}^2$$

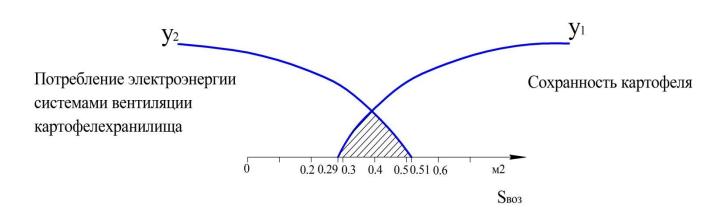


Рисунок 3.7 - Величина сечения усовершенствованного воздуховода

В качестве критерия оптимизации выберем максимальную выгоду при применении системы вентиляции с одной стороны. Выгода зависит от повышения сохранности с другой стороны и от затрат на эксплуатацию систем вентиляции

хранилища. При этом важным фактором будет площадь вентиляционных каналов. Поэтому рассчитаем выгоду по следующей формуле (1):

$$c = c_1 \cdot y_1 \cdot \omega_{xp} - c_2 \cdot y_2 \tag{3.25}$$

где, c_1 – стоимость картофеля, руб.;

 y_1 – сохранность картофеля, %;

 ω_{xp} – объем хранения;

 c_2 – стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч;

 y_2 — потребление электроэнергии кВт·ч.

Исследуем предложенный критерий оптимизации при средней температур равной $x_1 = 3$ °C и относительной влажности воздуха $x_2 = 90$ %, варьируя параметрами площади сечения воздуховода от которого зависят затраты на эксплуатацию системы вентиляции с одной стороны, а с другой сохранность картофеля.

На основании моделирования в программе MathCAD v14.0 получим график зависимости, зависящий от получаемой прибыли в расчете на одну тонну картофеля от параметров вентиляционной системы.

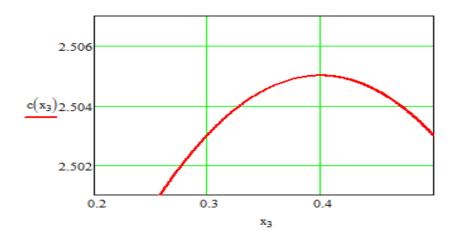
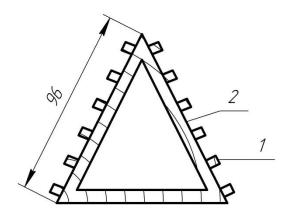


Рисунок 3.8 – Зависимость параметров вентиляционной системы (сечение воздуховода)

Анализ графика показал, что рациональным значением сечения усовершенствованного воздуховода будет 0,4 м².

Результаты лабораторных исследований параметров усовершенствованного воздуховода картофелехранилища подтвердили, правильность теоретического вывода о воздуховоде в виде фронтальной трехгранной призмы и позволили уточнить его необходимое сечение до значения 0,4 м² (Расхождение с теоретическим значением составляет 4,7%) [62]. Тогда длина стороны воздуховода в виде фронтальной трёхгранной призмы, выполненного с сечением равностороннего треугольника равна 96 см при высоте 83см (рис. 3.9) [60].



1 – деревянные брусья; 2 - зазор между брусьев

Рисунок 3.9 - Поперечный разрез воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением равностороннего треугольника

3.6. Выводы по третьей главе

- 1. В результате исследований размерно-массовых характеристик сорта «Удача» были также подтверждены теоретические исследования по определению зазора между деревянными брусьями воздуховода равному 20 мм.
- 2. Лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода показали, что данный вентиляционный канал обеспечивает необходимый пропуск воздушной смеси в картофельную насыпь, что пособствует поддержанию в картофельном ворохе в соответствии с необходимыми микроклимата «Картофель требованиями ГОСТ 28372-93 свежий продовольственный. Руководство по хранению», приборы и установки.»

- 3. Установлено, что сохранность картофеля сорта «Удача» хранимого в секции «С» с применением воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением 0,51м² (заявка на полезную модель № 2015102468) по окончании лабораторных исследований оказалась выше на 1,52 %, чем в соответственных условиях с применением воздуховода фронтальной трехгранной призмы с сечением 0,29 м² в секции «Д». Но потребление электроэнергии системами вентиляции в секции «С» было выше на 4 % по сравнению с секцией «Д». (Приложение В).
- 4. Результаты лабораторных исследований усовершенствованного воздуховода подтвердили, правильность теоретических выводов о необходимом сечении воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы и позволили уточнить его до значения $0.4~{\rm M}^2$. (Теоретические исследования значение сечения воздуховода равно $0.42~{\rm M}^2$, расхождение составляет 4.7%).

ГЛАВА 4. ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ВОЗДУХОВОДА

4.1. Хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода

4.1.1. Программа испытаний

Программа, хозяйственных испытаний усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля сорта «Удача» которая включает в себя два этапа.

Первый этап.

1. Хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля сорта «Удача» в организации ООО «Подсосенки» Рязанской области Шацкого района с 29.09.15 г. по 26.02.16 г. и 30.09.16 г. по 27.02.17 г.

Второй этап.

2. Обработка результатов испытаний.

4.1.2. Объекты исследований

При проведении исследований определялись:

- сохранность сорта картофеля «Удача» в период хранения, а именно с 29.09.15 г. по 26.02.16 г. и 30.09.16 г. по 27.02.17 г.;
- расход электроэнергии систем вентиляции картофелехранилища в период хранения за два указанных временных промежутка.

В качестве объектов исследований были приняты: серийный воздуховод в виде полукруга с сечением равным $0,55~{\rm M}^2$ и усовершенствованный воздуховод в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением $0.4{\rm M}^2$.

4.2. Методика исследований по убыли массы картофеля

Для определения потерь картофеля сорта «Удача» в 2015 - 2017 гг. были смонтированы две секции «А», «Б» в помещении картофелехранилища, по мере выгрузки картофеля из секций в конце исследований клубни перебирались в зоне обработки картофелехранилища.



Рисунок 4.1 – Закладка на хранение картофеля сорта «Удача» в конце сентября 2015 года в секцию «А» с применением усовершенствованного воздуховода

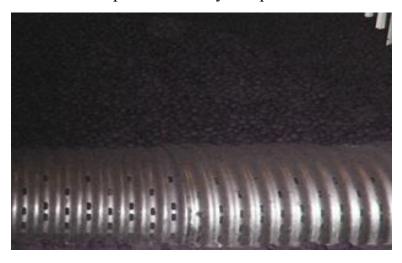


Рисунок 4.2 – Сорт картофеля «Удача» в секции «В» заложенного на хранение по серийной технологии хранения с конструкцией воздуховода в виде полукруга



а) – Общий вид усовершенствованного воздуховода перед закладкой на хранение в секции «А»



б) Вид сбоку

1 – зазоры между планками воздуховода, 2 – планки воздуховода.

Рисунок 4.3 – Воздуховод в виде фронтальной трехгранной призмы

Таблица 4.1 - Параметры усовершенствованного воздуховода (патент на полезную модель №158787) с сечением равностороннего треугольника

$\mathcal{N}_{\underline{0}}$	Наименование	Усовершенствованный
п/п	показателей	воздуховод
		с сечением $0,4$ м ²
1	2	3
2	Длина сторон	96,1
	воздуховода, см	
3	Высота	83,3
	воздуховода, см	
4	Размеры	Квадратное сечение
	деревянного бруска	(длина 4,ширина 4)
	воздуховода, см	
5	Зазор между	2
	деревянными	
	брусками, см	
6	Количество	16
	деревянных брусков	
	на строне, шт.	
7	Шаг треугольного 1	
	каркаса, м	

Технология хранения выполнялась по заданному алгоритму хранения и включала следующие разделы и режимы: просушивание в процессе загрузки картофеля в хранилище; лечебный период, период охлаждения, основной период.

Требуемые температурно-влажностные режимы хранения по периодам обеспечивались автоматически согласно алгоритму хранения.

С целью предотвращения сдвигов распредканалов при загрузке картофеля и обеспечения плотного примыкания первого короба к стене магистрального канала рекомендуется делать обрамление вентиляционного окна в виде направляющего треугольника. Обрамление изготавливают из бруса 100х100 мм и жёстко крепят к стенке магистрального канала. При установке первый короб надвигается на обрамление и тем самым исключается его сдвиг и образование щели. Для предотвращения утечки воздуха вдоль стены магистрального канала первая секция длиной до 1м делается сплошной без просветов и отверстий независимо от конструкции [100].

Исходное качество закладываемого картофеля определяли на основании клубневого анализа по средней пробе из 100 клубней, составленной из разных мест насыпи картофеля. Повторность трёхкратная.

В двух исследуемых секциях в двух зонах в центре и на расстоянии 3м от тыльной стены 0,5 м от верха забирались пробы картофеля по окончании исследований.

Убыль массы (потери на дыхание) определяли в процентах по отношению к массе заложенного на хранение картофеля, т.е. из исходной массы пробы (5 кг) вычитали массу сохранившегося здорового картофеля плюс масса отходов.

На основании полученных данных определяли потери в целом за период хранения по каждой секции.

По окончанию всех исследований клубни сорта «Удача» в виду импортазамещения были проданы на рынок ЦФО. Расход электроэнергии систем вентиляции подсчитывался и анализировался каждый месяц.

4.3.1. Результаты хозяйственных испытаний серийного и усовершенствованного воздуховодов хранилища

Результаты хозяйственных испытаний серийного и усовершенствованного воздуховода за 2015 – 2017 гг. приведены в таблице 4.2. (Приложение Д, Е).

Таблица 4.2. - Результаты хозяйственных испытаний серийного и усовершенствованного воздуховода картофелехранилища в период 2015-2016 гг., $2016\text{--}2017 \; \text{гг}.$

			Потери картофеля за			Потребление	
		5 месяцев хранения, %				электроэнер	
					гии по		
№				В том числе			секциям за 5
п/п	Наимен	ование	Всего	убыль	техничес.	абсолют	месяцев
	показа	телей		массы	отход	. ГНИЛЬ	хранения,
							кВт∙ч
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Хозяйственные	Серийный	8,2	5,72	1,75	0,73	30453
	испытания	воздуховод					
	с 29.09.15г. по	Усовершенст.	6,7	4,6	1,46	0,64	28347
	26.02.16г.	воздуховод					
		-					
3	Хозяйственные	Серийный	8,05	5,89	1,55	0,61	30365
	испытания	воздуховод	0,03	3,07	1,55	0,01	30303
	с 30.09.16г. по	воздуловод					
	27.02.17r.	Усовершенст.	6,5	4,63	1,39	0,48	28251
	21.02.1/1.	воздуховод					

Расход электроэнергии систем вентиляции в секциях «А» и «В» картофелехранилища подсчитывался и анализировался каждый месяц в период проведения хозяйственных испытаний.

Выводы по четвертой главе

1. Определено, что в период хранения картофеля с 2015 по 2016 гг. потери картофеля сорта «Удача» в сравнении с применением усовершенствованного и серийного воздуховодов составили 6,7 % и 8,2 %, соответственно. Энергопотребление систем вентиляции картофелехранилищ в указанный период по двум секциям составили:

- по секции «А» с воздуховодом в виде фронтальной трехгранной призмы 28347 кВт;
 - по секции «В» с воздуховодом в виде полукруга 30453 кВт.
- 2. Определено, что в период хранения картофеля с 2016 по 2017 гг. потери картофеля сорта «Удача» в сравнении с применением усовершенствованного и серийного воздуховодов составили 6,5 % и 8,05 %, соответственно. Энергопотребление систем вентиляции картофелехранилищ в указанный период по двум секциям составили:
- по секции «А» с воздуховодом в виде фронтальной трехгранной призмы 28251 кВт;
 - по секции «В» с воздуховодом в виде полукруга 30365 кВт.

ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ВОЗДУХОВОДА ПРИ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ

5.1. Общие данные

Расчет технико-экономического эффекта применения усовершенствованного воздуховода производился по стандартной методике с использованием следующей литературы [11, 80, 88, 89].

Исходные данные для экономического оценки взяты за 2017 г.

Оценка экономической эффекта уменьшения потерь картофеля и расходов на электроэнергию при длительном хранении выполнена с учетом социально-экономических условий Рязанской области.

Экономический эффект от внедрения усовершенствованного воздуховода находился от суммы сокращения потерь хранимого картофеля (формула 5.7) и снижении расходов на электроэнергию (формулы 5.10). В качестве серийных воздуховодов были выбраны воздуховоды в форме полукруга.

$$\vartheta_{\text{сум}} = \vartheta_{\vartheta \Phi.\Pi} + \vartheta_{\vartheta \Phi.\vartheta},\tag{5.1}$$

где $\Theta_{9\varphi,\pi}$ — экономический эффект от сокращения потерь картофеля в период длительного хранения, руб./год;

 $\Theta_{\ni \phi, \ni}$ - экономический эффект от снижения затрат расхода электроэнергии в период длительного хранения, руб/год.

Хранение картофеля включает в себя взаимосвязанный комплекс мероприятий, технологических операций и технологических решений, обеспечивающих способность продукции удовлетворять своим потребительским требованиям по истечению заданного времени.

5.2. Экономический эффект от сокращения потерь картофеля в период длительного хранения

На качество и стоимость влияет большое количество факторов. Часть из них подлежат учету и количественной оценке:

- степень травмированности картофеля;

- наличие механических примесей в насыпи картофеля.

Наличие травмированности и ее влияние на сохранность картофеля были учтены путем статистического анализа. Негативное влияние травмированности лечебного периода. Предусмотренные частично сглаживается наличием хранение ТИПОВЫМИ технологиями закладки на частично сглаживаются технологиями закладки на хранение с помощью предварительной просушки, очистки от механических примесей, повышают сохранность картофеля.

К трудно учитываемым факторам, влияющим на наличие болезней и степень созревания клубней, относятся конкретные погодные условия в сезон вызревания картофеля. Качественные показатели хранения картофеля повышаются с увеличением в клубнях количества сухих веществ. Существует мнение исследований, что при повышении в почве калия или фосфора увеличивает сохранность картофеля, но избыточные азотные удобрения снижают способность картофеля к длительному хранению.

Оценка реализации результатов научно-исследовательских разработок предполагает определенные прибыли за счет увеличения выручки связанной от качества продаваемого картофеля, как результат возрастания коэффициента обеспеченности параметров микроклимата при длительном хранении. Расчеты выполнены на основе методических рекомендаций по оценке эффективности реализации новых научно-технических разработок [80].

В качестве объекта экономического исследования было выбрано картофелехранилище для хранения картофеля навалом, вместимостью 2000 тонн в хозяйстве ООО «Подсосенки» Шацкого района Рязанской области.

Коэффициент обеспеченности условий хранения картофеля $K_{oб.x}$ определялся как произведение трех независимых коэффициентов:

$$K_{\text{of,x}} = K_{\text{of,K}} \times K_{\text{of,a}} \times K_{\text{of,M}} , \qquad (5.2)$$

отсюда, при закладке на хранение качественной продукции ($K_{o6.K}=1$), обеспечение требуемых условий эксплуатации сооружения ($K_{o6.9}=1$), на обеспечение параметров микроклимата помещения хранения $K_{o6.M}$. Тогда запишем, что $K_{o6.M}=K_{o6.H}$

$$K_{\text{of.x}} = K_{\text{of.m}} = (1 - K_{\text{p}}),$$
 (5.3)

где K_p – коэффициент потерь картофеля

При годовом объеме продукции P_r тонн, объем реализуемой продукции $P_{\rm T}$ тонн, с учетом потерь из-за необеспеченности параметров хранения естественной убыли равен примерно 5%:

$$P_{T} = 0.95P_{r}(1 - K_{n}), \tag{5.4}$$

где K_p – коэффициент потерь картофеля;

 \mathbf{P}_r - годовой объем продукции, тонн.

Выручка от реализации продукции при розничной цене Цп, руб./т

$$B = P_{T} \times \coprod_{\Pi}, \tag{5.5}$$

Эксплуатационные затраты 3, руб./год, с учетом стоимости электроэнергии на вентиляцию E_9 , руб./год, записываются в виде:

$$3 = 9 + E_3 = 9 + N \times \tau \times \coprod_3, \tag{5.6}$$

где N – мощность систем вентиляции, кBт;

 τ – время работы систем вентиляции, час;

В расчетах было посчитано, что обеспеченность параметров микроклимата хранения практически не зависит от заработной платы обслуживающего персонала, затрат на текущий и капитальный ремонт, отчисления на восстановление капитальных вложений. В этом случае экономический эффект от сокращения потерь продукции (руб.) определяется как разность в выручке от продажи:

$$\vartheta_{\text{эф.п}} = \Delta \mathbf{B} = 0.95 \times \mathbf{P}_r \times \mathbf{U}_{\Pi} \times \Delta \mathbf{K}_{\text{об.м}},$$
(5.7)

где P_r - годовой объем продукции, тонн;

 $K_{\text{об.м}}$ – коэффициент обеспечения параметров микроклимата помещения хранения.

При расчете экономического эффекта по формуле 5.7 считается, что сельхозпроизводитель освобожден от налогообложения на прибыль.

5.3. Экономический эффект от снижения затрат расхода электроэнергии в период длительного хранения

Энергоемкость является социально-экономическим фактором долговременного действия и имеет устойчивую тенденцию к увеличению [21, 29, 57, 86, 113].

Снижение потерь электроэнергии при хранении картофеля характеризуется степенью работы систем вентиляции и объемом подаваемой воздушной смеси в картофельную насыпь.

Экономический подход к вопросам хранения включает в себя не только показатели фактической сохранности клубней, но и показатели энергоемкости систем кондиционирования воздуха.

Приведенные затраты Π_B руб./год по системе вентиляции можно определить по формуле 5.8:

$$\Pi_{\rm B} = \rm EK + C, \tag{5.8}$$

где E=0,2 I/год – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

К, руб., - сметная стоимость системы вентиляции картофелехранилища; С, руб./год, - эксплуатационные затраты по системе вентиляции.

Далее найдем эксплуатационные затраты по формуле 5.9:

$$C = E_{3} + 3_{\Pi} + B + P_{T} + P_{K}, \tag{5.9}$$

где Е₃, руб./год, - годовые затраты на электроэнергию;

 $3_{\rm n}$, руб./год, - сумма годовой заработной платы обслуживающего персонала;

В, руб./год, - годовые отчисления на восстановление капитальных вложений;

 $P_{_{\rm T}}+P_{_{\rm K}}$ руб./год, - годовые затраты на текущий и капитальный ремонт.

Величина $3_{\rm n}$ не зависит от величины удельных расходов воздуха. Годовые отчисления В для систем вентиляции хранилищ определяется в процентах от сметной стоимости K:

$$B = 0.1K, (5.10)$$

Тогда, экономический эффект от уменьшения расхода электроэнергии систем вентиляции картофелехранилища в период длительного хранения найдем по формуле 5.11:

$$\vartheta_{3\phi,3} = \Pi_3 \times N, \tag{5.11}$$

где Π_9 , руб., цена 1 кВт·ч электроэнергии (принято по расчету 4,85 руб./кВт.ч);

N, - расход потребляемой системой вентиляции электроэнергии, кВт;

5.4. Расчет экономического эффекта полученных научных результатов

Для сопоставительной оценки рассматриваются три варианта технического решения вентиляции с использованием напольных каналов:

- 1. Серийная конструкция воздуховода в виде полукруга.
- 2. Усовершенствованная конструкция воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы.

Исходные данные:

размеры секции для хранения картофеля россыпью (насыпь) - $10,96 \times 18$ м; высота насыпи H=4 м; структурные и теплофизические параметры соответствуют среднестатистическому слою, начальная температура которого $\theta_0 = 12...15$ °C, расчетная температура воздуха на входе в насыпь $t_o = 3$ °C; удельный расход подаваемого воздуха соответствует нормативным рекомендациям - $V_p = 70$ м³/(т. ч) [137].

5.5. Годовой экономический эффект от применения усовершенствованного воздуховода в сравнении с серийным

По результатам приведенных ранее расчетов находим годовой экономический эффект по формуле 5.12:

$$\vartheta_{\text{сум}} = \vartheta_{\vartheta \Phi.\Pi} + \vartheta_{\vartheta \Phi.\vartheta}, \tag{5.12}$$

где $\,$ – экономический эффект от сокращения потерь картофеля в

период длительного хранения, руб/год;

 $\Theta_{
m эф. 9}$ - экономический эффект от снижения затрат расхода электроэнергии в период длительного хранения, руб/год.

Таблица 5.1 – Суммарный экономический эффект за 2015-2016 гг.

№ п/п	Статьи затрат	Обозначения	Единицы измерений	Усовершенствованная конструкция воздуховода
1	2	3	4	5
1	Экономический эффект от сокращения потерь картофеля в период длительного хранения	Э _{эф.п}	руб./год	44100
2	Экономический эффект от снижения затрат расхода электроэнергии в период длительного хранения (разница между двумя секциями)	Э _{эф.э}	руб./год	8739,9
3	Суммарный годовой экономический эффект	Э _{сум}	руб./год	52239,9
4	Тот же руб.(/т год)	Э _{сум}	руб.(/т год)	123,2

Таблица 5.2- Суммарный экономический эффект за 2016-2017 гг.

				Усовершенствованная
				конструкция
$N_{\underline{0}}$	Статьи затрат	Обозначения	Единицы	воздуховода
Π/Π			измерений	
1	2	3	4	5
1	Экономический эффект от сокращения потерь картофеля в период длительного хранения	Э _{эф.п}	руб./год	54600

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
2	Экономический эффект от снижения затрат расхода электроэнергии в период длительного хранения	Э _{эф.э}	руб./год	10252,9
	(разница между двумя тех.)			
3	Суммарный годовой экономический эффект	Э _{сум}	руб./год	64852,9
4	Тот же руб.(/т год)	Э _{сум}	руб.(/т год)	147,7

5.6. Выводы по пятой главе

- 1. Установлено, что применение усовершенствованного воздуховода в виде в картофелехранилищах является экономически эффективным, что обусловлено повышением сохранности картофеля и снижением времени работы системы вентиляции хранилища в хранения картофеля.
- 2. Определено, что экономический эффект от внедрения усовершенствованного воздуховода составит за 2015-2016 гг. 123,2 руб.(/т. год), за 2016-2017 гг. 147,7 руб.(/т. год).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1. Проведенный анализ показал, что существующие картофелехранилища не в полной мере обеспечивают необходимую сохранность клубней. Потери картофеля во время по РФ достигают от 12 до 15 %, что отрицательно сказывается на себестоимости и эффективности производства картофеля. Из анализа установлено, что перспективным, с точки зрения затрат, является навальный способ хранения.
- 2. Механические повреждения клубней, полученные во время уборки, влияют на сохранность урожая, так как поврежденные клубни выделяют большое количество теплоты в насыпь, что приводит к очагам самосогревания насыпи картофеля и к дополнительным потерям клубней во время хранения.
- 3. С целью повышения сохранности картофеля при снижении энергопотребления системой вентиляции картофелехранилищ разработана конструкция воздуховода с сечением равностороннего треугольника, боковые поверхности которого изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусков (патент на полезную модель №158787).
- 4. В результате теоретических исследований получена аналитическая зависимость движения вентилируемого воздуха через усовершенствованные воздуховоды в насыпь картофеля. Определено значение величины площади сечения воздуховода равное 0,42 м² (сходимость с лабораторными исследованиями составляет 95,3%).
- 5. По исследованиям физико-механических свойств сорта картофеля «Удача» установлен зазор между брусками воздуховода, равный 20 мм, при ширине и толщине бруска 40 мм. Общее количество деревянных брусков на одной стороне равно 16. Длина стороны воздуховода равна 96 см. Шаг планок каркаса воздуховода равен 1 м. Результаты хозяйственных испытаний 2016-2017 гг. усовершенствованного и серийного воздуховодов по сорту «Удача» в условиях Рязанской области показали, что потери картофеля указанного сорта с применением усовершенствованного и серийного воздуховода за 5 месяцев

хранения составляют 6,5 % и 8,05 %, а энергопотребление системы вентиляции в указанный период составило 28251 кВт и 30365 кВт соответственно.

6. Экономический эффект от внедрения усовершенствованного воздуховода (патент на полезную модель №158787) составил 147,7 руб./т. год за 5 месяцев в 2016-2017 Результаты лабораторных исследований и ΓΓ. хозяйственных испытаний приняты и используются при хранении картофеля в хозяйстве ООО «Подсосенки» Рязанской области, Шацкого района. Общий объем картофеля, 2015-2017 заложенного хранение за ΓΓ. использованием на c усовершенствованного воздуховода, составил более 860 тонн.

Рекомендации производству:

С целью снижения потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища рекомендуется использовать усовершенствованный воздуховод с сечением равностороннего треугольника, боковые поверхности которого изготовлены из деревянных брусков, с зазором между ними, что обеспечивает равномерное распределение вентилируемого воздуха в картофельной насыпи, что дает снижение энергопотребления за счет меньшего времени работы вентиляционного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Адлер Ю.П., Макарова Е.Б., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с
- 2. Алямовский И.Г. Обобщённые данные для расчёта теплообмена при охлаждении и хранении картофеля. Консервная и овощесушильная промышленность, 1973, №5, с. 28...30.
- 3. Алямовский, И.Г. Тепло- и массообмен при охлаждении и хранении пищевых продуктов : автореф. дис.... доктора техн. наук. Л., 1974. 33 с.
- 4. Алямовский И.Г. Теплообмен при охлаждении картофеля и овощей в насыпном слое. Холодильная техника, 1973, №8, с.24...27.
- 5. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика [Текст] / А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. М.: Стройиздат, 1987.-414 с.
- 6. Анисимов Б.В. Картофелеводство России: производство, рынок, проблемы семеноводства. // Картофель и овощи. 2000 № 1. С.2-4.
- 7. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А, Аппараты со стационарным зернистым слоем, Л.: Химия, 1979, 176 с.
- 8. Басин, Г.Л. Расчет воздухообменов и температурно-влажностных режимов картофелехранилищ / Г.Л. Басин // НИИ Сантехники. Отопление и вентиляция промышленных и сельскохозяйственных зданий .— 1965.—сб. №6. С. 128…147.
- 9. Берман М.И., Календерьян В.А. Тепломассоперенос в плотном продуваемом слое плодов и овощей// Инженерно-физический журнал. 1986, $N \ge 2$ С. 266-271.
 - 10. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1965. 608 с
- 11. Богуславский Л.Д. Повышение экономичности систем теплоснабжения и вентиляции. М.: Стройиздат, 1984. 116 с.
- 12. Бодров, В.И. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Н. Кучеренко. Н. Новгород; ННГАСУ, 2008. 623 с.

- 13. Бодров В.И., Трошин В.Г. Аналитическое исследование теплового режима в насыпи картофеля и овощей при активной вентиляции// Вентиляция и кондиционирование воздуха: Межвузовский научно-технический сборник №11 Рига, 1979.-С. 47-53.
- 14. Бодров В.И. Хранение картофеля и овощей. Горький: Волго-Вятское изд.-во, 1985.-224 С.
- 15. Борычев, С.Н. Обоснование параметров и разработка ботвоудаляющего рабочего органа картофелеуборочных машин: дисс. канд. техн. наук. [Текст] / С.Н. Борычев Рязань: РГСХА, 2000. 5 с.
- 16. Борычев, С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис... д-ра технич. наук: 05.20.01 [Текст] / Борычев Сергей Николаевич. Рязань, 2008. 290 с.
- 17. Борычев С.Н., Рембалович Г.К., Бойко А.И. Оптимальные сроки механизированной уборки картофеля. // Картофель и овощи. 2004 №6. с.18..
- 18. Бышов, Н.В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности картофелеуборочных машин дис... д-ра технич. наук: 05.20.01, 05.20.04 [Текст] / Бышов Николай Владимирович. Рязань, 2000. 414 с.
- 19. Варданян Г.С. и др. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: ИНФРА-М, 2014. 512 с.
- 20. Веданяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос. 1967 159 с.
- 21. Везиришвили О.Ш. Экономия энергии в системах кондиционирования воздуха // Водоснабжение и санитарная техника, 1986, с.11.
- 22. Верещагин, Н. И., Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля / Н. И. Верещагин, К. А. Пшеченков. М.: Колос, 1977. 350 с.

- 23. Верещагин, Н. И. Современные машинные технологии производства картофеля / Н. И. Верещагин // Техника и оборудование для села. 2004. №8. С. 16-19.
- 24. Верещагин, Н. И. Уборка картофеля в сложных условиях / Н. И. Верещагин, К. А. Пшеченков, В. С. Герасимов. М.: Колос, 1983. 208 с.
- 25. Волкинд И.Л. Гидравлическое сопротивление и распределение воздуха в сочной растительной продукции при активном вентилировании. Труды Гипронисельпрома, 1973, вып.У, с, 192... 201.
- 26. Волкинд И.Л., Лобанова А.С. Применение активной вентиляции при хранении картофеля и овощей (обзор)// ЦНИИ информации и технико-экономических исследований пищевой промышленности. М.: 1971. 58 С.
- 27. Волкинд И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов. М.: Агропромиздат, 1989. 239 С.
- 28. Волков, М.А. Тепло- массообменные процессы при хранении пищевых продуктов / М.А. Волков. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. –272 с.
- 29. Волосов Ю.В. Удельный расход воздуха и потери веса картофеля при хранении в условиях активного вентилирования // Хранение, переработка и торговля картофелем, овощами и плодами. Киев, 1969. С. 28...33.
- 30. Вышелесский А.Н., Громов М,А, Теплофизические характеристики картофеля и овощей, Консервная и овощесушильная промышленность, 1963, Щ1, с.25...29.
- 31. Гинзбург А.С, Громов М.А. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов. М.: Агромиздат, 1987. 272 С.
- 32. Гирнык, Н.Л. Математическое описание тепло- и влагообменных процессов в овощехранилищах / Н.Л. Гирнык // Механизац. и электриф. соц.сельского хозяйства. 1974. №5. С. 42...44.
- 33. ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества Введ.1982.06.01. М.:Стандартинформ, 2010. 23 с.

- 34. ГОСТ 28372-93 «Картофель свежий продовольственный. Руководство по хранению Введ. 1995.01. 01. М.:Стандартинформ, 2014. –12 с.
- 35. ГОСТ 11856-89 Картофель семенной. Приемка и методы анализа Введ.1991.07.01. М.:Стандартинформ, 2010. 77 с
- 36. Гримме (Изд.) Рекомендации по хранению картофеля. GRIMME Landmaschi-nenfabrik Gmb H & Co. KG Damme, 2000 49 с.
- 37. Гусев, В.М. О планировании измерений давлений и скорости в вентилируемом зернистом слое [Текст] / В.М. Гусев, В.Р. Таурит, СВ. Отливщикова // сб. науч. тр. / Ленингр. инж.-строит. ин-т. Л.: Ленингр. инж.-строит. ин-т. 1985.
- 38. Датчик влажности и температуры [Электронный ресурс]. URL: https://honeywellshop.ru/catalog/honeywell_1/datchiki_i_rele_honeywell_/datchiki_1/d atchiki_temperatury_1/datchiki_vlazhnosti_i_temperatury_1/6690/ (дата обращения: 29.10.2014).
- 39. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М. 1973. 336 с.
- 40. Дячек П.И. Исследование и разработка принципов вентиляции картофелехранилищ.: Автореф.дис. ... канд.техн.наук. -- Минск, 1980, 22 с.
- 41. Дячек П.И. Исследование и разработка принципов вентиляции картофелехранилищ: Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук/ БПИ. Минск, 1979. 209 С
- 42. Дячек П.И. Научно-технические основы управления температурновлажностным режимом хранения картофеля и овощей: Дис. на соиск. уч. степ, докт. техн. наук/ Б АТУ. Минск, 1997 306 с.
- 43. Жадан, В.З. Влагообмен в плодоовощехранилищах / В.З. Жадан. М.: Агропромиздат, 1985. 197 с.
- 44. Жадан, В.З. Критерии климатического районирования страны в целях использования естественного холода в картофеле- и овощехранилищах / В.З. Жадан, Н.Н. Рослов, Л.В. Мартынова, С.И. Кулаков // Холодильная

- техника. 1986. № 6. с. 10...13.
- 45. Жадан В.З. Теплофизические основы хранения сочного расти-тельного сырья на пищевых предприятиях. М.: Пищевая промышленность, 1976. 237 с.
- 46. Жадан В.З. Теоретические основы кондиционирования воздуха при хранении сочного растительного сырья. М.: Пищевая промышленность, 1972. —154 С.
- 47. Жоровин Н.А. Химический состав, лежкоспособность и кулинарнотехнологические качества картофеля, выращенного в БССР: Автореферат дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. М.: 1964.
- 48. Иванцов Г.П., Любов Б.Я. Прогрев неподвижного слоя шаров потоком горячего газа// В кн.: Доклады Академии наук СССР, т. LXXXVI. 1950, №2. С. 293
- 49. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И.Е. Идельчик; под ред. М.О. Штейнберга; 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
- 50. Индустриальная технология производства картофеля: учебное пособие / К. А. Пшеченков – М.: Росагропромиздат, 1985. - 239 с.
- 51. Ионычев, Е.Г. Обеспечение параметров микроклимата в существующих сельскохозяйственных зданиях: дис... канд. технич. наук: 05.23.03, [Текст] / Ионычев Евгений Геннадьевич. Нижний Новгород, 2005. 283 с.
- 52. Калашников М.П. Обеспечение параметров микроклимата в помещениях для хранения сочной растительной продукции в условиях резкоконтинентального климата: дис... д-ра технич. наук: 05.23.03 [Текст] / Калашников, Михаил Петрович. Н.Новгород, 1999.- 499 с.
- 53. Калугина, Ю.П. Исследование динамики тепловлажностных процессов и автоматическое регулирование микроклимата картофелехранилищ: автореф. дис. ...канд. техн. наук. М., 1967. 21 с.
- 54. Картофель [Текст] / под ред. Н.А. Дорожкина. Минск: Урожай, 1972.

- 55. Каталог продукции компании Терраэлектроника Электронный ресурс]. URL: https://www.terraelectronica.ru/catalog.php (дата обращения: 30.10.2014).
- 56. Кокорин О.Я. Отечественное оборудование для создания систем отопления и кондиционирования воздуха. М., 2002. 96 с.
- 57. Кузнецов Е.П. Термодинамическое обоснование режимов работы систем обеспечения микроклимата хранилищ биологически активной продукции: дис. ... кандидата технических наук 05.23.03 [Текст] / Кузнецов, Евгений Петрович. Пенза, 2016. 154 с.
- 58. Колошеин, Д.В. Актуальность совершенствования технологий хранения картофеля в Рязанской области [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, С.Н. Кульков // Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии и технические средства для АПК» Россия, Воронеж 15-17 ноября 2016 года
- 59. Колошеин, Д.В. Анализ прогнозирования лежкости сортов картофеля в условиях Шацкого района [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, Н.А. Белов // Сборник Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Агропромышленный Комплекс: Контуры будущего 12- 14 ноября, Курск 2014
- 60. Колошеин, Д.В. Испытание трехгранного воздуховода в картофелехранилище [Текст] / Д.В Колошеин // Сельский механизатор. 2016. № 11.
- 61. Колошеин, Д.В. Классификация современных картофелехранилищ / Д.В Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // Материалы VI международной научнопрактической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт,проблемы и пути их решения» Часть II 5-6 февраля.
- 62. Колошеин, Д.В. Лабораторные исследования процесса хранения картофеля в хозяйстве ООО «Подсосенки» Шацкого района Рязанской области [Текст] / Д.В. Колошеин // Вестник рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева № 1 2016.

- 63. Колошеин, Д.В. Методика расчета систем активной вентиляции на основе проведенного лабораторного эксперимента при высоте насыпи картофеля 6 метров [Электронный ресурс] / Д.В Колошеин, С.Н. Борычев, И.А. Успенский // Современные проблемы науки и образования. − 2015. − № 1-1. Режим доступа: https://science-education.ru/ru/article/view?id=19246
- 64. Колошеин, Д.В. Применение усовершенствованной технологии хранения картофеля при реконструкции картофелехранилищ в условиях Рязанской области [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, А.А Мартынов // Сборник 66- й Международной научно-практической конференции «Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона», посвященной 170-летию со дня рождения профессора П.А. Костычева. Часть II.
- 65. Колошеин, Д.В. Теоретические исследования нахождения оптимальной длины секции воздуховода с учетом нагрузки картофельного вороха [Текст] / Д.В Колошеин // АГРОРУСЬ XXV Международная Агропромышленная выставка Материалы Международного Конгресса, Санкт-Петербург 2016 г/
- 66. Колошеин, Д.В. Условия хранения корнеплодов в Рязанской области (на примере картофеля и морковки) [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции Проблемы и пути инновационного развития АПК, Махачкала 2014 г.
- 67. Колошеин, Д.В. Разработка устройства и обоснование параметров усовершенствованного воздуховода картофелехранилища [Текст] / Д.В. Колошеин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2017. № 3. С. 123-127.
- 68. Хозяйственные испытания и экономический эффект применения усовершенствованного воздуховода картофелехранилища [Текст] / Д.В Колошеин, С.Н. Борычев, Н.В., И.С. Васютин, Н.В. Цыганов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2017. № 3. С. 98-101.

- 69. Колошеин, Д.В. Усовершенствованная энергосберегающая технология хранения картофеля [Текст] / Д.В Колошеин // Материалы Международной научно-практической конференции «Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля» 19 февраля 2015, Рязань.
- 70. Колчин Н.Н., Бышов Н.В., Пономарев А.Г. Машинная уборка картофеля: от швырялки до комбайна // Картофель и овощи. 2015. №6. С. 28 33.
- 71. Колчин Н.Н., Елизаров В.П. Снижение уровня повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 18 21.
- 72. Колчин Н.Н., Бышов Н.В., Борычев С..Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К. Основные тенденции развития высокопроизводительной техники для картофелеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 4. С. 46 51.
- 73. Концепция модульного хранилища фирмы "Толсма" Проспект фирмы "Толсма Техник", Голландия. 7 С.
- 74. Костенко, М.Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис... д-ра технич. наук: 05.20.01 [Текст] / Костенко Михаил Юрьевич. Рязань, 2011. 462 с.
- 75. Курс лекций по дисциплине «Гидравлика» для студентов строительных специальностей очной формы обучения (технология 30/70) [Текст] / Составители А.В. Калинин, И.А. Лушкин; научн. ред. Ю.И. Вдовин. Тольятти: ТГУ, 2007. 99 с.
- 76. Лейбензон, Л.С. Движение жидкостей и газов в пористой среде [Текст] /Л.С. Лейбензон. М., Л.:ОГИЗ. 1947. 244 с.
- 77. Листов П.Н., Калугина Ю.П. Анализ процесса охлаждения в овощехранилище// Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. -1964, №5.-С. 38-40.
- 78. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л.Г. Лойцянский. М., Л.: ГИТТЛ, 1950. 678 с.

- 79. Миролюбов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высшая школа, 1967. 483 с.
- 80. Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение НТП. Гос. ком. СССР по науке и технике. АНСССР. М.: 1988 19 С.
- 81. Митрофанов В.С. Изучение физико-механических свойств картофеля, «Труды ВИСХОМа», 1936. С .14-18.
- 82. Михеев В.Ф. Хранение картофеля в Швеции // Картофель и овощи. -1984.-№4.-С. 11-14.
- 83. Моисеенко А.М. Исследование нестационарных процессов тепловлагообмена в зданиях для хранения сельскохозяйственной продукции: дис...д-ра технич. наук: 05.23.03 [Текст] / Моисеенко Анатолий Михайлович. Орел 2004 г. 336 с.
- 84. Мониторинг современного состояния производства картофеля в России (справочник) / В.С.Чугунов С.В. Жевора, Б.В. Анисимов, О.Н. Шатилова, Л.Б. Ускова, С.И. Логинов. М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2016. 32 с. 85. Мутуев Ч.М. Совершенствование систем общеобменной вентиляции загруженных помещений: дисс. кан.техн.наук: 05.23.03 [Текст] / Мутуев Чамсутин Магомедович. Волгоград, 2009. 126 с.
- 86. Нефелов СВ., Давыдов В.С. Техника автоматического регулирования в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1984. 328 с.
- 87. Опхюз Б. Влияние интенсивности вентиляции на потери веса картофеля в вентилируемых картофелехранилищах. Сельское хозяйство за рубежом, 1958, J& II, с. 114 ... 128.
- 88. ОНТП-6-80. Общесоюзные нормы технологического проектирования зданий и сооружений для хранения и обработки картофеля и овощей. М.: Колос, 1981.-38 С.

- 89. ОНТП-6-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования зданий и сооружений для хранения и обработки картофеля и плодоовощной продукции. М.: Минплодоовощхоз СССР, 1985. С. 25-40.
- 90. Официальный дилер ЗАО «КОЛНАГ». Техника для уборки урожая. [Электронный ресурс]. URL: http://kolnag.ru/tehnika-dlya-uborki-urozhaya (дата обращения: 21.08.2015).
- 91. Патент на полезную модель №158787, RU. Хранилище сельскохозяйственной продукции [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Колошеин Д.В. и др. Опубл. 20.01.2016, Бюл. №2. 3 с.
- 92. Плахов С.А. Обоснование технологического процесса и основных параметров виброротационной сортировки картофеля: дис... канд. технич. наук: 05.20.01 [Текст] / Плахов Сергей Александрович. Калуга, 2014. 144 с.
- 93. Прикладная газовая динамика [Текст] / С.А. Христианович [и др.]; под ред. С.А. Христиановича. М.: ЦАГИ, 1948. 145 с.
- 94. Продукция, производимая и поставляемая ЗАО «Колнаг». М.: ЗАО "Колнаг", 2007. 22 с.
- 95. Полуночев И.М. Изучение физико-механических свойств ботвы и клубней картофеля, «Труды ВИСХОМа», 1951 . С. 17-19.
- 96. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 28 августа 2006г. № 268 «Нормы естественной убыли массы картофеля при хранении навалом». М.: Минсельхоз РФ, 2006. 14 с.
- 97. Производство картофеля: возделывание, уборка, послеуборочная доработка, хранение. Справочник. М.: Росагропромиздат, 1990. 214 с.
- 98. Прямов, С.Б. Усовершенствование технологии выращивания, уборки, хранения и товарной подготовки картофеля в условиях крупнотоварного производства при орошении: дис... канд. технич. наук: 05.20.01, [Текст] / Прямов Сергей Борисович. Москва 2016 г.- 152 с.
- 99. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В. Технологии хранения картофеля. ... М.: Колос, 2007 197 с.

- 100. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В., Прямов С.Б. Хранение картофеля // М.:Агроспас, 2016. 144 с.
- 101. Пшеченков, К. А. Научные основы технологий механизированного возделывания и уборки картофеля. : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Пшеченков Константин Александрович. М., 1991. 85 с.
- 102. Пшеченков К.А., Колчин Н.Н., Мальцев С.А. Технологии и средства механизации для уборки и послеуборочной доработки картофеля // Картофель и овощи . 2012. № 5. С. 8 –10.
- 103. Пшеченков, К. А. Хранение картофеля и реконструкция картофелехранилищ / К. А. Пшеченков, О. Н. Давыденкова // Картофель и овощи. 2005. N 6. C. 5–7.
- 104. Рембалович, Г.К. Повышение эффективности функционирования и надежности сепарирующей горки картофелеуборочных машин: дис... канд. технич. наук: 05.20.01, 05.20.03 [Текст] / Рембалович Георгий Константинович. Саранск, 2005. 209 с.
- 105. Рослов Н.Н. Комплексы для хранения картофеля и овощей. М.: Россельхозиздат, 1985. 207 с.
- 106. Рослов, Н. Н. Хранение, обработка и переработка картофеля и овощей / Н. Н. Рослов. Орёл: Гипронисельпром, 2002. 229 с.
- 107. Расчеты нормы естественной убыли овощей и фруктов. Оптовая торговля овощами. Свежие овощи и фрукты. [Электронный ресурс]. URL: http://zarip-ovosch.ru/raschety_normy_estestvennoy_ubyli_s (дата обращения 19.03.2015).
 - 108. Сокол П.Ф. Хранение картофеля. М.:Сельхозиздат, 1963, -- 256 с.
- 109. Состояние и перспективы развития продовольственной системы России. На примере картофельного комплекса. [Лищенко В.Ф., Анисимов Б.В., Колчин и др.]; общ ред. О.В. Лищенко, И.А. Щеглов, В.В. Лищенко. Москва: Экономика, 2016. 446 с.

- 110. Старовойтов, В. И. Широкорядные технологии и машины для возделывания картофеля / В. И. Старовойтов // Техника и оборудование для села. 2004. № 11. С. 16–20.
- 111. Строительство картофелехранилищ. [Электронный ресурс]. URL: http://clubsounds.com.ru/stroitelstvo-kartofelehranilisch-1. (дата обращения 15.02.2015).
- 112. Табачук В.И. Исследования повреждаемости клубней картофеля при ударе «Записки Ленинградского сельскохозяйственного института» Вып. 7.ч.2 1953. С. 141-144.
- 113. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективное здание как критерий мастерства архитектора и инженера // Журнал ABOK, 2001, №2. С. 6... 11.
- 114. Таурит, В.Р. Формирование микроклимата хранения овощной продукции для плоской и объёмной задач вентиляции: дис... д-ра технич. наук: 05.23.03 [Текст] / Таурит Вольдемар Робертович. Санкт-Петербург, 2005. 312 с.
- 115. Таурит В.Р. Фильтрация воздуха и теплообмен в штабеле контейнеров овощехранилищ при общеобменной вентиляции// Научно-технические проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: Межвузовский сб. научн. трудов. Воронеж, 1998. С. 29-33.
- 116. Таурит, В.Р. Формирование микроклимата хранения овощной продукции для плоской и объёмной задач вентиляции: дис... д-ра технич. наук: 05.23.03 [Текст] / Таурит Вольдемар Робертович. Санкт-Петербург, 2005. 312 с.
- 117. Теплотехнический справочник./ Под ред. Юренева В.Н. М.: Энергия, 1977. 743 с.
- 118. Типы картофелехранилищ. [Электронный ресурс]. URL: http://kartofel.at.ua/publ/kartofel/khranenie/tipy_kartofelekhranilishh/15-1-0-301 дата обращения 18.02.2015).
- 119. Трисвятский, Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов: Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений [Текст] / Л. А. Трисвятский, Б. В. Лесик, В. Н. Курдина. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1991. 415

- 120. Трошин, В.Г. Обеспечение микроклиматических условий хранения картофеля системами активной вентиляции: дис... канд. технич. наук: 05.23.03, [Текст] / Трошин Владимир Геннадьевич. Горький- 1983.-173 С.
- 121. Туболев, С. С. Отечественному картофелеводству нужны современные механизированные технологии и машины / С. С. Туболев // Картофель и овощи. 2006. N 0. -
- 122. Туболев, С. С. Технология производства картофеля. Научные труды / С. С. Туболев, К. А. Пшеченков. М.: ВНИИКХ, 1985. №22. С. 110-121.
- 123. Туболев С. С., Шеломенцев С. И., Пшеченков К. А., Зейрук В. Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля // М.: Агроспас, 2010. С.5-7.
- 124. Тухман А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- массопереноса. М.: Высшая школа, 1974, 328 с.
- 125. Федоренко А.А. Совершенствование картофелехранилищ, оборудованных активной вентиляцией: Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук/ Гипронисельпром. Орел, 1970. 189 С.
- 126. Харитонов, В.П. Адсорбция в кондиционировании нахолодильниках для плодов и овощей (теория применения) / В.П. Харитонов.— М.: Пищевая промышленность, 1978. 192 с.
- 127. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. Л.: Госхимиздат, I96I. 820 с.
- 129. Шапиро Д., Голомисток М. Хранение капусты в траншеях с охлаждаемым дном // Картофель и овощи. 1962. №9. С. 31-32.
- 130. Шевченко, В. А. Технология производства продукции растениеводства : учеб. пособие для вузов / В. А. Шевченко М. : Агроконсалт, 2002. 163 с.
 - 131. Широков, Е.П. Технология хранения и переработки плодов и

- овощей / Е.П. Широков. М.: Колос, 1978. 310 с.
- 132. Широков, Н.Н. Течение вязкой жидкости: Учебно-методическое пособие по курсу Введение в механику сплошных сред [Текст] / Н.Н. Широков, Э.Н. Вознесенский. М.: МФТИ, 2005. 60 с.
- 133. Шпар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель / Под редакцией Д.Шпаара. Мн.: ЧУП «Орех», 2004, 465 с.
- 134. Шпаар, Д. Картофель / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер. М.: ДЛВ Агро-дело, 2007. 458 с.
- 135. Щербаков В.М. Интенсивные технологии в сельском хозяйстве. М: Эдем, 1997. 80с.
- 136. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло- и влассообмена. М.: Госэнергоиздат, 1961. 680 с.
- 137. Эффективность внедрения усовершенствованной энергосберегающей технологии хранения картофеля [Текст] / Д.В Колошеин, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.Ю. и др.// Сельский механизатор. 2016. № 11.
- 138. Booth, R., Principles of potato storage / R. Booth, R. Shaw // Centro International do Lapepa. 1981. Vol 5. P. 1-39.
- 139. Burton W.C. The basic prinsiples of potato storage practiced in Great Britain.- European Potato Journal, 1993, .№4. P. 76-82.
- 140. Businger J.A. Luchtbehaideling van Produkten in gestorte toe staund. Verwarming en Ventilate, 1954, №11 S. 31-35.
- 141. Claycomb R.S., Rabe F.M. Envelope circulation for Potato Storages Transactionist. ASHRAE Journal, 1992, USA, v. 5, №5. P. 33-37.
- 142. Cooper T.S. The Application of Refrigeration to the Bacon Industry. The Journal of Refrigeration, 1967, v. 10, №11
 - 143. Gall (Hrsg.). VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1988, 392 S
- 144. Hunter J.H. A simulation model for potato storage ventilation // ASAE Technical paper №78-4061. 29 p.
- 145. Hylmo B., et al. The heat balance in a potato pile. //Acta Agricultural Scandinavica.V. XXV, №2. , 1975– P. 81...87

- 146. Hylmo B., Johasson A., Wikberg G. Potato storage in sweeden. Research and Praktice. AsaE and CSAF. paptr, 1979, .№49.
- 147. Klapp E. Mathematische Behandung gekoppelter Warme und Stoffauschoorgange. Jngen Arck, 1963, Jsr232.
- 148. Kockritz T. Ausgewahlte Losunger fur Die Rationalisierurg von Aufbereitungs Logan und Vermarkturgsanlagen für Obst, Gemiise und Speisekartoffeln Agrartechnik, 1982. V.32. № 8. P. 32-34
- 149. Kunii D., Smith J.M. Heat transfer characteristics of porous rocks. AIChE Joum., 1960, v. 6, № 1- P. 71-78.
- 150. Knobbe T., Heger Y., Bittner R. Moglichkeiten der Rationalisienung von Luftun gsbetriebes in ALV. Anlagen fur Pflanskartoffeln mit Behalter lagerung. Feldwirtschafl, 1991, Iuli, H. 7 S. 205-215.
- 151. Lentz G.P. Temperature, air movement and moisture loss in frest fruit and vegetables storages. Proceeding of the XI International Congress of Refrigeration, Munich, 1983, v. 2 P. 1169-1178.
- 152. Leppack E. Voranssetrung flir eineverlustarme Kartoffell agerung. Landtechnick,1979, 34, №10 S. 461-466.
- 153. Sparks W.C. Modem storage methods reduce losses. American Vegetable Grower, 1991, V. 19, №10.-P. 32-35.

приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ А

POCCHINATION OF THE REAL PROPERTY OF THE PROPE



(19) RU (11)

158 787⁽¹³⁾ U1

(51) MIIK E04H 508 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

- (21)(22) 3asska: 2015102468/03, 26.01.2015
- (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 26.01.2015

Приоритет(ы):

- (22) Дата подачи заявки: 26.01.2015
- (45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

390044, г. Рязаян, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВПО РГАТУ, отдел патентной и изобретательской работы, Липину В.Д. (72) Автор(ы):

Бышов Николай Владимирович (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU), Липин Владимир Дмитриевич (RU), Колошени Дмитрий Владимирович (RU), Савина Ольга Алексеевна (RU)

Z

5 8

7 8

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязаиский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)

(54) ХРАНИЛИЩЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

(57) Формула полезной модели

Хранилище сельскохозяйственной продукции, включающее фундамент, ограждение в виде арочного бескаркасного утепленного свода, выполненного из панелей, содержащих два слоя металлического гофрированного П-образного профиля с теплоизоляцией между ними, бетонный пол, систему вентиляции, содержащую магистральный канал, и опорную стенку, разделяющую камеру для закладки продукции и магистральный канал, выполненную в виде стоек с горизонтально закрепленными на них металлическими утепленными листами П-образного профиля и с прямоугольными трубами, уложенными в углубления профиля, отличающееся тем, что магистральные каналы выполнены с окнами, в которых установлены регулируемые в вертикальном положении заслонки и воздуховоды, выполненные в виде фронтальной трехгранной призмы, имеющей сечение правильного равностороннего треугольника, боковые поверхности которой изготовлены из расположенных с зазором деревянных брусьев.

8787 U1

-

приложение б

УТВЕРЖДАЮ

Vен. Директор ООО «Подсосенки»

"Сенти КНО Синицин 30» <u>сентября</u> 2014 года СОГЛАСОВАНО
Ректор ФГБОУ ВПО РГАТУ

д.т.н., профессор Н.В. Бышов «30» <u>сентября</u> 2014 года

Справка

о проведении исследований картофеля сорта «Удача» в условиях Рязанской области

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО «Подсосенки» в лице агронома Назина Н.А. и представителей ФГБОУ ВПО РГАТУ в лице профессора, доктора технических наук Борычева С.Н. и аспиранта Колошеина Д.В., составили настоящую справку о том, что в период с 1 сентября 2014г. по 30 сентября 2014г. провели уточнение размерно-массовых характеристик клубней сорта «Удача» и определение механических повреждений клубней перед закладкой на хранение.

Место проведения исследований – хозяйство ООО «Подсосенки» расположенное по адресу: Рязанская область, Шацкий район с. Большое Агишево.

Программа исследований картофеля сорта «Удача» включала в себя три этапа: Первый этап.

1. Исследование размерно-массовых характеристик сорта «Удача» в условиях Рязанской области (с 01.09.14г. по 30.09.14г.).

Второй этап.

2. Определение наличия механических повреждений, в соответствие с ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества».

Третий этап.

3. Обработка результатов исследований и их оценка на сохранность сельскохозяйственной продукции.

Результаты исследований:

- 1. Получены значения о размерно-массовых характеристик, клубней сорта «Удача», в условиях Рязанской области. Средние размерно-массовые характеристики клубней сорта «Удача»:
 - 1. Длина 67,7 мм.
 - 2. Ширина, 53,4 мм
 - 3. Толщина, 41,3 мм
 - 4. Масса 79,1 гр.
- 2. Определены механические повреждения клубней перед закладкой на хранение в картофелехранилище:
 - 1. Трещины, вырывы и порезы мякоти клубней составляет 1,01 %.
 - 2. Обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня равен 3,79%.
 - 3. Обдир кожуры до 1/2 поверхности клубня составляет 4,7%.
- 4. Потемнение мякоти клубней размером и глубиной более 5 мм от ударов равен 6,2%.

Замечания и предложения по дальнейшей работе:

Так как размерно-массовые характеристики и механические повреждения клубней влияют на параметры усовершенствованного воздухо-распределительного канала, то необходимо провести лабораторные исследования по определению рациональных параметров воздуховода.

Научный руководитель д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО РГАТУ

к.т.н., доцент кафедры СИСиМ» Агроном ООО «Подсосенки»

Аспирант ФГБОУ ВПО РГАТУ

7 Борычев С.Н.

Бойко А.И.

Назин Н.А.

Колошеин Д.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ
УТВЕРЖДАЮ
Ген. Лиректор ООО «Подсосенки»
К.Ю Синицин
февраля
2015 года

СОГЛАСОВАНО
Ректор ФГБОУ ВПО РГАТУ
д.т.н., профессор
Н.В. Бышов
«07» февраля 2015 года

Справка

о проведении лабораторных исследований усовершенствованного воздуховода с сечением равностороннего треугольника для хранения картофеля

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО «Подсосенки» в лице агронома Назина Н.А. и представителей ФГБОУ ВПО РГАТУ в лице профессора, доктора технических наук Борычева С.Н. и аспиранта Колошеина Д.В., составили настоящую справку о том, что в период с 01.02.15 г. по 7.02.15 г. провели лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода картофелехранилища (заявка на полезную модель № 2015102468).

Место проведения исследований – хозяйство ООО «Подсосенки» расположенное по адресу: Рязанская область, Шацкий район с. Большое Агишево.

С целью разработки и обоснования параметров воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы (заявка на полезную модель № 2015102468) и их влияния на сохранность картофеля был выполнен полнофакторный эксперимент по плану 2^3 по усовершенствованному воздуховоду (таблица 1).

Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании усовершенствованного воздуховода

		ИЯ	Основной уровень		Интервал		хний	Нижний уровень	
		на			варьирования	ypo	вень		
№	Факторы	Единицы измерения	Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	2	3 4 5		6	7	8	9	10	
1	x_1	<i>x</i> ₁ градус 3 0		1	4	+1	2	-1	
2	x_2	%	90	0	2	92	+1	88	-1
3	<i>X</i> ₃	M ²	м ² 0,4 0		0,11	0,51	+1	0,29	-1

Программа лабораторных исследований по хранению картофеля с использованием воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы (заявка на полезную модель № 2015102468) включала два этапа:

1. Проведение полнофакторного эксперимента на установке по хранению картофеля, включающей в себя: воздуховод, выполненный с сечением равностороннего

треугольника, осевые вентиляторы ASP-1000 - 7,5 кВт, противоконденсационные вентиляторы с ТЭНомVRE-560ST Двигатель, кВт $3\phi/380~0,37$ кВт и дополнительно 2 кВт Тэн, противоконденсационные вентиляторы VRE-560ST Двигатель, кВт $3\phi/380~0,37$ кВт, вентиляционные заслонки, окна, установленные в магистральном воздухораспределительном канале.

- 2. Обработка результатов исследований, их сравнение с теоретическими данными. Второй этап.
- 3. Сравнение серийного и усовершенствованного воздуховода с целью оценки пропуска вентилируемого воздуха в насыпь сельскохозяйственной продукции и энергопотребления систем вентиляции картофелехранилища.

Результаты исследований:

- 1. Лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода показали, что данный вентиляционный канал обеспечивает необходимый пропуск воздушной смеси в картофельную насыпь, что способствует поддержанию микроклимата в насыпи в соответствие с необходимыми требованиями ГОСТ 28372-93 «Картофель свежий продовольственный. Руководство по хранению»
- 2. Установлено, что сохранность сорта «Удача» хранимого в секции «С» с применением воздуховода с сечением $0,51\,\mathrm{M}^2$ по окончании лабораторных исследований оказалась выше на $1,52\,\%$, чем в соответственных условиях с применением воздуховода с сечением $0,29\,\mathrm{M}^2$ в секции «Д». Однако, потребление электроэнергии системами вентиляции в секции «С» было выше на $4\,\%$ по сравнению с секцией «Д».
- 3. Результаты лабораторных исследований усовершенствованного воздуховода подтвердили, правильность теоретических выводов о необходимом сечении воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы и позволили его уточнить до значения 0,4 м² (заявка на полезную модель № 2015102468).

Теоретические исследования определения сечения усовершенствованного воздуховода равно 0,42 м², расхождение составляет 4,7%.

Замечания и предложения по дальнейшей работе:

1. В целом, лабораторные исследования подтвердили эффективность применения усовершенствованного воздуховода (заявка на полезную модель № 2015102468).

2. Для дальнейшего продолжения исследования необходимо провести хозяйственные испытания воздухо-распределительного канала с сечением равностороннего треугольника равным $0.4~{\rm M}^2$.

Научный руководитель д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО РГАТУ

к.т.н., доцент кафедры СИСиМ» Агроном ООО «Подсосенки» Аспирант ФГБОУ ВПО РГАТУ Борычев С.Н.

Бойко А.И.

Назин Н.А.

Колошеин Д.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Матрица планирования и результаты полнофакторного эксперимента $\Pi\Phi \ni 2^3$, проведенного усовершенствованно технологии хранения картофеля, с воздуховодом в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением в виде равностороннего треугольника. Сохранность за февраль (%)

№	Факторы и их взаимодействия							сохранность за февраль %					
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	y_{j1}	y_{j2}	y _{j3}	Уj	σ_{j}^{2}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	+	+	+	+	+	+	+	0,23	0,24	0,35	0,3	0,004	
2	-	+	+	-	-	+	-	0,69	0,73	0,79	0,7	0,008	
3	-	-	+	+	-	-	+	0,94	0,96	0,83	1	0,009	
4	-	-	-	+	+	+	-	0,74	0,83	0,95	0,8	0,011	
5	+	-	+	-	+	-	-	0,91	0,99	1,01	1	0,013	
6	+	+	-	+	-	-	-	0,51	0,72	0,77	0,7	0,009	
7	+	-	-	-	ı	+	+	1,01	1,02	1,04	1	0,015	
8	-	+	_	-	+	-	+	1,0	1,03	1,04	1	0,004	

Матрица планирования и результаты полнофакторного эксперимента ПФЭ 2^3 , проведенного на усовершенствованной технологии хранения картофеля, с воздуховодом в виде фронтальной трехгранной призмы с сечением в виде равностороннего треугольника. Расход потребления электроэнергии картофелехранилищем за февраль месяц (кВт)

№		Ф	Ракторы	и их вза	имодейс	ТВИЯ		Расход электроэнергии МВт					
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	y_{j1}	y_{j2}	У j3	Уj	σ^2_{j}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	+	+	+	+	+	+	+	1,85	1,87	1,89	1,9	0	
2	-	+	+	_	-	+	-	1,72	1,75	1,78	1,8	0,001	
3	-	-	+	+	-	-	+	1,73	1,75	1,79	1,8	0,001	
4	-	-	-	+	+	+	-	1,59	1,61	1,66	1,6	0,001	
5	+	-	+	_	+	-	-	1,53	1,55	1,59	1,6	0,001	
6	+	+	-	+	-	-	-	1,52	1,55	1,58	1,6	0,001	
7	+	-	_	_	-	+	+	1,54	1,55	1,59	1,6	0,001	
8	-	+	_	-	+	-	+	1,67	1,69	1,72	1,7	0,001	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

УТВЕРЖДАЮ
Управляющий ООО «Подсосенки»
В В Веретенников
февраля
2016 года



о проведении хозяйственных испытаний усовершенствованного воздухо-распределительного канала с сечением равностороннего треугольника для хранения картофеля

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО «Подсосенки» в лице агронома Назина Н.А. и представителей ФГБОУ ВО РГАТУ в лице профессора, доктора технических наук Борычева С.Н. и аспиранта Колошеина Д.В., составили настоящий акт о том, что в период с 29 сентября 2015г. по 26 февраля 2016г. провели хозяйственные испытания в двух секциях картофелехранилища хозяйства ООО «Подсосенки».

Место проведения, условия проведения испытаний:

1. Хозяйство ООО «Подсосенки» расположено по адресу: Рязанская область, Шацкий район с. Большое Агишево, индекс 391561. Виды деятельности хозяйства (по кодам ОКВЭД): сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях, предоставление услуг в области растениеводства.

Размеры секций для проведения хозяйственных испытаний:

1. Секция «А» имеет размер 10,96×18 м, объем заложенного картофеля сорта «Удача» 424,9 тонн, средняя высота картофельной насыпи 4 метра. Количество воздуховодов в секции «А» равно 5 штук. Конструкция усовершенствованного воздуховода с сечением равностороннего треугольника (патент на полезную модель №158787).

Параметры усовершенствованного воздуховода:

- сечение воздуховода 0,4 м², зазор между брусками воздуховода равен 20 мм, при толщине и ширине бруска 40 мм, длина одной секции воздуховода 1000 мм.
- 2. Секция «В» имеет размер $10,96\times18$ м, объем заложенного картофеля в секцию «В» сорта «Удача» 425,1 тонн, средняя высота картофельной насыпи 4 метра. Количество воздуховодов в секции равно 5 штук.

Параметры металлического арочного воздуховода:

- сечение воздуховода $0,55~{\rm M}^2,$ ширина $1190~{\rm mm},$ высота $630~{\rm mm},$ длина секции воздуховода $1000~{\rm mm}.$

Хозяйственные испытания проводились с целью определения сохранности картофеля и энергопотребления систем вентиляции картофелехранилища.

Результаты испытаний:

1. Определено, что в период хранения с 29.09.15г. по 26.02.16г. потери картофеля сорта «Удача» с применением усовершенствованного и серийного воздуховода в сравнении с секцией «А» и «В» за 5 месяцев хранения сельскохозяйственной продукции снизилось в 1,22 раза (таблица 1).

2. Энергопотребление систем вентиляции в период хранения с 29.09.15г. по 26.02.16г. в сравнении с секцией «А» и «В» снизилось на 10,3 % (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты хозяйственных испытаний двух воздуховодов картофелехранилища в период 2015-2016 гг.

№ п/п	Наимен показа			Потребление электроэнер гии по секциям за 5 месяцев хранения, кВт/ч				
			Всего 4		В том числ			
		-		убыль массы	техничес.	абсолют гниль 7		
1	2	3		5	6		8	
2	Хозяйственные испытания	Серийный воздуховод	8,2	5,72	1,75	0,73	30453	
	с 29.09.15г. по 26.02.16г.	Усовершенст. воздуховод	6,7	4,6	1,46	0,64	28347	

Замечания и предложения по дальнейшей работе по внедрению: результаты хозяйственных испытаний усовершенствованного воздуховода (патент на полезную модель №158787) картофелехранилища подтвердили теоретические и лабораторные исследования сохранности картофеля и энергопотребления систем вентиляции хранилища.

Научный руководитель д.т.н., профессор ФГБОУ ВО РГАТУ

Агроном ООО «Подсосенки» Аспирант ФГБОУ ВО РГАТУ Борычев С.Н. Назин Н.А.

Окасца Колошенн Д.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

УТВЕРЖДАЮ Управляющий ООО «Подсосенки» В.В. Веретенников февраля 2017 года Ректор огбоу во ргату

1. профессор

1. профессор

2017 года

АКТ

о проведении хозяйственных испытаний усовершенствованного воздухо-распределительного канала с сечением равностороннего треугольника для хранения картофеля

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО «Подсосенки» в лице агронома Назина Н.А. и представителей ФГБОУ ВО РГАТУ в лице профессора, доктора технических наук Борычева С.Н. и аспиранта Колошеина Д.В., составили настоящий акт о том, что в период с 30 сентября 2016г. по 27 февраля 2017г. провели хозяйственные испытания в двух секциях картофелехранилища хозяйства ООО «Подсосенки».

Место проведения, условия проведения испытаний:

1. Хозяйство ООО «Подсосенки» расположено по адресу: Рязанская область, Шацкий район с. Большое Агишево, индекс 391561. Виды деятельности хозяйства (по кодам ОКВЭД): сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях, предоставление услуг в области растениеводства.

Размеры секций для проведения хозяйственных испытаний:

1. Секция «А» имеет размер 10,96×18 м, объем заложенного картофеля сорта «Удача» 439,3 тонн, средняя высота картофельной насыпи 4 метра. Количество воздуховодов в секции «А» равно 5 штук. Конструкция усовершенствованного воздуховода с сечением равностороннего треугольника (патент на полезную модель №158787).

Параметры усовершенствованного воздуховода:

- сечение воздуховода 0,4 м², зазор между брусками воздуховода равен 20 мм, при толщине и ширине бруска 40 мм, длина секции воздуховода 1000 мм.
- 2. Секция «В» имеет размер 10,96×18 м, объем заложенного картофеля в секцию «В» сорта «Удача» 439,7 тонн, средняя высота картофельной насыпи 4 метра. Количество воздуховодов в секции равно 5 штук.

Параметры металлического арочного воздуховода:

- сечение воздуховода $0,55\,$ М 2 ,ширина $1190\,$ мм, высота $630\,$ мм, длина секции воздуховода $1000\,$ мм.

Хозяйственные испытания проводились с целью определения сохранности картофеля и энергопотребления систем вентиляции картофелехранилища.

Результаты испытаний:

1. Определено, что в период хранения с 30.09.16г. по 27.02.17г. потери картофеля сорта «Удача» с применением усовершенствованного и серийного воздуховода в сравнении с секцией «А» и «В» за 5 месяцев хранения сельскохозяйственной продукции снизилось в 1,23 раза (таблица 1).

2. Энергопотребление систем вентиляции в период хранения с 30.09.16г. по 27.02.17г. в сравнении с секцией «А» и «В» снизилось на 10,39 % (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты хозяйственных испытаний двух воздуховодов картофелехранилища в период 2016-2017 гг.

№ п/п	Наимен показа			Потребление электроэнер гии по секциям за 5 месяцев хранения, кВт/ч			
					В том числ		
			Bcero	убыль массы	техничес. отход	абсолют гниль	
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Хозяйственные испытания с 30.09.16г. по	Серийный воздуховод	8,05	5,89	1,55	0,61	30365
	27.02.17r.	Усовершенст. воздуховод	6,5	4,63	1,39	0,48	28251

Замечания и предложения по внедрению: признать усовершенствованный воздухораспределительный канал с сечением равностороннего треугольника (патент на полезную модель №158787) целесообразным и экономически эффективным.

Научный руководитель д.т.н., профессор ФГБОУ ВО РГАТУ Агроном ООО «Подсосенки» Аспирант ФГБОУ ВО РГАТУ

Many To wanter

Борычев С.Н. Назин Н.А. Колошеин Д.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж





AKT

о передаче материалов диссертационной работы на тему «Снижение потерь картофеля и энергопотребления системы вентиляции картофелехранилища совершенствованием воздуховода» аспиранта Рязанского ГАТУ Колошенна Д.В. Научный руководитель д.т.н., профессор Борычев С.Н.

Материалы диссертационной работы аспиранта Колошеина Д.В. актуальны, отличаются высоким научно-техническим уровнем, новизной и практической ценностью, в том числе параметрами: сечение воздуховода 0,4 м², зазор между брусками воздуховода равен 20 мм, при толщине и ширине бруска 40 мм, длина пролета секции воздуховода 1000 мм.

Усовершенствованные воздуховоды с сечением равностороннего треугольника (патент на полезную модель №158787), использовались при закладке картофеля объемом 12 тонн в хранилище ИП «Зограбян Е.Р.» в период с 31.09.16 по 15.03.17.

Исполнители:

Борычев С.Н.

Колошенн Д.В. Дво шечу