

На правах рукописи

*Д. Колошевич*

**КОЛОШЕИЧ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**

**СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ КАРТОФЕЛЯ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ  
СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ВОЗДУХОВОДА**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Рязань – 2017

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

**Научный руководитель:** **Борычев Сергей Николаевич,**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Пшеченков Константин Александрович,**  
доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха», заведующий группой хранения и переработки картофеля  
**Ильинский Александр Семенович,** доктор технических наук, профессор, Федеральный научный центр имени Н.В. Мичурина, зав. лабораторией технических средств для хранения фруктов

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита состоится «19» декабря 2017 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационных советов

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени П.А. Костычева», на сайте ФГБОУ ВО РГАТУ: <http://www.rgatu.ru> и сайте Минобрнауки РФ <http://vak3.ed.gov.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент



Шемякин А.В.

## **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, А.С. Ильинский, И.М. Квашнин, Н.Н. Колчин, А.Н. Машенков, Л.В. Метлицкий, К.А. Пшеченков, 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. АААА-А16-116060910025-5).

**Цель исследований** - повышение сохранности картофеля при снижении энергопотребления системы вентиляции картофелехранилищ.

**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.

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

**Методы исследования** - основой диссертационного исследования является обобщение известных научных теоретических результатов теплообмена,

термодинамики и аэродинамики. Обоснование 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 определялось 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, согласуются, с опубликованными в независимых источниках по тематике исследования. Материалы диссертационного исследования прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

#### **Реализация результатов исследований.**

Усовершенствованная конструкция воздуховода внедрена и прошла опытно-производственную проверку во время хранения картофеля 2015-2017 гг. в хозяйстве ООО «Подсосенки» Рязанской области. (Общий объем хранимой продукции с применением усовершенствованного воздуховода составил свыше 860 тонн, за 2015-2017 гг.).

**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.

#### **Апробация работы.**

Результаты диссертационного исследования обсуждены на научно-практических 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. Общий объем публикаций составил 2,4375 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,82 п.л.

**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.

### **Краткое содержание работы**

*Во введении* обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований. Отражены основные положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* «Обзор литературных источников по теме исследований» дан анализ технологий и способов хранения картофеля в РФ. На основании проведенного обзора сформулированы задачи исследования.

### **Задачи исследования:**

1. Выявить перспективное научно-техническое решение в соответствующей области знаний.

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.

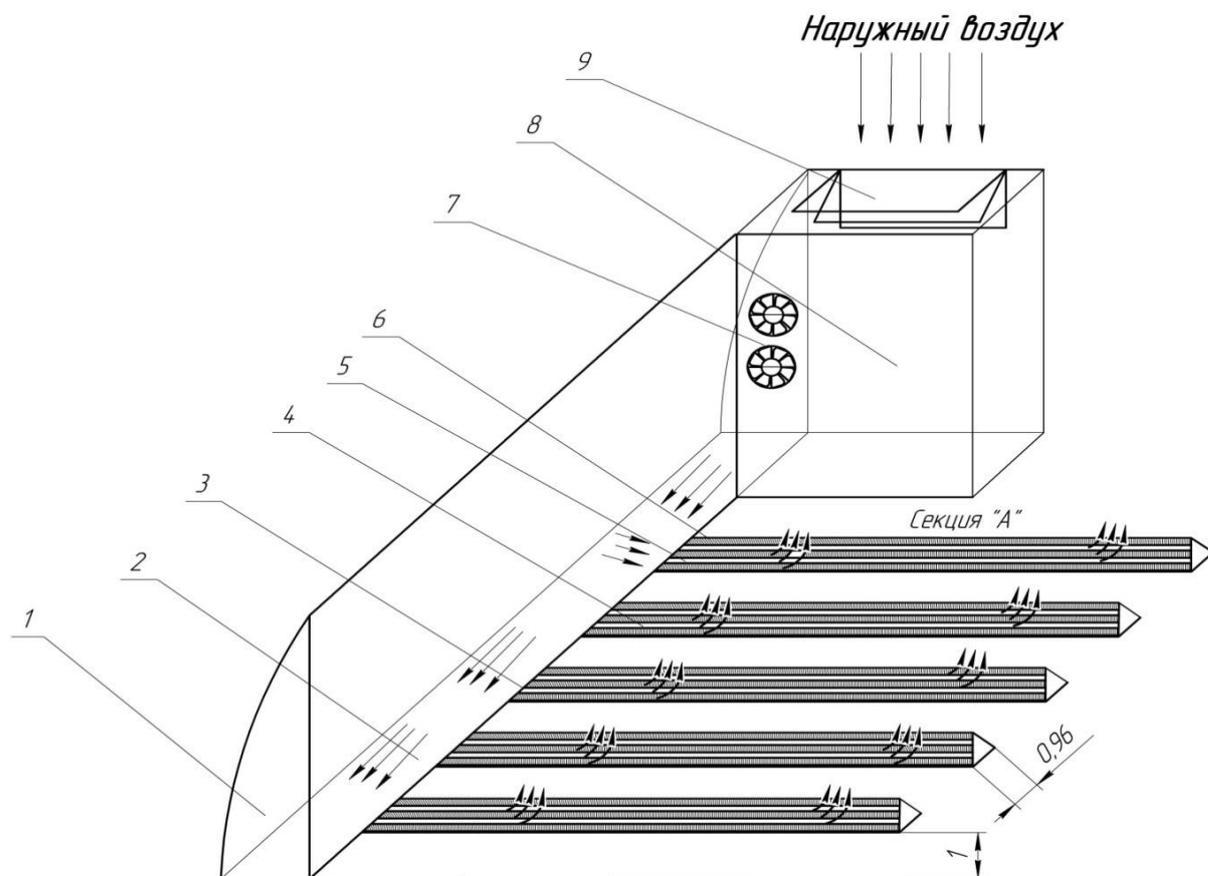
4. Теоретически обосновать конструкцию усовершенствованного воздуховода картофелехранилища.

5. Экспериментально определить рациональные параметры экспериментального воздуховода картофелехранилища, провести хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода.

6. Определить экономический эффект от применения воздуховода.

*Во второй главе* «Теоретические исследования определения параметров усовершенствованного воздуховода хранилища» рассмотрен вопрос прохождения

вентилируемого воздуха через картофельную насыпь с учетом рациональных параметров усовершенствованного воздуховода (патент на полезную модель №158787).



1 – стенки арочного бескаркасного хранилища, 2 – магистральный воздухо-распределительный 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 с нагнетательными вентиляторами, впускными и рециркуляционными клапанами, 9 – впускной клапан, стрелки – направление движения воздуха

Рисунок 1 – Общий вид секции картофелехранилища с усовершенствованными воздуховодами (патент на полезную модель №158787)

При работе системы вентиляции (рис.1) воздух, проходя через впускной клапан 9, попадает в смесительную камеру 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).

Коэффициент скважности картофельной насыпи показывает возможность проводить активное вентилирование картофеля и хранить клубни россыпью (навалом).

При этом на скважность влияет форма и размер клубней картофеля. Принимаем допущения: вентилируемый воздух обдувает все слои картофельной насыпи по высоте равномерно, при равном давлении по длине воздухопровода; при расчете работы вентиляции используются структурные параметры, которые характерны для среднестатистических картофельных насыпей.

Повышению производительности обдува картофельной насыпи служит конструкция воздухопровода, при этом скорость в межклубневом пространстве не должна превышать 0,5 м/с.

С учетом местных потерь 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 потерь давления:

$$(\Delta p) = (\Delta p)_{\text{вх.}} + (\Delta p)_{\text{вых.}} + (\Delta p)_{\text{тр.}} + (\Delta p)_{\text{яч.}} \cdot \frac{H}{d_3}, \quad (1)$$

где  $(\Delta p)_{\text{вх.}}$  - потери давления на входе в насыпь;  $(\Delta p)_{\text{вых.}}$  - потери давления на выходе из насыпи;  $(\Delta p)_{\text{тр.}}$  - потери давления на трение в цилиндрических капиллярах;  $(\Delta p)_{\text{яч.}}$  - потери давления на ячейку усложненного капилляра;  $(\Delta p)$  - общие потери давления на вентиляционную систему в целом;  $H/d_3$  - коэффициент, учитывающий количество последовательных ячеек в капилляре картофельной насыпи.

Площадь сечения воздухопровода должна удовлетворять условию:

$$S_k \geq 0,12 \cdot S_{\text{ж}}, \quad (2)$$

где  $S_k$  – площадь поперечного сечения напольного канала, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{ж}}$  - площадь живого сечения воздухоподающих планок, м<sup>2</sup>.

Выполним условие (2) и найдем расстояние между осями соседних напольных воздухо-распределительных каналов:

$$b \geq 8571 \frac{N \cdot (273+t) \cdot B \cdot k_1 \cdot \gamma}{R \cdot Q^{n_{0,35}} \cdot P_{\text{бар}} \cdot \vartheta \cdot m \cdot ((\Delta p)_{\text{вх.}} + (\Delta p)_{\text{вых.}} + (\Delta p)_{\text{тр.}} + (\Delta p)_{\text{яч.}} \cdot \frac{H}{d_3}}, \quad (3)$$

где  $N$  – мощность вентилятора, кВт;  $t$  – температура вентилируемого воздуха, °С;  $B$  – размер насыпи картофеля перпендикулярный размеру ее в плане вдоль канала, м;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий закрытие живого сечения решета с картофелем,  $k_1 = 0,5$  (картофель);  $\gamma$  – интенсивность распределения картофельной насыпи по длине воздуховода картофелехранилища, Н/м;  $R$  – сопротивление насыпного слоя,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^4}$ ;  $Q$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – коэффициент, зависящий от режима движения воздуха, при ламинарном движении равен 1;  $P_{\text{бар}}$  – барометрическое давление, Па;  $\vartheta$  – удельный расход воздуха, м<sup>3</sup>/(т · ч);  $m$  – масса картофеля, кг; 8571 переводной коэффициент в системе СИ.

При расчете сечения усовершенствованного воздуховода учитывалось сечение магистрального канала и расстояние между осями соседних напольных каналов картофелехранилища:

$$S_{\text{воз.}} = \frac{Q_{\text{общий}} \cdot 8571 \cdot N \cdot (273+t) \cdot B \cdot k_1 \cdot \gamma}{w_{\text{магист.кан.}} \cdot R \cdot Q^{n_{0,35}} \cdot P_{\text{бар}} \cdot \vartheta \cdot m \cdot L \cdot ((\Delta p)_{\text{вх.}} + (\Delta p)_{\text{вых.}} + (\Delta p)_{\text{тр.}} + (\Delta p)_{\text{яч.}} \cdot \frac{H}{d_3}}, \quad (4)$$

где  $L$  – длина секции хранилища, м;  $Q_{\text{общий}}$  – общий расход вентилируемого воздуха в магистральном канале, м<sup>3</sup>/с;  $w_{\text{магист.кан.}}$  – скорость вентилируемого воздуха в магистральном канале, м/с.

По выражению (4) получена аналитическая зависимость сечения воздуховода от средней в период хранения температуры и высоты насыпи картофеля с использованием программы «MathCad 14.0». Исходя из прочностного расчета с использованием программы «MathCad 14.0» определен зазор между деревянными брусками, равный 20 мм. Были найдены размеры деревянного бруска шириной и толщиной 40 мм.

Анализ аналитической зависимости показал, что необходимое сечение экспериментального воздуховода составляет 0,42 м<sup>2</sup> при высоте насыпи картофеля 4 м и температуре насыпного слоя равной 3°С (средняя в период хранения). Исследования затрагивали основной период хранения, когда допустимый диапазон температуры насыпи картофеля варьируется в пределах от

2 до 4 °С. Для других периодов хранения характерны совершенно иные температурно-влажностные показатели насыпного слоя клубней при одинаковом сечении напольного вентиляционного канала.

При этом должны выполняться основные задачи системы вентиляции в этот период, а именно ликвидация градиента температуры по высоте в насыпи картофеля.

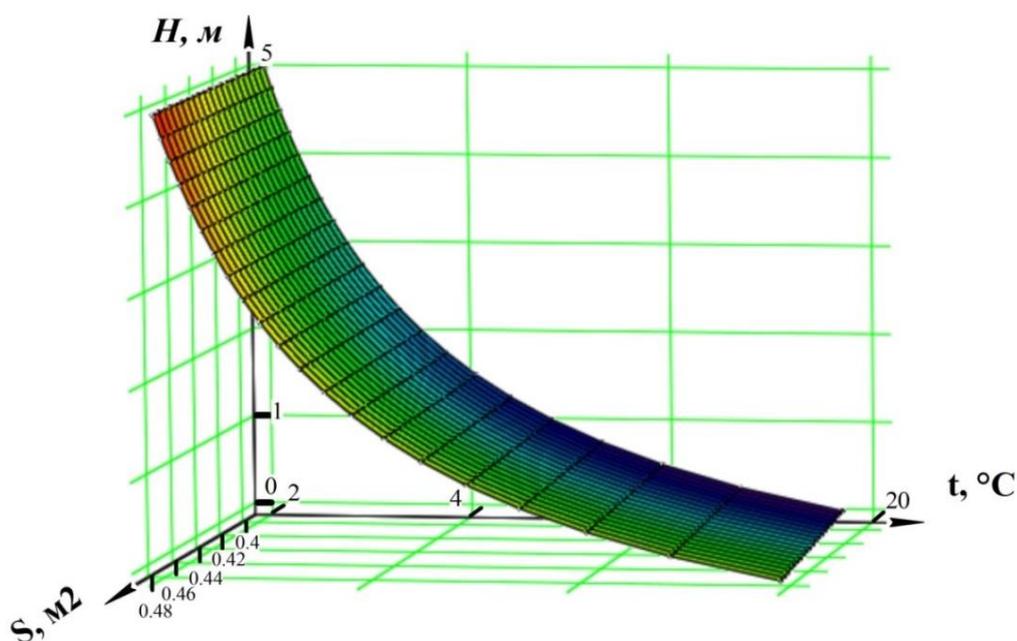


Рисунок 3 – Аналитическая зависимость сечения усовершенствованного воздуховода от средней температуры в период хранения и высоты насыпи картофеля

**В третьей главе** «Лабораторные исследования усовершенствованного воздуховода картофелехранилища» приведены методики лабораторных исследований. Представлена лабораторная установка с конструкцией воздуховода в виде фронтальной трехгранной призмы. Лабораторные исследования по определению рационального сечения воздуховода проводились с использованием теории планирования эксперимента по плану  $2^3$  в программе «MathCad 14.0».

Полевые исследования позволили уточнить размерно-массовые характеристики сорта «Удача» в условиях Рязанской области, и определить механические повреждения (5,6,7,8), получаемые при закладке клубней на

хранение. Результаты механических повреждений клубней обрабатывались с помощью программы «STATISTICA v6.0». При закладке на хранение использовалась прямоточная технология.

Обдир кожуры до  $\frac{1}{2}$  поверхности клубня:

$$U_{\text{об.кож.до}1/2} = 4,088 + 0,6804 \cdot \log_{10}(x), \quad (5)$$

Обдир кожуры более  $\frac{1}{2}$  поверхности клубня:

$$U_{\text{об.кож.бол.}1/2} = 3,5244 + 0,292 \cdot \log_{10}(x), \quad (6)$$

Трещины, вырывы и порезы мякоти клубней:

$$U_{\text{трещ.,выр.}} = 0,3838 + 0,6164 \cdot \log_{10}(x), \quad (7)$$

Потемнение мякоти клубней размером и глубиной более 5 мм от ударов:

$$U_{\text{потем.мяк.}} = 5,6175 + 0,7456 \cdot \log_{10}(x), \quad (8)$$

где  $x$  – дата проведения исследований (с 01.09.14 г. по 30.09.14 г.)

В результате уточнения размерно-массовые характеристик были подтверждены теоретические исследования по определению зазора между деревянными брусками воздуховода.

С целью разработки и обоснования параметров усовершенствованного воздуховода (патент на полезную модель №158787) и их влияния на сохранность клубней был выполнен полнофакторный эксперимент по плану  $2^3$  по усовершенствованному воздуховоду.

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  $10,96 \times 18$  м при средней высоте насыпи картофеля 1,5 м. Объем хранимого картофеля сорта «Удача» составлял 156,1 т. в каждой секции.

Нами были получены уравнения регрессии (9, 10) для хранения картофеля в период проведения лабораторных исследований, которые в последующем обрабатывались с использованием программы «MathCad 14.0»:

- сохранность картофеля:

$$y_1 = 0,993 - 0,025x_1 - 0,141x_2 - 0,128x_3 - 0,093x_2x_3 + 0,091x_1x_2x_3 \quad (9)$$

- потребление электроэнергии системами вентиляции картофелехранилища:

$$y_2 = 1,67 - 0,035x_1 + 0,046x_2 + 0,064x_3 + 0,03x_2x_3 + 0,05x_1x_2x_3 \quad (10)$$

где  $x_1$  – температура картофельной насыпи, °С;  $x_2$  – влажность картофельной насыпи, %;  $x_3$  – сечение воздуховода картофелехранилища, м<sup>2</sup>.

Температура и влажность картофельной насыпи снимались при помощи установленных в секции датчиков. Показания датчиков выводились на панель приборов.

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 м<sup>2</sup>.

**В четвертой главе** «Хозяйственные испытания усовершенствованного воздуховода» представлена программа, хозяйственных испытаний, которая включает в себя два этапа.

Первый этап. 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. Обработка результатов испытаний.

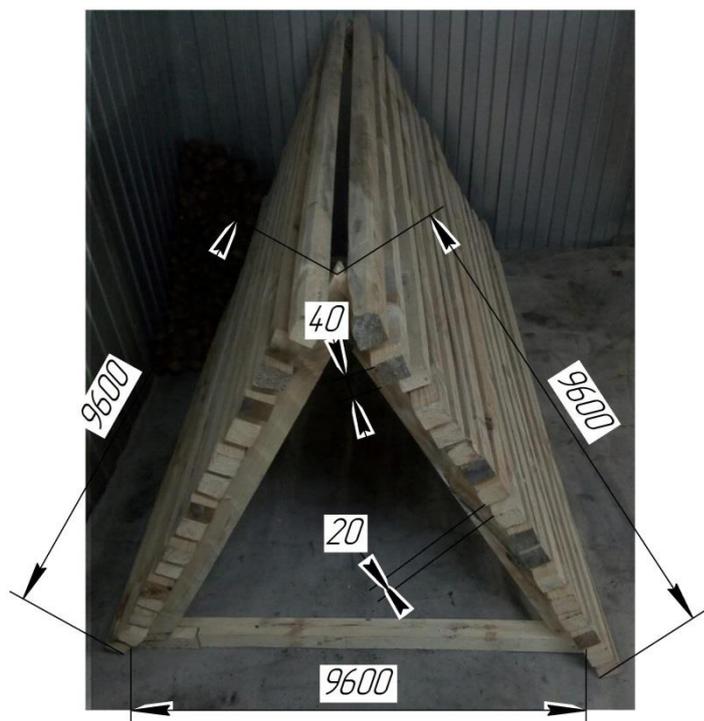
При проведении испытаний определялись:

- потери сорта картофеля «Удача» во время хранения;
- потребление электроэнергии системы вентиляции картофелехранилища в период хранения за два указанных временных промежутка.

Требуемые температурно-влажностные режимы хранения картофеля сорта «Удача» по периодам обеспечивались автоматически, но с разной конструкцией воздуховода в насыпи картофеля и разным временем работы систем вентиляции картофелехранилища.

В ходе проведения хозяйственных испытаний в секциях «А» и «В» картофелехранилища в трех зонах в центре, на расстоянии 3 м от тыльной стены и

от ворот в насыпи картофеля на глубину 0,6 м от верха закладывали контрольные сетки в пятикратной повторности в каждой зоне, отступив от боковых стен на 1 м. 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 (таблица 1). Потребление электроэнергии системы вентиляции по секциям хранилища подсчитывалось и анализировалось каждый месяц во время проведения исследований.

Рисунок 4 – Усовершенствованный воздуховод  
(патент на полезную модель №158787)

Таблица 1 - Результаты хозяйственных испытаний серийного и усовершенствованного воздуховода картофелехранилища в период 2015-2016 гг., 2016-2017 гг.

№ п/п	Наименование показателей		Потери картофеля за 5 месяцев хранения, %				Потребление электроэнергии по секциям за 5 месяцев хранения, кВт·ч
			Всего	В том числе			
				убыль массы	техничес. отход	абсолют .гниль	
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Хозяйственные испытания с 29.09.15г. по 26.02.16г.	Серийный воздуховод	8,2	5,72	1,75	0,73	30453
		Усовершенст. воздуховод	6,7	4,6	1,46	0,64	28347

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Хозяйственные испытания с 30.09.16г. по 27.02.17г.	Серийный воздуховод	8,05	5,89	1,55	0,61	30365
		Усовершенст. воздуховод	6,5	4,63	1,39	0,48	28251

В пятой главе «Расчет экономического эффекта применения усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля» изложена методика определения экономического эффекта от внедрения усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля. Экономический эффект от внедрения усовершенствованного воздуховода находился от суммы сокращения потерь хранимого картофеля и от снижения расходов на электроэнергию системой вентиляции картофелехранилища.

Определено, что экономический эффект от внедрения усовершенствованного воздуховода при хранении картофеля 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 навалый 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 м<sup>2</sup> (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. 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 гг. Результаты лабораторных исследований и хозяйственных испытаний приняты и используются при хранении картофеля в хозяйстве ООО «Подсосенки» Рязанской области, Шацкого района. Общий объем картофеля, заложенного на хранение за 2015-2017 гг. с использованием 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 насыпь картофеля, что дает снижение энергопотребления за счет меньшего времени работы вентиляционного оборудования.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы:**

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении совершенствования параметров воздуховода картофелехранилища, с целью определения оптимального давления по длине воздуховода за счет изменяющегося сечения вентиляционного канала. В настоящее время предложена полезная модель МПК E04H5/08 «Хранилище сельскохозяйственной продукции» с конструкцией воздуховода в виде усеченной треугольной пирамиды.

### **Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах**

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. 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>

2. 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. – 2016. – № 1. – С. 71-74.

3. 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. – С.16-18.

4. Колошеин, Д.В. Испытание трехгранного воздуховода в картофелехранилище [Текст] / Д.В Колошеин // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 10-12.

5. 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.

6. 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.

*Статьи в материалах конференций и других изданиях*

7. Колошеин, Д.В. Условия хранения корнеплодов в Рязанской области (на примере картофеля и морковки) [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // Проблемы и пути инновационного развития АПК: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Махачкала 2014 – С. 101-105.

8. Колошеин, Д.В. Классификация современных картофелехранилищ [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, О.А. Савина // «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения»: Материалы VI международной научно-практической конференции, Ульяновск 2015. – С. 171-174.

9. Колошеин, Д.В. Усовершенствованная энергосберегающая технология хранения картофеля [Текст] / Д.В. Колошеин // «Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля»: Материалы Международной научно-практической конференции, Рязань 2015. – С.127-130.

10. 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 // «Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона», посвященной 170-летию со дня рождения профессора П.А. Костычева: Сборник 66-й Международной научно-практической конференции, Рязань 2015 – С.60-63.

11. Картофелеводство в Российской Федерации / [Текст] / Д.В. Колошеин Д.В., С.Н. Борычев, Р.А. Чесноков Р.А. [Текст] // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. № 1. С. 7-10.

12. Колошеин, Д.В. Технология уборки картофеля в Рязанской области [Текст] / Д.В Колошеин, Р.А. Чесноков, И.С. Васютин // «Инструменты эффективного развития современной науки. Молодежные чтения» Сборник материалов Международной студенческой научно-практической конференции, г. Кемерово 2016 – С.132-136.

13. 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 – С. 144-145.

14. Колошеин, Д.В. Актуальность совершенствования технологий хранения картофеля в Рязанской области [Текст] / Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев, С.Н. Кульков // Инновационные технологии и технические средства для АПК» Россия: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «, Воронеж 2016 – С.158-161.

#### Патенты

Патент на полезную модель №158787, РФ. МПК E04H5/08 Хранилище сельскохозяйственной продукции [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Колошеин и др. - Оpubл. 20.01.2016, Бюл. №2. – 3 с.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная*

*Усл. печ. л.1 Тираж 100 экз. Заказ № 1357*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет*

*имени П. А. Костычева»*

*390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1*

*Отпечатано в издательстве учебной литературы и*

*учебно-методических пособий*

*ФГБОУ ВПО РГАТУ*

*390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1*