

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМ АКТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ВЫСОТЕ НАСЫПИ КАРТОФЕЛЯ 6 МЕТРОВ

Колошеин Д.В.<sup>1</sup>, Борычев С.Н.<sup>1</sup>, Успенский И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева Минсельхоз России», Рязань, Россия (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: university@rgatu.ru

Проведен лабораторный эксперимент: расчет систем активной вентиляции при высоте насыпи картофеля 6 метров, с последующим составлением методики расчета. Учитывались следующие основные характеристики сортов картофеля Ред Скарлетт и Удача: форма клубней, цвет кожуры, цвет мякоти, лежкость, крахмалистость, масса товарного клубня, устойчивость к болезням. Эксперимент проводился по разработанной полезной модели № заявки 2015102468, согласно которой в магистральном канале проектируются окна, в которых устанавливаются заслонки с последующим изменением их в вертикальном положении. Воздуховоды создаются в виде фронтальной трехгранной призмы. Такая конструкция позволяет снижать не только энергозатраты, но и повышать рентабельность картофелехранилища и повышать спрос на картофель по различным условиям хранения. Согласно составленной методике, работа систем активной вентиляции будет непрерывной при высоте насыпи 6 метров, а это ведет к увеличению затрат и, как следствие, быстрому износу оборудования. Также непрерывное вентилирование полностью не устраняет убыль продукции.

Ключевые слова: картофель, насыпь, эксперимент, картофелехранилище, активная вентиляция.

## THE TECHNIQUE TO CALCULATE ACTIVE VENTILATION BASED ON THE LABORATORY EXPERIMENT WITH POTATOES 6 METERS HIGH BULK

Koloshein D.V.<sup>1</sup>, Borychev S.N.<sup>1</sup>, Uspenskiy I.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HPE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", the Ministry of Agriculture of Russia, Ryazan, Russia (390044, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: university@rgatu.ru

We have conducted a lab experiment to calculate active ventilation with potatoes 6 meters high bulk, followed by preparing the technique to do that. We have taken into account the following main characteristics of potato varieties Red Scarlett and Luck: the form of tubers, the color of skin, the color of flesh, storability, starch content, market tuber weight and resistance to diseases. The experiment was conducted with developed utility model, application number 2015102468, according to which they had projected some windows having dampers that can move vertically in the main channel. They have made air flues in the form of a front triangular prism. This design allows you not only reducing energy costs but also increasing the profitability of potato storage facilities and the demand of potatoes under various storage conditions. According to the prepared technique the active ventilation functioning will be continuous at 6 meters height of the bulk, and this leads to expenses increase and as a consequence to rapid depreciation. What is more continuous ventilation does not completely eliminate the product loss.

Keywords: potato, bulk, experiment, potato storage, active ventilation.

Картофель является одной из наиболее трудоемких культур [4]. Его возделывают в более 130 странах мира. Общая мировая площадь картофеля составляет примерно 18,2 млн га [5]. В России в 2009 году картофель выращивали на площади 2,2 млн. га, валовый сбор составил 31,1 млн.т., средняя урожайность составила 14,1т/га [3]. В 2014 году посевные площади в Рязанской области составили 25,7 тыс. га, примерно 20% из них площади в сельхозпредприятиях и фермерские хозяйства. Урожайность картофеля в хозяйствах всех категорий составила – 142 ц/га, в том числе в сельхозпредприятиях – 195 ц/га [2]. Но даже, исходя из хорошей урожайности, более 15% потерь всего урожая картофеля приходится на

период хранения. Однако Рязанская область не имеет достаточно современных картофелехранилищ, а значит, картофель хранят с нарушением известных технологий.

**Цель исследования.** Самый известный способ хранения картофеля в Рязанской области это навалый. Навальный – это наиболее дешёвый способ, поскольку картофель размещают навалом сплошным слоем в одном помещении [6]. Но данный способ имеет недостатки и практически устарел в технологическом отношении. К недостаткам можно отнести следующее:

1. Размещение клубней по сортам представляет сложность.
2. Поддержание различных температурно–влажностных режимов хранения не представляется возможным в случае размещения картофеля различного назначения.
3. Расположение напольных воздуховодов приводит к тому, что повышается трудоемкость закладки/выгрузки продукции в хранилище.

**Материал и методы исследования.** На базе ООО «Подсосенки» была разработана полезная модель, для устранения выше перечисленных недостатков и был проведен лабораторный эксперимент и составлена методика расчета систем активной вентиляции при высоте насыпи 6 метров.

Согласно результатам научно-исследовательской работы № заявки 2015102468 на полезную модель, в магистральном канале создаются окна, в которых установлены заслонки с возможностью изменения их в вертикальном положении, а воздуховоды выполняются в виде фронтальной трехгранной призмы. Такая конструкция воздуховодов резко снижает энергозатраты по сравнению с имеющимися аналогами, более того не только снижаются энергозатраты, но и повышается рентабельность картофелехранилища, а это в свою очередь увеличивает спрос на хранимую продукцию.

На рисунке 1 показана конструкция воздуховодов в виде фронтальной трёхгранной призмы 3. Воздушная смесь через зазоры 1 между брусками 2 подается в насыпь картофеля. Воздушная смесь, проходя насыпь картофеля, возвращается в силовую установку кондиционирования воздуха, за счет естественной конвекции.

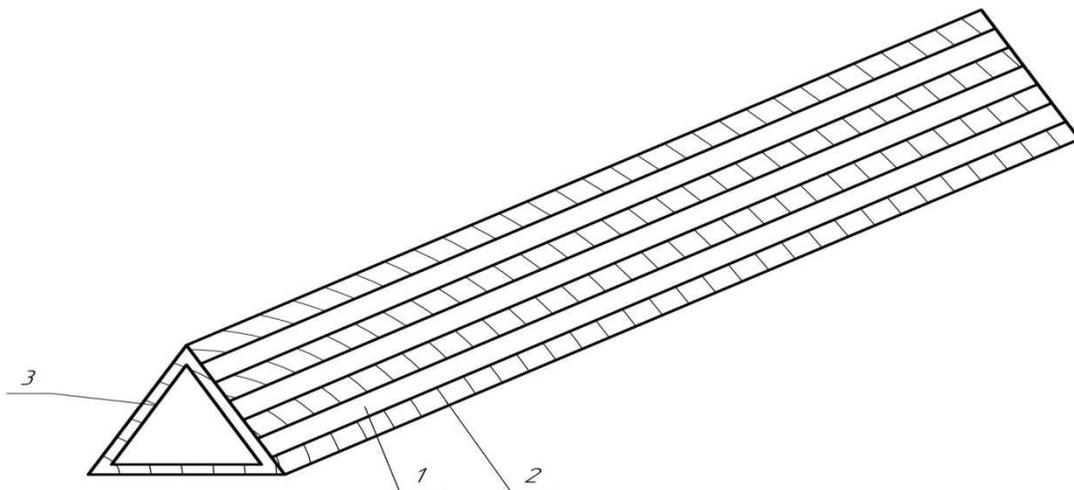


Рис. 1. Схема воздушной секции хранилища

На рисунке 2 показана работа картофелехранилища, воздушная смесь из силовой установки кондиционирования воздуха 1 с помощью вентиляторов 2 и тэнов 3 поступает в магистральный напорный канал 4, оттуда через окна 5 подается в напольный воздуховод 6, состоящий из нескольких секций разборного типа. Конструкция воздуховодов не затрудняет движение транспорта, так как устанавливаются перед закладкой картофеля

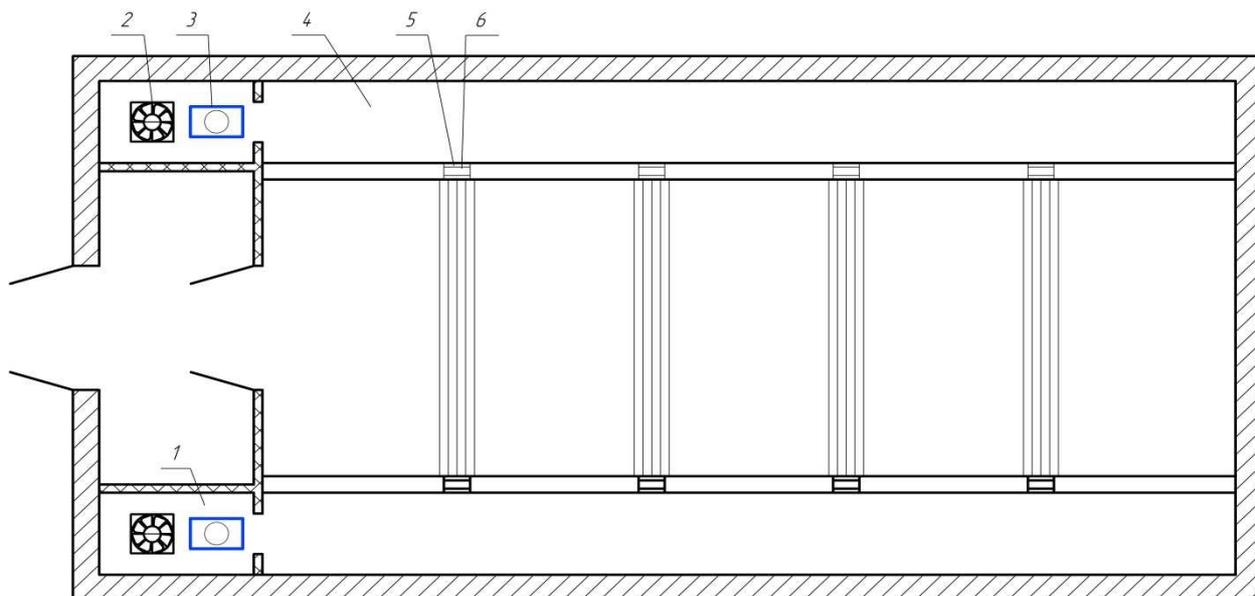


Рис. 2. План работы картофелехранилища

На основе проведенного лабораторного эксперимента составлена методика расчета работы систем активной вентиляции  $h \leq 6$  м. Сорты картофеля, используемые при эксперименте: Ред Скарлетт, Удача. При эксперименте учитывались физико-механические и биохимические свойства указанных сортов. В таблицах 1 и 2 приведены основные свойства сортов [1].

Таблица 1

Основные свойства сорта картофеля Ред Скарлетт

Клубни	
Форма клубней	Удлиненно - овальные
Цвет кожуры	красный
Цвет мякоти	белый
Глазки	Мелкие, неглубокие
Урожайность, ц с 1 га	До 400
Число клубней с 1 куста	До 15
Выход товарных клубней, %	96
Лежкость	98 %
Крахмалистость, %	10 -15
Масса товарного клубня, г	60-150
Устойчивость к болезням и вредителям	
вирус А	устойчив
вирус Yn	устойчив
рак	устойчив
картофельная нематода	устойчив
фитофтороз ботвы	среднеустойчив
фитофтороз клубней	высоко устойчив
парша обыкновенная	умеренно высокая

**Таблица 2**

**Основные свойства сорта картофеля Удача**

Клубни	
Форма клубней	Крупные, овальной формы, с тупой столонной частью
Цвет кожуры	Светло-бежевая
Цвет мякоти	белый
Глазки	Мелкие
Урожайность, ц с 1 га	300-500
Число клубней с 1 куста	-
Выход товарных клубней, %	96-100
Лежкость	Очень хорошая
Продолжение таблицы 2	
Крахмалистость, %	11 -15
Масса товарного клубня, г	120-150
Устойчивость к болезням и вредителям	
вирус А	устойчив
вирус Yn	выше средней
рак	устойчив
картофельная	устойчив

нематода	
фитофтороз ботвы	среднеустойчив
фитофтороз клубней	относительная
парша обыкновенная	умеренно высокая

Весь этап исследований был разделен на период охлаждения и основной период. Были приняты экспериментальные исходные данные для обеих стадий хранения картофеля. Период охлаждения включает в себя:

- $\Delta t_0 = 11 \dots 21 \text{ }^\circ\text{C}$  – разность температур насыпи и охлаждающего воздуха;
- $g_V = 30 \dots 100 \text{ кДж}/(\text{м}^3\text{ч})$  – интенсивность тепловыделений клубней;
- $\Delta Z_{\text{ОПТ}} = 0,02 \dots 0,03 \text{ }^\circ\text{C}/\text{ч}$  – средняя за период скорость охлаждения клубней.

Далее оптимальные расходы воздуха  $L_{V,\text{ОПТ}} - \text{м}^3/(\text{м}^3\text{ч})$  определяем условием:

$$\frac{1}{t_0}(3,8g_V + 1,1 \times 10^4 \Delta Z_{\text{ОПТ}}) \leq L_{V,\text{ОПТ}}^x \leq \frac{717}{h} \text{ откуда найдем}$$

- $\eta_{\text{ЭФ}} = 10^4 \frac{\Delta Z_{\text{ОПТ}}}{g_V}$ ,  $(\text{м}^3\text{C})/\text{кДж}$  – параметр охлаждения
- $L_{\text{ЭФ}} = \frac{L_V \times \Delta t_0}{g_V}$ ,  $(\text{м}^3\text{C})/\text{кДж}$  – приведенный расход воздуха.

коэффициент использования вентиляции будет равен:

$$K_B = 2 \frac{1 + 0,25 \times \eta_{\text{ЭФ}}}{1 + 1,5 L_{\text{ЭФ}}}$$

Основной период включает в себя следующие данные:

- $\Delta t_0 = 2,5 \dots 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$  – разность температур вверху насыпи и охлаждающего воздуха;
- $\theta'_x$  – минимальная температура воздуха внизу насыпи в начале периода; оптимальная величина  $\theta'_x \approx 1,5 - 3 \text{ }^\circ\text{C}$  .;
- $g_V = 22 \dots 45,3 \text{ кДж}/(\text{м}^3\text{ч})$  – интенсивность тепловыделений клубней;
- $L_{V,\text{ОПТ}} - \text{м}^3/(\text{м}^3\text{ч})$  – допустимые для периода расходы воздуха,

$$0,4g_V \leq L_{V,\text{ОПТ}} \leq \frac{717}{h}$$

Найдем величину использования коэффициента для оптимальной вентиляции:

$(K'_B)_{\text{ОПТ}} = 0,4 \frac{g_V}{L_V} \times 5,1 \frac{1}{L_V h}$ , следует, что при коэффициенте  $L_{V,} = 0,4$  необходимо непрерывное вентилирование.

Однако следует помнить, что режимы вентилирования различаются для различных регионов России. Максимальная эффективность не всегда достигается при непрерывном вентилировании в течение 3-8 часов. В некоторых регионах был признан метод прерывистого вентилирования периодами по 15-30 минут и подачи воздуха 140-150  $\text{м}^3/\text{ч}$  на 1 тонну картофеля и при высоте насыпи до 3 метров.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты исследования прошли производственную проверку в ООО «Подсосенки» Шацкого района Рязанской области.

Полученные результаты доказали что использование насыпи 6 метров в условиях области не целесообразно при усовершенствованной технологии хранения картофеля, гораздо целесообразней с точки зрения технико-экономических показателей использовать при хранении насыпь до 3 метров.

### **Заключение**

Исходя из проведенного лабораторного эксперимента, применительно для условий Рязанской области, следует сделать вывод:

- при высоте насыпи 6 метров, активная вентиляция будет работать непрерывно, а это несет увеличение энергозатрат;
- будет присутствовать постоянная нагрузка на работу систем активной вентиляции, что увеличивает скорейший износ оборудования;
- при высоте насыпи до 6 метров убыль картофеля сохраняется, даже при постоянном вентилировании.

### **Список литературы**

1. Агро Ален. Сорты картофеля. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://alen-agro.ru/redskarlet> (дата обращения 29.03.2015).
2. МЕДИАРЯЗАНЬ. Перспектива развития регионального овощеводства. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://mediaryazan.ru/articles/detail/277860.html> (дата обращения: 20.03.15).
3. Пшеченков К. А., Зейрук В. Н., Еланский С. Н., Мальцев С. В. Технологии хранения картофеля. Картофелевод 2007 . – 90 с.
4. Рембалович Г.К. Способ снижения энергоемкости процесса уборки и послеуборочной обработки картофеля // *Materialy VI Miedzynarodowej Naukowi-Praktycznej Konferencji "Nauka I Inowacja – 2010"*. Volume 11. – Przemysl: "Nauka I Studia", 2010. – с. 45-48.
5. Технология производства продукции растениеводства/ В.А. Федотов, А.Ф. Сафонов, С.В. Кадыров и др.; Под ред. А.Ф. Сафонова и В.А. Федотова. – М.: КолосС, 2010. – 198 с.
6. Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. — М.: Агрспас, 2010. – 6 с.

### **Рецензенты:**

Костенко М.Ю., д.т.н., профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. Костычева», г. Рязань;

Кравченко А.М., д.т.н., профессор кафедры строительства инженерных сооружений и механики ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. Костычева», г. Рязань.