

УДК 633.491:628.1:53.4

**СНИЖЕНИЕ РИСКОВ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ В
КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩЕ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МЕХАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА КОАНДЭ**

Игорь Викторович Ведищев

аспирант

exa68@ya.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Конденсация воды в плодоовощном хранилище имеет ряд негативных последствий и является крайне нежелательным процессом в период закладки и длительного хранения картофеля. Для снижения рисков образования очагов избыточной влажности производители используют различные технические решения. Целью данной статьи является исследование существующих методов предупреждения и ликвидации очагов конденсации влаги в картофелехранилище с помощью электрических механизмов.

Ключевые слова: эффект Коандэ, овощехранилище, вентиляция, конденсация влаги, электрические механизмы.

В настоящее время среди производителей картофеля наибольшее распространение имеют американская и европейская концепции хранения. Они развивались по – разному в течение многих лет. Различия в технологиях обусловлены их климатическим расположением.

Американские системы рассчитаны на период хранения с низкими температурами до – 25 градусов Цельсия и низкой влажностью воздуха [6]. При непрерывной внутренней рециркуляции воздушных потоков используется постоянное увлажнение для поддержания значения 90 – 95 RH. Данный подход обеспечивает постоянное движение воздушных масс в бурте, быстрому достижению выравнивания температуры продукта, а также своевременное отведение углекислого газа из продукта. Предупреждение образования конденсации влаги осуществляется за счет непрерывных низкотемпературных воздушных потоков. Техническое исполнение данного метода представляет собой осевые вентиляторы, установленные у внутренней поверхности свода хранилища в два ряда, имеющих порядное противонаправленное вращение. Таким образом, низкотемпературные воздушные потоки обеспечивают наиболее эффективное смешивание воздушной массы под сводом картофелехранилища (рис.1).

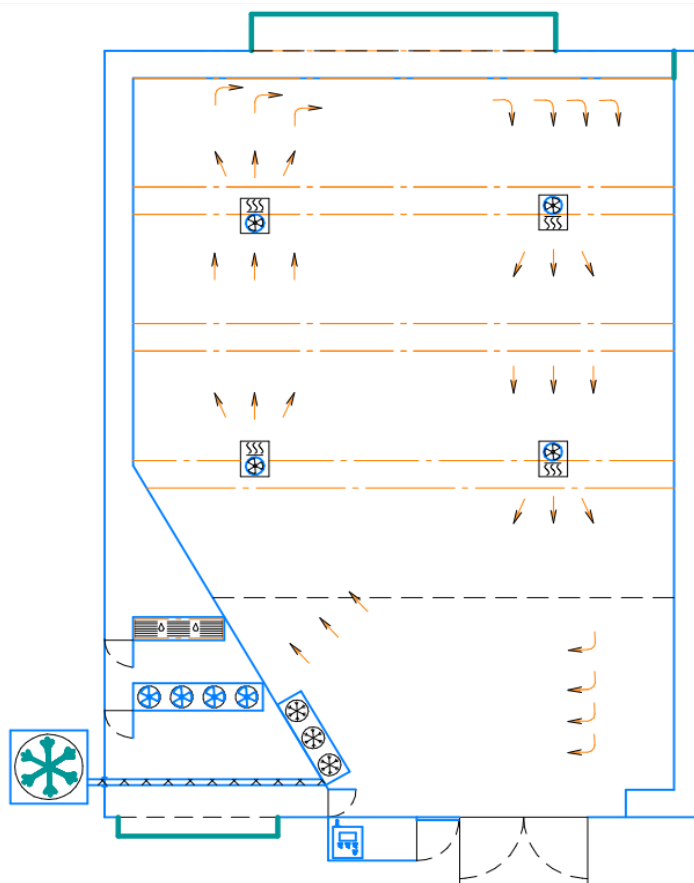


Рисунок 1 – Схема циркуляции низкотемпературных воздушных потоков предупреждения образования конденсации.

Данный метод хорошо зарекомендовал себя в плане энергетической и экономической эффективности, но в условиях низких температур и высокой влажности более эффективным способом является продувка внутренней поверхности склада теплым воздухом с помощью установленных непосредственно перед обдуваемой поверхностью электрических тепловентиляторов.

Подобное решение мы наблюдаем в европейской концепции хранения. Европейские системы работают с более «мягкими» условиями хранения (температура чуть выше нуля, влажность в районе 94 – 98 % RH [4]. По сравнению с американскими системами, где влажность может быть всего 70 % RH и необходимо постоянное увлажнение, климат Европы почти идеально подходит под параметры хранения большинства сортов картофеля. В связи с этим проветривание бурта осуществляется циклично, преимущественно в ночное время (из – за более низких ночных температур). Показатель влажности

в европейской системе зачастую бывает опциональным, как и увлажняющие установки. Предупреждение образования излишков влаги в бурте аналогично американской системе, но с двумя важными отличиями:

1. Рециркуляция воздушных потоков осуществляется также циклично, заданными технологом промежутками;
2. Некоторые варианты исполнения осевых вентиляторов для северных регионов имеют встроенные нагревательные элементы.

Как мы видим из приведенного выше сравнения, различия концепций хранения обусловлены климатическими условиями периодов хранения. Сравним основные климатические показатели некоторых производителей вентиляционного оборудования овощехранилищ, наиболее распространенного в Тамбовской области по климатическим показателям [5] (табл.1).

Таблица 1

Климатические показатели сравниваемых регионов вентиляционного оборудования.

Климатический параметр	Айдахо, США	Нидерланды	Тамбовская область, РФ
Средняя температура, С	-1 -4	+3 +6	-9 -11
Осадки, вид	Дождь	Дождь, туман	Дождь, снег
Осадки, мм	25,1	76	194
Относительная влажность	76%	83%	84%

Местные климатические условия играют непосредственную роль в образовании избыточной влаги в хранилище. Рассмотрим подробнее сам процесс конденсации влаги.

Температура воздуха и относительная влажность связаны между собой. Если температура воздуха повышается, то влагоемкость увеличивается, а относительная влажность падает. И наоборот, если температура воздуха снижается, то относительная влажность увеличивается. Холодный воздух, соприкасающийся с более теплым картофелем, не представляет опасности образования конденсата. Конденсация на поверхности произойдет неизбежно, если воздух, окружающий картофель, теплее, чем сам картофель, и если температура поверхности картофеля находится ниже температуры точки росы

воздуха. Как правило, разница температур в 4°C и более между теплым воздухом и более холодным урожаем приводит к образованию конденсата. Но в некоторых ситуациях (например, при низких температурах) эта разница может быть всего лишь 1°C, что достаточно для образования конденсации влаги. Чем ниже температура поверхности клубня по сравнению с температурой точки росы воздуха, тем больше влаги будет оседать [2].

Пагубным влиянием образования конденсата в картофелехранилище помимо развития гниения, плесени, бактерий и микроорганизмов является также тот факт, что потеря влажности – это прямая потеря веса продукции. При этом допустимыми потерями принято считать значение в 5%. При пересчете на среднее хранилище в 1500 тонн потери составят $1500 * 5\% = 75$ тонн картофеля.

Как уже сказано выше, для предупреждения образования очагов конденсации влаги в овощехранилище используются непрерывные низкотемпературные воздушные потоки и периодическая продувка теплым воздухом. Данные способы могут быть вполне самодостаточными в странах – производителях оборудования, но из – за различия климатических условий в России являются недостаточно эффективными. Низкотемпературные воздушные потоки хорошо зарекомендовали себя в плане энергетической и экономической эффективности, но в условиях низких температур и высокой влажности более эффективным способом является продувка внутренней поверхности склада теплым воздухом с помощью установленных непосредственно перед обдуваемой поверхностью электрических тепловентиляторов. Потребление электроэнергии таких тепловентиляторов значительно больше за счет использования нагревательных элементов, поэтому для наиболее эффективного их использования необходимо использовать их максимально эффективно. Для этого предлагается рассмотреть метод, подразумевающий обволакивание внутренней поверхности свода картофелехранилища теплым воздухом за счет эффекта Коандэ.

Объяснение эффекта, названного в честь румынского ученого Анри Коандэ, заключается в том, что твердая поверхность препятствует свободному поступлению воздуха к струе, в результате чего создаются завихрения в зоне пониженного давления возле поверхности. Струя прилипает за счет внешнего давления и далее движется по поверхности [3]. Данный эффект широко применяется в авиации, машино- и судостроении, и многих других сферах. В сельском хозяйстве данный эффект применяется в использовании экранов для фильтрации жидкостей. Кроме того, существует патент на устройство воздуходува для опыления растения – реципиента с использованием пыльцы растения – донора [1].

В нашем случае наиболее близким будет являться существующее использование эффекта Коандэ в вентиляционных системах зданий и сооружений. Эффект Коандэ в вентиляции используется при монтаже воздухораспределителя на потолке, чтобы струя настилась на потолок. Благодаря этому эффекту настилаящаяся струя не так быстро тонет в окружающем тёплом воздухе и глубже проникает в помещение [7].

Для снижения рисков конденсации влаги и ликвидации последствий уже выпавшего конденсата на сводах хранилища предлагается использовать струю воздуха, для более эффективного использования «прилипающую» к внутренней поверхности свода овощехранилища. Данный способ обещает более высокую энергетическую эффективность за счет практически полного использования скорости потока и теплоты. Прототипы подобной системы, использующиеся в хозяйствах Тамбовской области, показали высокую эффективность при низких зимних температурах (до – 28 градусов Цельсия).

Предлагаемая система обдува является энергетически эффективной, так как совмещает в себе сразу два способа борьбы с излишками влаги: циркуляция низкотемпературных воздушных потоков эффективна при закладке, лечении и охлаждении продукта до температуры хранения. При понижении температуры до отрицательных значений система подключает установленные в струйных

вентиляторах нагревательные элементы, начинается обдув поверхностей теплыми воздушными потоками.

Основными приемниками электрической энергии будут являться исполнительные механизмы - струйные осевые вентиляторы со встроенными электрическими нагревательными элементами. Потребление одного такого приемника при диаметре диффузора 550 мм составит 0,37 кВт для двигателя и 1,5 кВт для электронагревательного элемента. На хранилище до 1500 тыс. тонн продукта используется как правило шесть подобных устройств, максимальная мощность электроприемников составит 11, 22 кВт. В режиме минимальной нагрузки (вентиляция низкотемпературными воздушными потоками) мощность приемников составит 2, 22 кВт.

Таким образом, за счет более эффективного использования воздушного потока за счет эффекта Коандэ мы получаем снижение потерь в весе продукта по влаге, минимизацию образования гнили, плесени, бактерий и прочих негативных эффектов, связанных с излишней влагой в овощехранилище. Для оптимизации потребления электрической энергии подключение нагревательных элементов должно быть логически обоснованным непосредственной угрозой образования конденсации влаги. Для этого шкаф управления должен быть оснащен датчиками точки росы и датчиками температуры. Важно отслеживать разницу температуры бурта и температуры воздуха над буртом.

Перспективы данного метода видятся в первую очередь в лучшей сохранности продукции, повышении качества хранимой культуры. Также важно отметить его утилитарность – дооснащение подобными устройствами любого овощехранилища не вызывает сложностей, не несет нарушения общих циклов хранения, является экологически безопасным и экономически обоснованным. Компоненты системы являются стандартными и распространенными на рынке, в том числе отечественного производства. Обслуживание может выполняться совместно с основной системой вентиляции,

и сводится помимо планово – предупредительного ремонта энергетического оборудования и контроле корректности показаний применяемых датчиков.

Список литературы:

1. Бальде Патрик, патент ЕА202091762А1 «Воздуходувное устройство, использующее эффект коанда, для опыления растения-реципиента с использованием пыльцы, собранной с растения-донора».
2. Банадысев, С. А. Предотвращение проблем хранения картофеля // Наше сельское хозяйство. 2022. № 21(293). С. 49-55.
3. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. Москва. 1979. 536 с.
4. Abraham Jacob van der Aa. Географический справочник Нидерландов (нидерл. Aardrijkskundig woordenboek der Nederlanden). 1839-1851.
5. Климат Тамбовской области. Тамбовская область // TRASA.RU – URL: https://trasa.ru/region/tambovskaya_clim.html (дата обращения: 06.03.2025 г.)
6. Национальный центр климатических данных США (англ.). Average Number of Tornadoes, 1953-2004. Национальное управление океанических и атмосферных исследований (2005).
7. «Теория вентиляции» от компании SYSTEMAIR // SplitStream – URL: <https://splitstream.ru/library/articles/608--ventilationtheory.html>

UDC 633.491:628.1:53.4

REDUCING THE RISKS OF MOISTURE CONDENSATION IN POTATO STORAGE USING ELECTRICAL MECHANISMS BASED ON THE COANDE EFFECT

Igor V. Vedishchev

graduate student

exa68@ya.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. Condensation of water in the fruit and vegetable storage has a number of negative consequences and is an extremely undesirable process during the laying and long-term storage of potatoes. To reduce the risks of excessive moisture formation, manufacturers use various technical solutions. The purpose of this article is to study the existing methods of preventing and eliminating foci of moisture condensation in potato storage using electrical mechanisms.

Key words: Coandă effect, vegetable storage, ventilation, condensation of moisture, electrical mechanisms.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.