

АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА

Л.Ф. Волконович¹, д.т.н., профессор, А.Л. Волконович², к.т.н., М.Г. Кушнир¹, зав., комп. центра, А.Г. Попа¹, асп., В.Е. Слипенки¹, асп., А.С. Дайку¹, асп., О.Л. Волконович¹, ст., Н.А. Кушнир¹, асп.

¹Государственный Аграрный Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

²Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова, Кишинев, Республика Молдова

В работе приводится анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода.

Рассмотрены возможности минимизации затрат электроэнергии и льда в процессе хранения фруктов и овощей.

Ключевые слова: *структурные схемы, установки естественного и искусственного холода, аккумуляторы с водой, льдохранилище, фрукто-овощехранилище, автоматизированные люки.*

This work provides an analysis of the structural schemes of energy-saving process of fruits and vegetables storages with use of natural and artificial cold.

Were examined possibilities of electrical energy and ice consumes minimization for fruits and vegetables storing.

Key words: *structural schemes, natural and artificial cold installations, water cold accumulators, ice depots, fruits and vegetables storage, automated hatches.*

Введение

Структурные схемы процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода включают аккумуляторы с водой(А) и льдохранилища(Л)

К структурным схемам процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода относятся аккумуляторы с водой(А) и холодильные установки (Х.У).

Установки естественного холода, в отличие от холодильных установок, являются экологически чистыми и энергосберегающими.

Если функционирование холодильных установок в основном зависит от надежности функционирования сельских электрических сетей и практически не зависит от параметров окружающей среды, то установки естественного холода

наоборот жестко зависят от параметров окружающей среды и значительно меньше зависят от надежности функционирования сельских электрических сетей.

Другие особенности установок естественного холода:

- простота конструкций;
- относительно низкая стоимость оборудования;
- возможность обеспечения снижения мощности трансформаторов 10/0,4 кВ и сечений проводов и кабелей 0,4 кВ;
- возможность применения дизельных установок малой мощности для электроснабжения фруктов и овощехранилищ;
- функционирование на открытом воздухе;
- относительно простые алгоритмы управления электрооборудования.

Материалы и методы

Энергосберегающие структурные схемы процесса хранения фруктов и овощей должны обеспечивать минимизированные затраты электроэнергии $W_{эл}$ и льда $W_{л}$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{эл} \rightarrow \text{мин} \\ W_{л} \rightarrow \text{мин} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{эл} \rightarrow \text{мин} \\ W_{л} \rightarrow \text{мин} \end{array} \right. \quad (2)$$

Структурные схемы с применением в качестве холодоносителя воздуха, воды, а также совместно воздуха и воды для хранения фруктов и овощей приводятся на рис.1.

Результаты и обсуждение результатов

Для минимизации затрат электроэнергии, когда в качестве холодоносителя применяется воздух (см. рис.1, а), целесообразно использовать автоматизированные люки, которые открываются при температуре наружного воздуха $t_{н.в}$ меньше или равной температуре хранения фруктов и овощей $t_{хр}$.

При $t_{н.в} > t_{хр}$ применяются льдохранилище или холодильные установки. Например, на территории Республики Молдова автоматизированные люки могут быть использованы на севере 73 сутки, в центре 68 суток и на юге 63 сутки [1].

В случае когда в качестве холодоносителя применяется вода при $t_{воды} \leq t_{хр}$ используются аккумуляторы с водой, а при $t_{воды} > t_{хр}$ производим переключения на льдохранилище (см. рис.1 б).

Аккумуляторы с водой могут быть использованы на севере, в центре и на юге Республики Молдова соответственно 117, 110 и 102 сутки[1].

Для того, чтобы минимизировать затраты электроэнергии на хранение фруктов и овощей, и затраты льда в льдохранилище необходимо (см. рис.1 в) использовать в качестве холодоносителя и воздух и воду. Для $t_{н.в} \leq t_{хр}$ используется воздух. Для $t_{н.в} > t_{хр}$ и $t_{воды} \leq t_{хр}$ применяется вода из аккумулятора с водой. При $t_{воды} > t_{хр}$ производим переключения на льдохранилище и используем воздух или воду.

Также, для того, чтобы минимизировать затраты электроэнергии на хранение фруктов и овощей необходимо использовать автоматизированные люки.

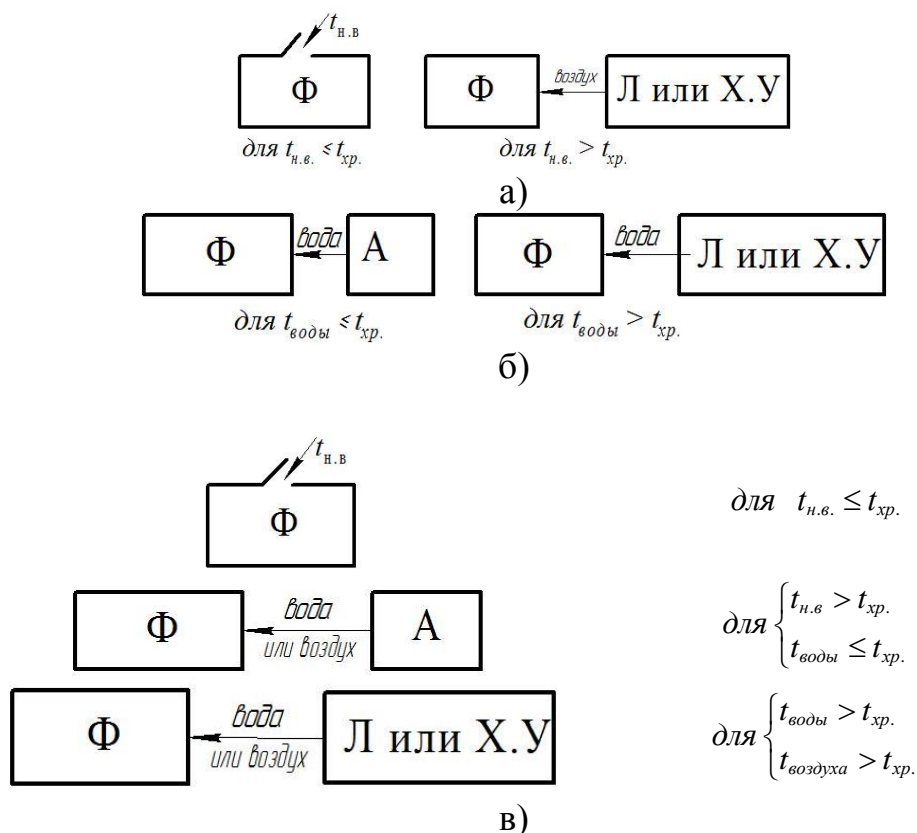


Рис.1. Структурные схемы хранения фруктов и овощей с применением естественного холода.

а - с применением в качестве холодоносителя воздуха;

б - с применением воды;

в - с применением воздуха и воды,

Ф - фрукто или овощехранилище, **А** - аккумулятор с водой.

Л - льдохранилище, t_{xp} - температура хранения фруктов и овощей, $t_{н.в}$ - температура наружного воздуха; $t_{воды}$ - температура воды.

Технические средства автоматического открывания и закрывания люков фрукто- или овощехранилища функционируют по принципу увеличения вращательного момента при превращении воды в лед за счет уменьшения плотности замерзающей воды. Конструкция люков фрукто- или овощехранилища (рис.2, а) выполнено на уровне изобретения и включает: эластичный мешок с водой - 1, пластину - 2, пружину - 3, шарнирное соединение - 4, фиксаторы - 5 и 6, теплоизоляция - 7.

Недостатком этого устройства является то, что при положительных температурах воздуха внутри и вне фрукто- или овощехранилища люк открыт, что не допустимо.

Другое устройство, позволяющее исключить указанный недостаток и выполненное, также на уровне изобретения (рис. 2 б) отличается тем, что имеет

два эластичных мешка и одна половина люка теплоизолированная с внешней стороны, а другая с внутренней стороны.

Недостатки этого устройства:

— когда люк открыт на эластичный мешок с водой действуют температуры воздуха изнутри и вне хранилища, что приводит к увеличению инерционности устройства (т.е. к увеличению задержки времени на автоматическое открывание и закрывание люков);

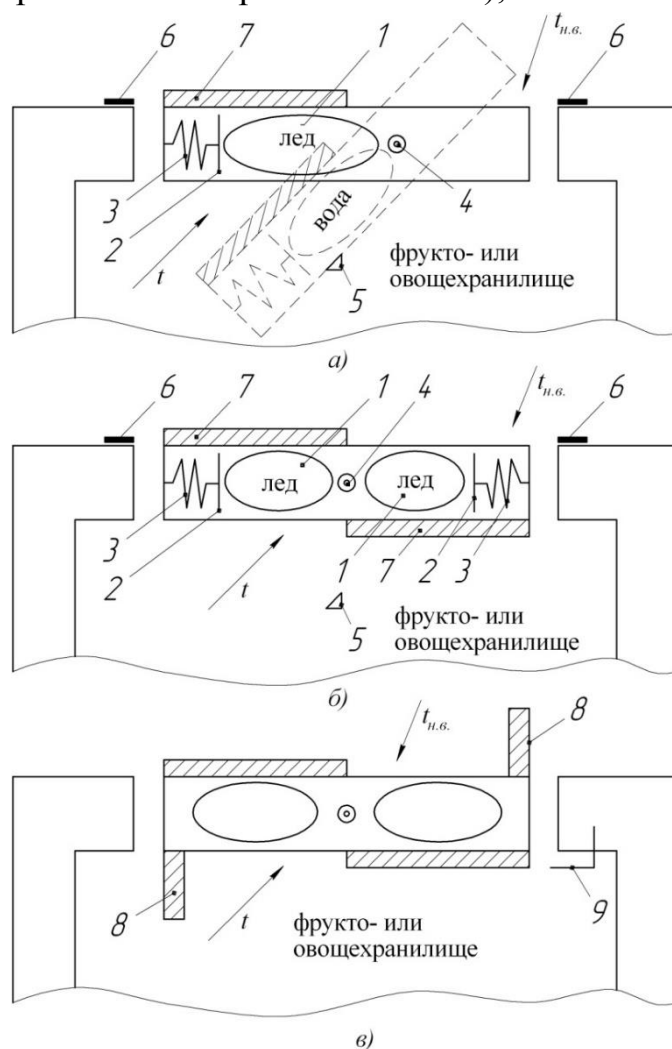


Рис. 2. Устройство для автоматического закрывания и открывания люков, а — с одним эластичным мешком; б и в — с двумя эластичными мешками; $t_{н.в.}$ и t — соответственно температуры воздуха вне и внутри фрукто- или овощехранилища: 1— эластичный мешок с водой, 2 — пластина; 3 — пружина; 4 — шарнирное соединение; 5 и 6- фиксаторы; 7- теплоизоляция; 8 - теплоизолированный экран; 9 - стопор.

— люки закрываются при температурах воздуха 0°C , когда как, например, для хранения винограда необходимо обеспечить отрицательную температуру хранения -1°C ;

— когда температура воздуха вне хранилища положительна и принимает значения больше чем температура воздуха внутри хранилища лед в правом эластичном мешке быстрее тает и люк открывается, что приводит к поступлению теплового воздуха в хранилище, что не допустимо.

Для этого предлагается (рис. 2 в):

– использовать теплоизолированный вертикальный экран - 8 соответственно с внешней и внутренней стороны люка, что исключает одновременное влияние температур воздуха внутри и вне хранилища на эластичный мешок с водой;

– для уменьшения инерционности устройства эластичные мешки заполнить водой без содержания солей. Это устройство применимо для хранения фруктов и овощей, за исключением винограда, для которого чтобы обеспечить открытое состояние люка при -1°C необходимо наоборот заполнить эластичные мешки соленой водой;

– при температурах воздуха вне хранилища больше внутри хранилища, чтобы не допустить открывание люка устанавливается стопор - 9. В этом случае правая часть люка не может опускаться вниз.

Далее определяем инерционность люков т.е. продолжительность задержки времени T на открывание и закрывание при переходе от положительных температур воздуха к отрицательным и наоборот.

Инерционность люков прямо пропорционально значениям толщины слоя льда h в эластичном мешке - 1 и температуры наружного воздуха t . Экспериментальные данные приводятся в табл. 1.

Табл.1. Зависимость продолжительности задержки времени T на закрывание и открывание люков от толщины слоя льда Δh и температуры наружного воздуха t

T, ч			
Δh , мм	для t , $^{\circ}\text{C}$		
	-3...-5	-5... -7	-7...-9
2	3,5	2,2	1,7
3	5,2	3,4	2,5
4	7,0	4,6	3,6

Далее рассмотрим возможность снижения затрат льда на хранение фруктов и овощей с различной температурой хранения при последовательной подачи холодоносителя от льдохранилища.

Для этого сравниваем 2 варианта:

- с последовательной подачи холодоносителя в камерах фрукто- или овощехранилища, рис. 3, а;

- с отдельной (параллельной) подачи холодоносителя в камерах, рис. 3, б.

При последовательной, в отличие от параллельной, подачи холодоносителя в камерах тратим одну порцию холода (льда) вместо четырех, поэтому затраты льда значительно снижаются.

– Удельные затраты льда (максимальные и минимальные значения) на хранения яблок, винограда, капусты и картофеля определены в [2]:

$$\begin{array}{l} \text{для яблок} \\ \text{для винограда} \end{array} \begin{cases} W_{л \max} = 0,48 \text{ т} \\ W_{л \min} = 0,36 \text{ т} \\ W_{л \max} = 0,19 \text{ т} \\ W_{л \min} = 0,1 \text{ т} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} &\text{для капусты} \quad \begin{cases} W_{л \max} = 0,42 \text{ т} \\ W_{л \min} = 0,38 \text{ т} \end{cases} \\ &\text{для картофеля} \quad \begin{cases} W_{л \max} = 0,51 \text{ т} \\ W_{л \min} = 0,39 \text{ т} \end{cases} \end{aligned}$$

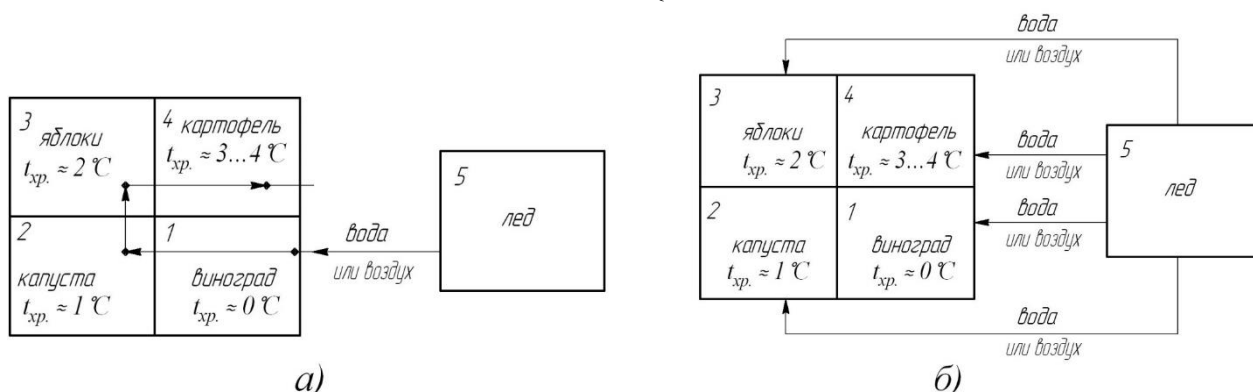


Рис. 3 Структурные схемы обеспечения хранения фруктов и овощей при последовательной (а) и параллельной (б) подачи холодоносителя от льдохранилища: 1,2,3 и 4- камеры для хранения фруктов и овощей с различной температурой хранения; 5 — льдохранилище.

С учетом указанных значений определили суммарные затраты льда $\Sigma W_{л}$ при параллельной и последовательной подаче холодоносителя в камерах:

- при параллельной подачи холодоносителя

$$\begin{cases} \Sigma W_{л \max} = 1,6 \text{ т} \\ \Sigma W_{л \min} = 1,23 \text{ т} \end{cases}$$

- при последовательной подачи холодоносителя

$$\begin{cases} \Sigma W_{л \max} = 0,51 \text{ т} \\ \Sigma W_{л \min} = 0,39 \text{ т} \end{cases}$$

Таким образом установили, что при последовательной, в отличие от параллельной подачи холодоносителя в камерах для хранения фруктов и овощей удельные затраты льда сокращаются в 3, 1 3, 2 раза.

Особенно эффективна последовательная подача холодоносителя при большой разности температур хранения (например, винограда, картофеля и маточного лука), рис. 4.

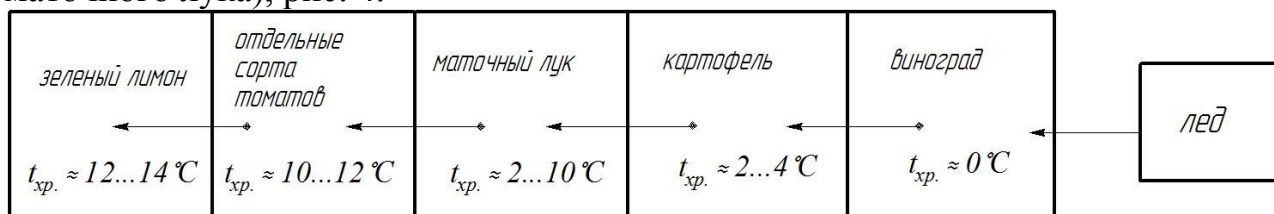


Рис. 4. Структурная схема обеспечения температуры хранения винограда, картофеля и маточного лука.

Другой путь снижения затрат льда — это применение замкнутой схемы охлаждения фруктов и овощей (нижняя емкость для воды льдохранилища - фрукто или овощехранилище) рис. 5, а) вместо замкнутой схемы

(льдохранилище - фрукто или овощехранилище) рис. 5 б) с повторением числа циклов пока температура хранения фруктов и овощей не достигнет требуемого уровня. Число циклов позволяющие обеспечить минимизированные затраты льда обоснованы в [3].

Показано, что затраты льда по предложенной схеме рис. 5. а) уменьшаются при хранении:

- картофеля в 1,3 - 1,6 раза;
- яблок и капусты в 1,6 раза;
- маточного лука в 1,3 - 2,7 раза.

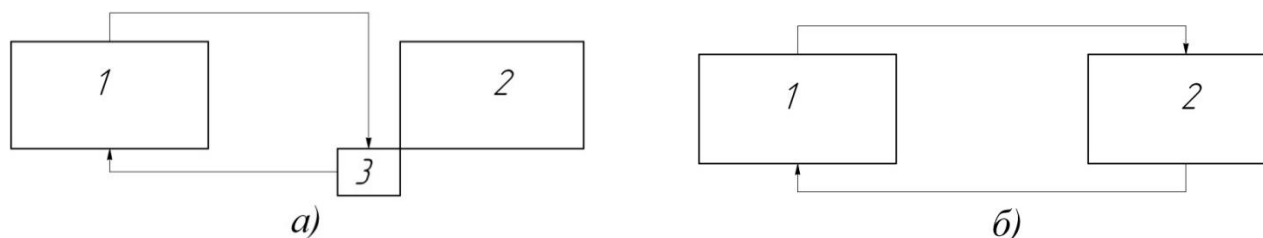


Рис. 5 Замкнутая схема охлаждения фруктов и овощей; а) 1 - фрукто или овощехранилище; 2 —льдохранилище; 3 - нижняя емкость для воды; б) 1 - фрукто или овощехранилище; 2 - льдохранилище;

Выводы

Анализ структурных схем хранения фруктов и овощей с применением естественного холода где в качестве холодоносителя используется воздух, вода, а также воздух и вода, показал их энергоэффективность.

Установили, что при последовательной, в отличие от параллельной подачи холодоносителя в камерах для хранения фруктов и овощей удельные затраты льда сокращаются в 3, 1 3, 2 раза.

Особенно эффективна последовательная подача холодоносителя при большой разности температур хранения (например, винограда, картофеля и маточного лука), рис. 4.

Показано, что затраты льда по предложенной схеме, рис. 5.а, уменьшаются при хранении:

- картофеля в 1,3 - 1,6 раза;
- яблок и капусты в 1,6 раза;
- маточного лука в 1,3 - 2,7 раза.

Разработанные автоматизированные люки функционируют по принципу увеличения вращательного момента при превращении воды в лед за счет уменьшения плотности замерзающей воды, обеспечивая при этом дополнительную экономию электроэнергии в процессе хранения фруктов и овощей.

Литература

1. Л. Волконович, К. Сырги. Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов. Монография. – Кишинев, 2002, стр. 334.
2. Л. Волконович, А. Мусин. и др. Автоматизация ресурсосберегающих

технологических процессов в сельском хозяйстве. Монография. – Кишинев, 2007, стр. 340.

3. Л. Волконович, А. Мусин. и др. Энергосберегающие, экологические технологии и электрооборудование для охлаждения молока и хранения фруктов и овощей. Монография. – Кишинев, 2004, стр. 268.