

CZU 664.84/.85.037.1

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА

*Анатолие ДАЙКУ**Государственный Аграрный Университет Молдовы*

Abstract. In this paper the control algorithms were developed for natural cold storage of fruits and vegetables when air or water is used as a coolant. The control algorithms are based on automaton graphs. The algorithm for the formation of an electrical equipment system of natural cold installations for the storage of fruits and vegetables consists of two stages: study of natural cold settings as a control object and the development of electrical equipment for natural cold installations.

Key words: Storage; Fruits; Vegetables storage; Natural cold; Control algorithms; Automaton graphs.

Реферат. В данной работе разработаны алгоритмы управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода, когда в качестве холодоносителя применяется воздух или вода. Алгоритмы управления разработаны на основе автоматных графов. Алгоритм формирования системы электрооборудования установок естественного холода для хранения фруктов и овощей состоит из двух этапов: исследование установок естественного холода как объект управления и разработка системы электрооборудования установок естественного холода.

Ключевые слова: Хранение; Плоды; Овощи; Естественный холод; Алгоритм управления; Автоматные графы.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированные установки естественного холода для хранения фруктов и овощей, в отличие от холодильных установок, являются экологически чистыми, так как исключают применение различных типов фреонов, и энергосберегающими (Стребков, Д.С., Тихомиров, Д.В. 2000; Морозов, Н.М., Цой, Л.М. 2000) за счет снижения их удельных затрат электроэнергии в 2-3 раза.

Учитывая, что холодильное оборудование в Республике Молдова не производится, разработка автоматизированных установок естественного холода для хранения фруктов и овощей является весьма актуальной задачей.

Использованию естественного холода для хранения фруктов и овощей посвящено большое количество работ. Исследования показали, что выполненные разработки в большинстве случаев носили не комплексный характер.

В условиях больших колебаний независимых входных параметров (температура воздуха и воды, продолжительность холодного периода года скорость воздуха и т.д.) повысить эффективность подобных систем без автоматизации – невозможно.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При разработке алгоритмов управления процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода использовали автоматные графы. Поставленные задачи решены с позиций системного подхода с использованием теории операций, теории автоматического регулирования, математического и физического моделирования, анализа и синтеза системы электрооборудования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Алгоритм формирования системы электрооборудования, установок естественного холода для хранения фруктов и овощей приводится на рис. 1 и состоит из двух этапов:

исследование установок естественного холода как объект управления;
разработка системы электрооборудования установок естественного холода.

Первый этап включает:

- классификацию установок естественного холода;
- исследование режимов работы установок естественного холода;
- составление математической модели установок естественного холода;

- выбор контролируемых и регулируемых параметров;
 - выбор технических средств контроля за процессом хранения фруктов и овощей (Волконович, Л., Сырги, К. 2002).

На втором этапе рассматриваются:

- построение функциональной схемы автоматизации процесса хранения фруктов и овощей;
 - составление алгоритма управления процессом хранения фруктов и овощей (Волконович, Л., Черней, М. и др. 2007);
 - формализация алгоритма управления и разработка принципиальных схем управления электрооборудованием установок естественного холода;

В этой работе разработаны функциональные схемы автоматизации и составлены алгоритмы управления хранения фруктов и овощей с применением естественного холода.



Рисунок 1. Алгоритм формирования системы электрооборудования и установок естественного холода для хранения фруктов и овощей

Функциональная схема автоматизации фрукто- или овощехранилищ составляется на основе структурно-технологической схемы обеспечения микроклимата. Структурно-технологическая схема обеспечения микроклимата во фрукто- и овощехранилище приводится на рис. 2 и содержит 1 - источник холода (льдохранилище); 2 - наружный воздух; 3 - блок нагрева воздуха (электрокалорифер); 4 - блок управления.

Система обеспечения микроклимата включает четыре режима:

- намораживания льда;
- использования холода;
- подогрева воздуха;
- увлажнения воздуха.

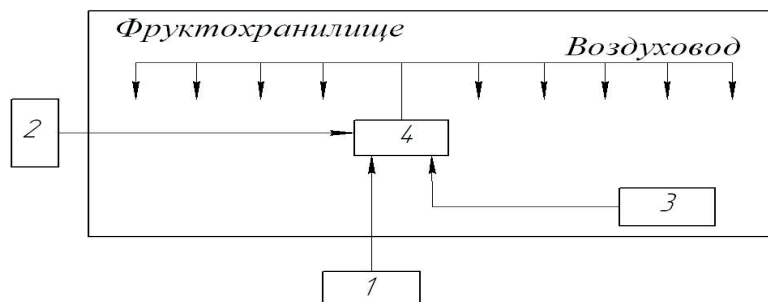


Рисунок 2. Структурно-технологическая схема обеспечения микроклимата во фрукто- или овощехранилищах с применением естественного холода: 1 - источник холода (льдохранилище); 2 - наружный воздух; 3 - блок нагрева воздуха (электрокалорифер); 4 - блок управления

Разработанные функциональные схемы автоматизации процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода приводятся на рис. 3 и рис. 4. В качестве холодоносителя применяется воздух и вода. Функциональная схема автоматизации фрукто- или овощехранилища с применением атмосферного воздуха позволяет обеспечить снижение затрат льда до 50%, при хранении с/х продукции 6-8 месяцев и продолжительности холодного периода года 3-4 месяца.

Когда в качестве холодоносителя применяется воздух (рис. 3) с целью рационального использования льда воздух из фрукто- или овощехранилища 1 с помощью вентилятора 5 подается под лед льдохранилища 2 и далее по замкнутому циклу вентилятором 6 обратно в фрукто- или овощехранилище. Когда температура наружного воздуха около 0°C или ниже автоматизированные люки 8 открыты и холодный воздух поступает в фрукто- или овощехранилище 1. Если этого недостаточно по разомкнутому циклу с помощью вентилятора 6 наружный воздух подается в хранилище 1 и вентилятором 5 из хранилища на "улицу". Режим намораживания льда осуществляется следующим образом: при положительной температуре воздуха льдохранилище 2 заполняется водой и происходит охлаждение воды до 0°C . Далее, когда температура воздуха отрицательна, охлажденная вода с dna льдохранилища — 2 насосом — 4 подается в верхнюю часть льдохранилища для намораживания.

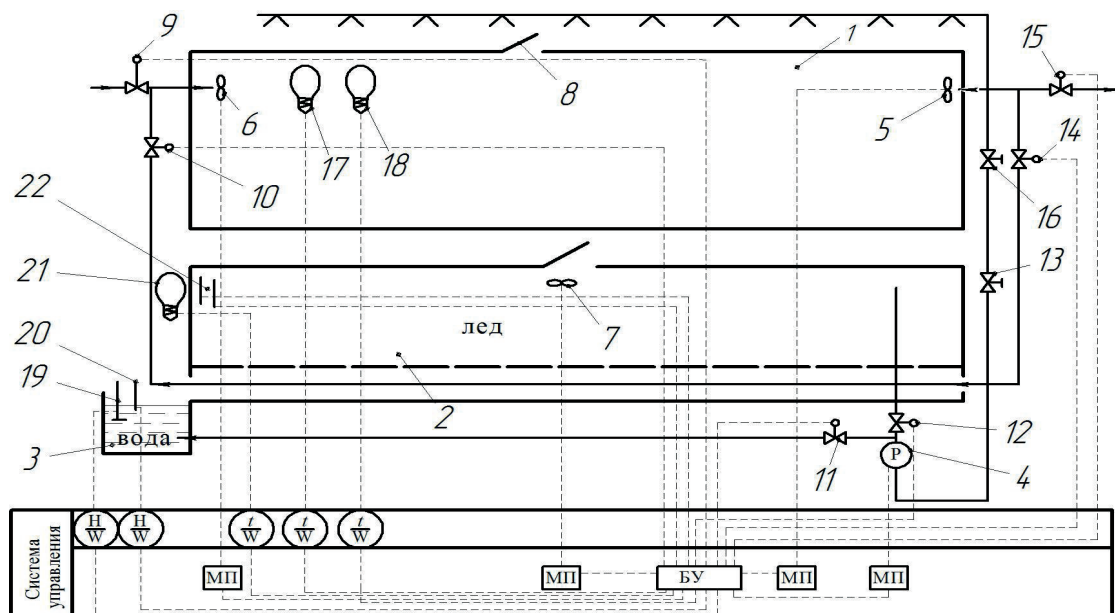


Рисунок 3. Функциональная схема автоматизации процесса хранения фруктов и овощей при применении естественного холода (в качестве холодоносителя) применяется воздух [1]: 1 - фрукто- или овощехранилище; 2 - льдохранилище; 3 - нижняя емкость для воды льдохранилища 2; 4 - водяной насос; 5, 6 и 7 - вентиляторы; 8 - люки фрукто- или овощехранилища 1; 9, 10, 11, 12, 14, 15, - электрические вентили; 13, 16 - краны; 17 и 21 - датчик температуры воздуха; 18 - датчик влажности; 19 и 20 - датчики уровня; 22 - датчик намораживания льда

Таким образом, обеспечивается либо, непрерывное либо дискретное намораживание льда в верхней части льдохранилища. Одновременно поддерживается оптимальное расстояния от вентиляторов -7 до поверхности намораживания льда, что увеличивает скорость намораживания льда. Момент превращения воды в лед в льдохранилище контролируется датчиками уровня воды 19 и 20 в теплоизолированной нижней емкости -3, в которой вода не замерзает или датчиком намораживания льда - 22 в зависимости от способа намораживания льда.

В данном случае для обеспечения требуемой влажности воздуха в фрукто-- и овощехранилище 1 не требуется дополнительной системы увлажнения воздуха, так как воздух увлажняется при контакте с поверхностью льда. При низких температурах наружного воздуха ($t < -15^{\circ}\text{C}$) вместо электронагревателей внутри хранилища - 1 предлагается покрывать хранилище снегом, увеличивая искусственно теплоизоляцию хранилища. Более подробно режимы намораживания и использования льда рассматриваются в рис. 4.

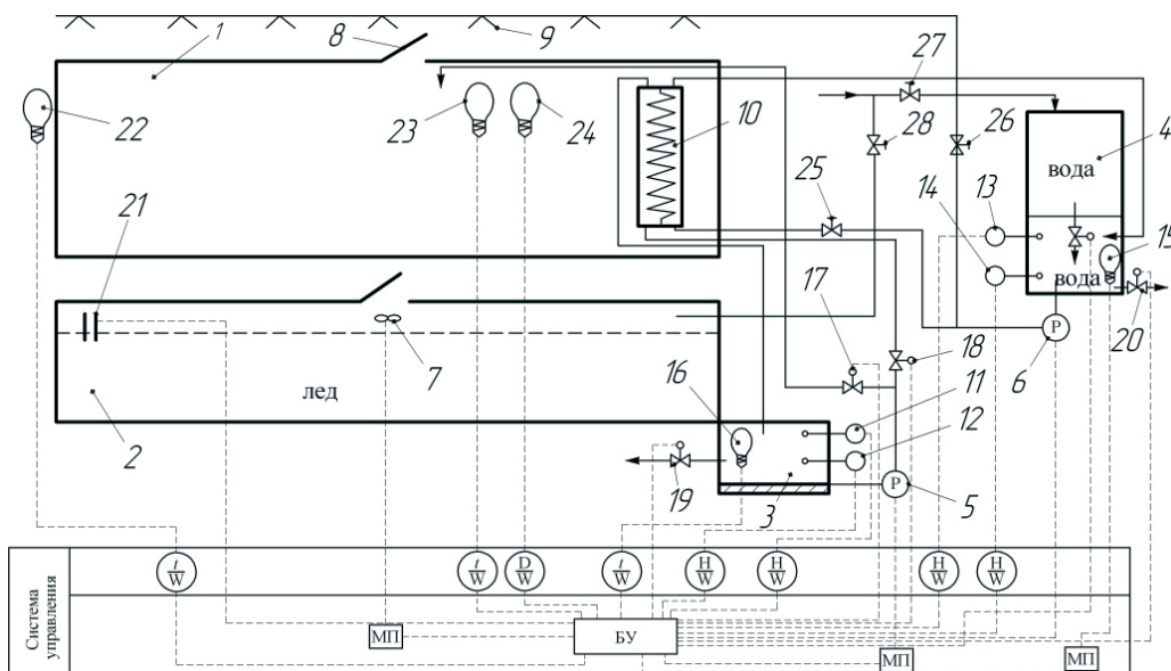


Рисунок 4. Функциональная схема автоматизации процесса хранения фруктов и овощей при применении естественного холода (в качестве холодоносителя) применяется воздух [1]:

1 - фрукто- или овощехранилище; 2 – льдохранилище; 3 - нижняя емкость для воды льдохранилища 2; 4- аккумуляторы с водой; 5,6-водяные насосы; 7 – вентилятор; 8 - люк фрукто- или овощехранилища 1; 9-распылитель воды; 10-батареи для воды; 11,12,13,14- датчики уровня; 15 и 16 – датчики температуры воды; 17,18,19,20- электрические вентили; 21 - датчик намораживания льда; 22,23- датчики температуры воздуха; 24 - датчик влажности; 25,26,27,28 - краны.

Когда в качестве холодоносителя применяется вода (рис. 4) функциональная схема автоматизации процесса хранения фруктов и овощей отличается от функциональной схемы автоматизации (рис. 3) следующим:

- с целью сокращения затрат льда в льдохранилище применяются аккумуляторы с водой которые применяются до тех пор пока температура воды в аккумуляторе не становится равной или выше температуры хранения фруктов и овощей;
- вода подается для охлаждения над льдом. Нет необходимости в дополнительном канале для подачи воды под лед;
- применяется система увлажнения воздуха в фрукто- или овощехранилище.

Далее с помощью автоматных графов состояния для каждого исполнительного механизма (рис. 5) и (6) составляем алгоритмы управления в целом для процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода, когда в качестве холодоносителя применяется воздух или вода.

На автоматных графах указываются все 4 возможные состояния электрооборудования (остановка О, пуск П, нормальная работа Р и авария А) и приняты следующие обозначения:

- М — команда на включение двигателя;
- Х — сигнал входных переменных (с датчиков);
- У — сигналы выходных переменных (с исполнительных механизмов);
- Р — сигнал с устройства защиты двигателя;
- P_a — аварийный сигнал;
- Н — ручная команда “ПУСК”;
- h — ручная команда “ОСТАНОВКА”;
- G — команда включения катушки электрического вентиля;
- З, П, О — состояния электрического вентиля (соответственно закрыт, пуск и открыт).

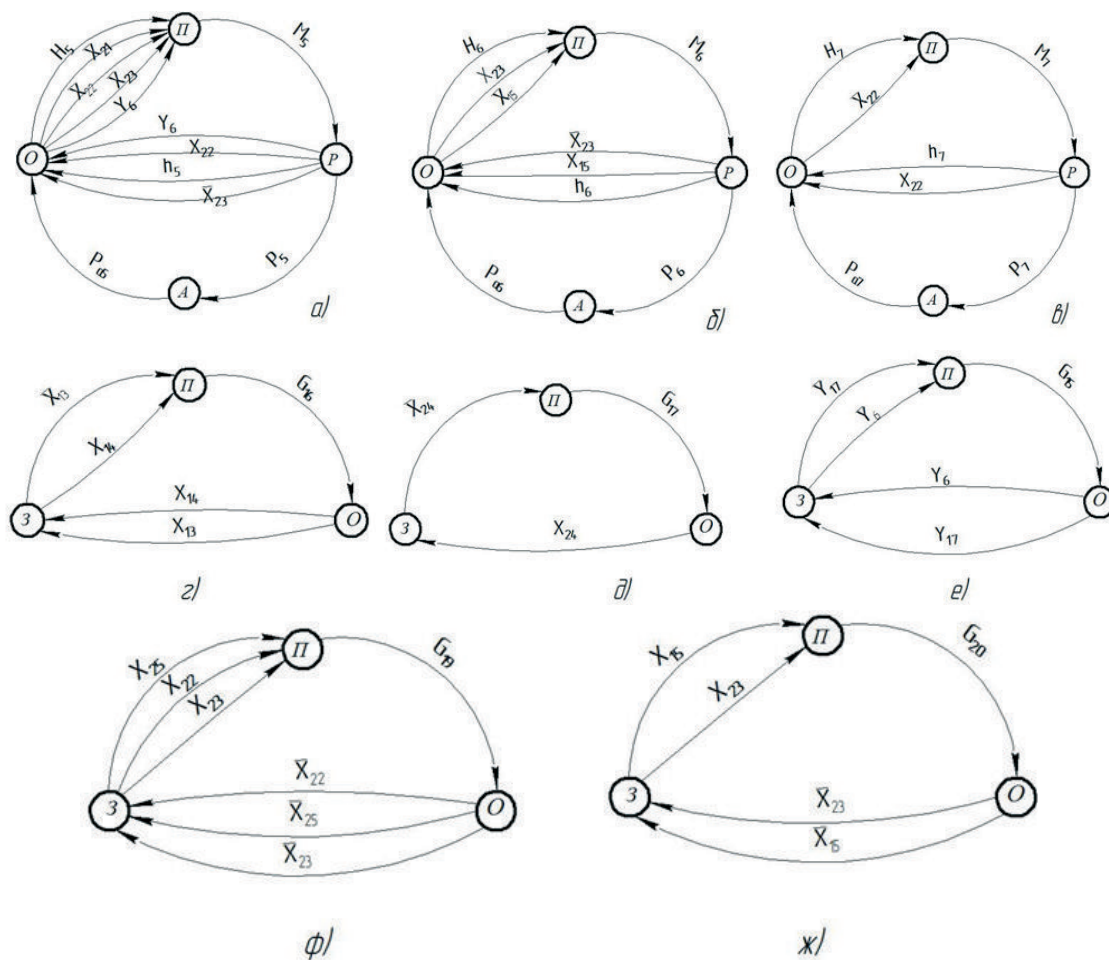


Рисунок 5. Автоматные графы состояния электрооборудования и процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода, когда в качестве холодоносителя применяется вода: а) - водяной насос - 5; б) - водяной насос - 6; в) вентилятор - 7; г; д; и; ф; ж) соответственно электрические вентили 16, 17, 18, 19 и 20 (Кушир, М. и др. 2018)

Составление словесных алгоритмов управления и их представление в виде автоматных графов является необходимым условием для разработки средств логического управления, но недостаточным, так как нужна и определенная степень формализации, описания функционирования разработанных установок естественного холода.

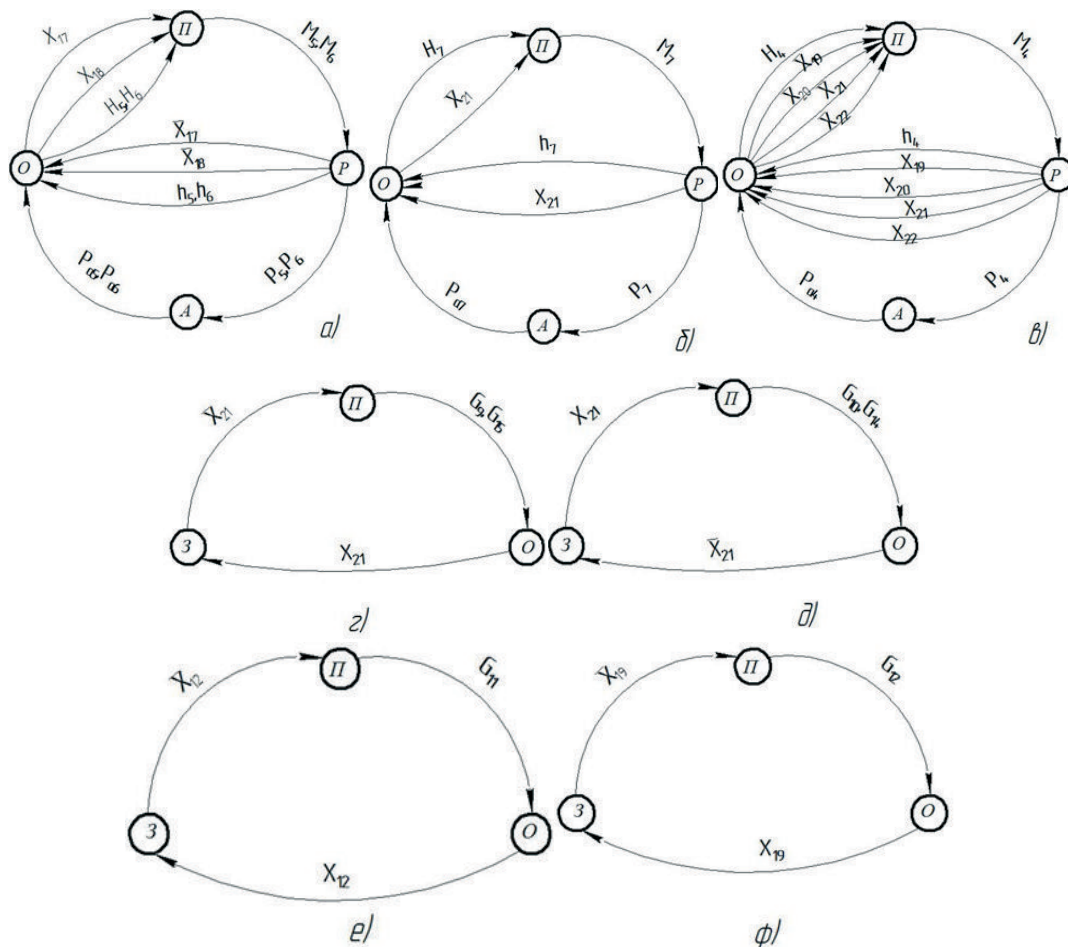


Рисунок 6. Автоматные графы состояния электрооборудования и процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного холода, когда в качестве холодоносителя применяется воздух: а) вентиляторы 5 и 6; б) вентилятор – 7; в) водяной насос- 4; г) электрические вентиля 9 и 15, д) электрические вентиля 20 и 14; е) электрический вентиль - П; ф) электрический вентиль -12 (Волконович, Л.Ф. и др. 2017)

В случае применения воды в качестве холодоносителя (рис. 5) алгоритм управления следующий:

$$Y = Y_8 + Y_6 + Y_7 + Y_{16} + Y_{17} + \bar{Y}_{17} \cdot Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} = (H_5 + \bar{X}_{21} \cdot \bar{X}_{22} + \bar{X}_{23} \cdot \bar{Y}_6) \cdot \bar{P}_5 \cdot \bar{P}_{a5} \cdot \bar{h}_5 \cdot M_5 +$$

$$+ (H_6 + X_{23} \cdot \bar{X}_{15}) \cdot \bar{P}_6 \cdot \bar{P}_{a6} \cdot \bar{h}_6 \cdot M_6 + (H_7 + \bar{X}_{22}) \cdot \bar{P}_7 \cdot \bar{P}_{a7} \cdot \bar{h}_7 \cdot M_7 + \bar{X}_{13} \cdot \bar{X}_{14} \cdot G_{16} + \bar{X}_{24} \cdot G_{17} +$$

$$\bar{Y}_{17} \cdot \bar{Y}_6 \cdot G_{18} + X_{25} \cdot X_{22} \cdot X_{23} \cdot G_{19} + X_{15} \cdot X_{23} \cdot G_{20}$$
(1)

Когда в качестве холодоносителя применяется воздух, формализованный алгоритм управления имеет следующий вид:

$$Y = (Y_{14} \cdot Y_{10} + Y_9 \cdot Y_{15}) \cdot Y_5 \cdot Y_6 + (G_{11} + G_{12}) \cdot Y_4 + \bar{X}_2 \cdot Y_7 =$$

$$= (X_{21} \cdot G_{10} \cdot G_{14} + \bar{X}_{21} \cdot G_9 \cdot G_{15}) \cdot [(X_{17} \cdot X_{18} = H_5) \cdot \bar{h}_5 \cdot \bar{P}_5 \cdot \bar{P}_{a5}] \cdot$$

$$\cdot M_5 \cdot [(X_{17} \cdot X_{18} + H_6) \cdot \bar{h}_6 \cdot \bar{P}_6 \cdot \bar{P}_{a6}] \cdot M_6 + (\bar{X}_{12} \cdot G_{11} + \bar{X}_{19} \cdot G_{12}) \cdot$$

$$[(\bar{X}_{22} \cdot \bar{X}_{21} + \bar{X}_{19} \cdot \bar{X}_{20} + H_4 \cdot \bar{h}_4 \cdot \bar{P}_4 \cdot \bar{P}_{a4}) \cdot M_4 + (\bar{X}_{21} + H_7) \cdot \bar{h}_7 \cdot \bar{P}_7 \cdot \bar{P}_{a7} \cdot M_7$$
(2)

ВЫВОДЫ

На основе разработанных функциональных схем автоматизации и автоматных графов формализованы алгоритмы управления электрооборудованием процесса хранения фруктов и овощей

с применением естественного холода, когда в качестве холодоносителя применяется воздух или вода.

В условиях больших колебаний независимых входных параметров (температура воздуха и воды, продолжительность холодного периода года скорость воздуха и т.д.) повысить эффективность подобных систем без автоматизации – невозможно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТРЕБКОВ, Д.С., ТИХОМИРОВ, Д.В. (2000). Проблемы энергосбережения в сельском хозяйстве. В: Энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва: ГНУ ВИЭСХ, с. 8-14.
2. МОРОЗОВ, Н.М., ЦОЙ, Л.М. (2000). Резервы энергосбережения в животноводстве. В: Энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. Москва: ВИЭСХ, с. 35-38.
3. ВОЛКОНОВИЧ, Л., СЫРГИ, К. (2002). Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов. Кишинев. 334 с. ISBN 9975-62-078-7.
4. ВОЛКОНОВИЧ, Л., ЧЕРНЕЙ, М., БАБАН, О. и др. (2007). Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Кишинев: Tipografia AȘM. ISBN 978-9975-62-177-9.
5. КУШНИР, М., ВОЛКОНОВИЧ, Л., ВОЛКОНОВИЧ, А., КУШНИР, Н., СЛИПЕНКИ, В., ДАЙКУ, А., ВОЛКОНОВИЧ, О., ПОПА, А. (2018). Методика определения оптимальных сроков хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. In: Lucrări științifice, Univ. Agrară de Stat din Moldova, vol. 51: Inginerie Agrară și Transport Auto, pp. 382-386. ISBN 978-9975-64-300-9.
6. ВОЛКОНОВИЧ, Л.Ф., ВОЛКОНОВИЧ, А.Л., КУШНИР, М.Г., ПОПА, А.Г., СЛИПЕНКИ, В.Е., ДАЙКУ, А.С., ВОЛКОНОВИЧ, О.Л., КУШНИР, Н.А. (2017) Анализ структурных схем энергосберегающего процесса хранения фруктов и овощей с применением естественного и искусственного холода. В: Инновации в сельском хозяйстве, № 1 (22), p. 87-93.

Data prezentării articolului: 29.03.2019

Data acceptării articolului: 02.05.2019