



СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЛЯГИНА Людмила Александровна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КАРГИН Виталий Александрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

МОИСЕЕВ Алексей Петрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Рассмотрены перспективы использования программируемых логических контроллеров для автоматизации процесса сушки растительного сырья инфракрасно-конвективным способом. Представлены функциональная схема программной системой автоматического управления и логические схемы защиты и управления технологическими операциями.

Подъем и устойчивое развитие отрасли переработки и хранения продукции сельхозпроизводства неразрывно связаны с поиском и внедрением новых технологий и технических средств, которые позволят более эффективно использовать энергию и ресурсы [10–13]. Характерной и энергоемкой технологической операцией отрасли является сушка растительного сырья – овощей, фруктов, грибов, лекарственных трав и др. [14].

Использование для этих целей оборудования и технологии, основанной на комбинированном способе сушки, представляется перспективным. При таком способе предварительно нагретое растительное сырье продувается холодным воздухом для обеспечения интенсивного выхода влаги из продукта, которая удаляется с помощью подогретого воздуха [3–5, 14]. Для интенсификации процесса может использоваться оборудование для измельчения растительного сырья во время сушки, включающее в себя, например, вибрационный барабан, инерционный вибратор, мелющие тела и др. [1].

Качество конечного высушенного растительного материала неразрывно зависит от точности поддержания параметров технологического процесса. Поэтому использование систем управления на базе современных микропроцессорных устройств, например, программируемых логических контроллеров (ПЛК) является важным [2, 8].

В работе предложена система автоматического управления (САУ) циклами сушки растительного сырья, выполненная на базе программируемого логического контроллера, а также разработаны логические схемы управления технологическим процессом.

Функциональная схема САУ процессом сушки материала растительного происхождения представлена на рис. 1 [8].

Запуск технологического процесса осуществляется с помощью кнопки «Push» 1. Программируемый логический контроллер 4 реализует алгоритм управления операциями сушки, циклограммы которого представлены на рис. 2.

Обозначим глобальные входы и выходы контроллера и приведем их в виде таблицы [8, 9].

Технология сушки растительного сырья выглядит следующим образом. В течение 8 мин происходит прогрев продукта ИК-нагревателями 8 (q_1). Далее осуществляется одиннадцатиминутный цикл продува сырья воздухом с использованием вентилятора 11 (q_3) и измельчения с помощью инерционного вибратора 10 (q_4). Через 12 мин от начала процесса сушки включается нагревательный элемент 12 (q_2) и подогретым воздухом в течение 7 мин влага, выделенная из продукта, удаляется за пределы сушильного шкафа. Девятнадцатиминутный цикл заканчивается отключением всех процессов. Через 1 мин цикл повторяется (см. рис. 2). В течение всего времени выполнения цикла операций включена световая сигнализация 7 (q_5).

Сформулируем требования к САУ процессом сушки растительного материала:

последовательное выполнение операций производится в соответствии с циклограммой (см. рис. 2);

предусмотреть защиту от перегрева;

остановка процесса сушки возможна только в конце цикла;

аварийная остановка сушки возможна в любой момент времени цикла;

в случае перегрева предусмотреть звуковую и световую сигнализацию.

Программирование ПЛК осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка FBD и стандартной библиотеки функциональных блоков [8, 9],

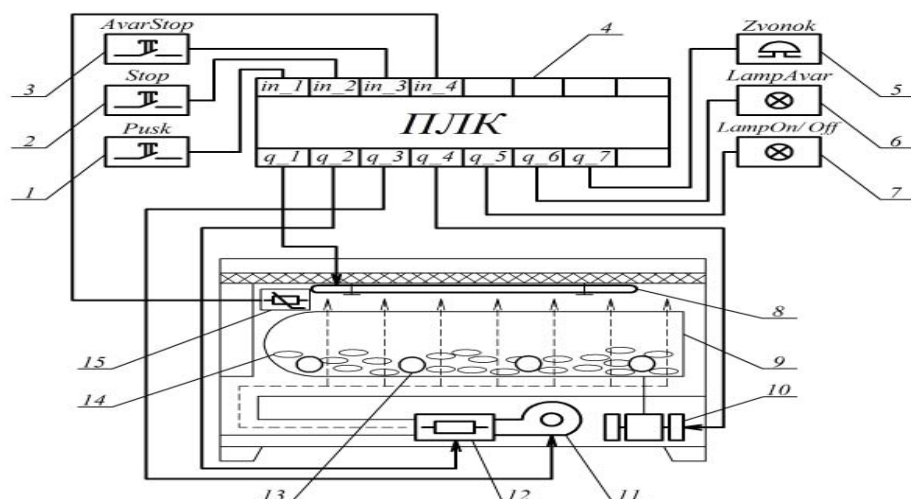


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления процессом сушки растительного сырья: 1 – кнопка запуска процесса сушки; 2 – кнопка остановки процесса сушки; 3 – аварийная кнопка «Стоп»; 4 – программируемый логический контроллер; 5 – звуковая сигнализация «Авария»; 6 – световая сигнализация «Авария»; 7 – световая сигнализация включения; 8 – ИК-нагреватели; 9 – вибрационный барабан; 10 – инерционный вибратор; 11 – вентилятор; 12 – нагревательный элемент; 13 – мелющие тела; 14 – растительное сырье; 15 – термоматчик

Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№ п/п	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
Входы			
1	Кнопка запуска процесса сушки	<i>Pusk</i>	<i>in_1</i>
2	Кнопка остановки процесса сушки	<i>Stop</i>	<i>in_2</i>
3	Аварийная кнопка «Стоп»	<i>AvarStop</i>	<i>in_3</i>
4	Датчик температуры	<i>RTemp</i>	<i>in_4</i>
Выходы			
5	ИК-нагреватели	<i>Nagrev</i>	<i>q_1</i>
6	Нагревательный элемент	<i>Podogrev</i>	<i>q_2</i>
7	Вентилятор	<i>Ventil</i>	<i>q_3</i>
8	Инерционный вибратор	<i>Vibrator</i>	<i>q_4</i>
9	Световая сигнализация включения	<i>LampOn/Off</i>	<i>q_5</i>
10	Световая сигнализация «Авария»	<i>LampAvar</i>	<i>q_6</i>
11	Звуковая сигнализация «Авария»	<i>Zvonok</i>	<i>q_7</i>



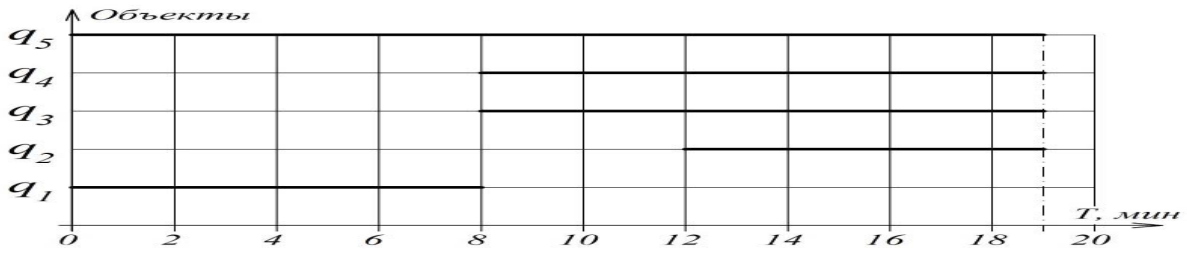


Рис. 2. Временные циклограммы процесса сушки растительного материала: q_1 – ИК-нагреватели; q_2 – нагревательный элемент; q_3 – вентилятор; q_4 – инерционный вибратор; q_5 – световая сигнализация включения

совокупность и схема соединения которых представлена на рис. 3.

При подаче на вход in_1 контроллера сигнала $TRUE$ (истина или логическая единица) от нормально разомкнутого контакта кнопки запуска процесса сушки «*Push*» на выходе Q R-триггера «*Rtrig1*» устанавливается $TRUE$. Сигнал логической единицы получают входы $ENABLE$ функциональных блоков «*blinker1*» и «*blinker2*» (генераторы прямоугольных импульсов) [8, 9].

Генератор прямоугольных импульсов имеет входы: $ENABLE$ – тип данных $BOOL$, $TIMELOW$ и $TIMEHIGH$ – тип данных $TIME$; выход OUT – тип данных $BOOL$. $BLINK$ запускается по входу $ENABLE = TRUE$. Длительность импульса задается $TIMEHIGH$, длительность паузы – $TIMELOW$ [8, 9].

Для управления ИК-нагревателями (*Nagrev* – q_1) на функциональном блоке «*blinker2*» задается время работы $TIMEHIGH$ – 8 мин ($t\#8m$), время паузы $TIMELOW$ – 12 мин ($t\#12m$).

Управление световой сигнализацией включения *Lamp On/Off* (q_5) осуществляется с помо-

щью блока «*blinker1*», где задается $TIMEHIGH$ – 19 мин ($t\#19m$) и $TIMELOW$ – 1 мин ($t\#1m$).

В соответствии с циклограммой (см. рис. 2) выходы q_2 (*Podogrev*), q_3 (*Ventil*) и q_4 (*Vibrator*) включаются с задержкой по времени, для реализации которой в *CoDeSys* используется функциональный блок TON (таймер с задержкой включения) [8, 9].

При подаче $TRUE$ на вход IN (тип данных $BOOL$) функционального блока «*ton1*», начинается отсчет времени на выходе ET (тип данных $TIME$) до значения, равного заданному на входе PT (тип данных $TIME$) – 8 мин ($t\#8m$). На выходе Q (тип данных $BOOL$) появляется $TRUE$. Таким образом, выход Q устанавливается с задержкой PT от фронта входа IN [7–9].

Далее запускается функциональный блок «*blinker3*». Для управления вентилятором q_3 (*Ventil*) и инерционным вибратором q_4 (*Vibrator*) на входах блока «*blinker3*» задается $TIMEHIGH$ – 11 мин ($t\#11m$) и $TIMELOW$ – 8 мин ($t\#8m$) [6, 8, 9].

Включение нагревательного элемента q_2 (*Podogrev*) с задержкой времени на 12 мин обес-

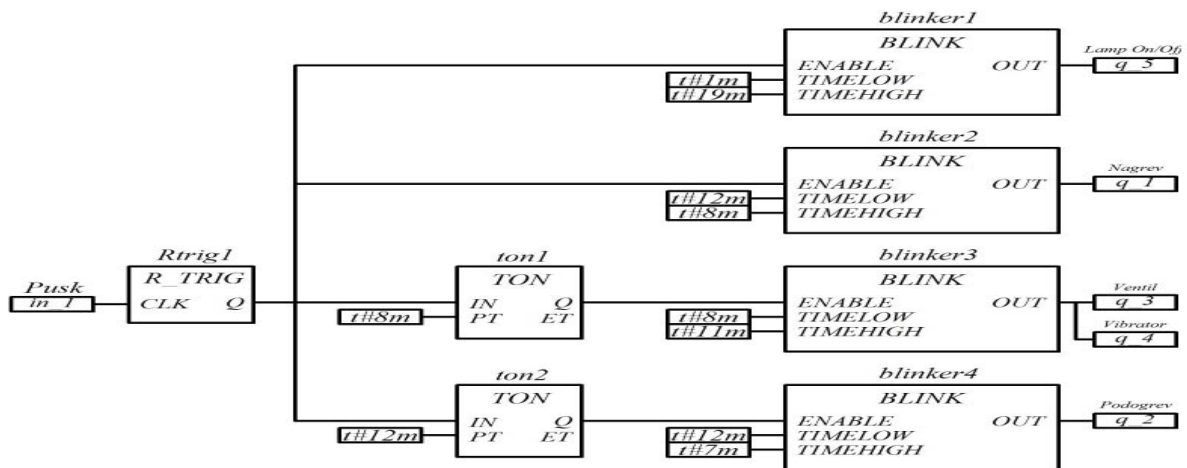


Рис. 3. Логическая схема управления процессом сушки



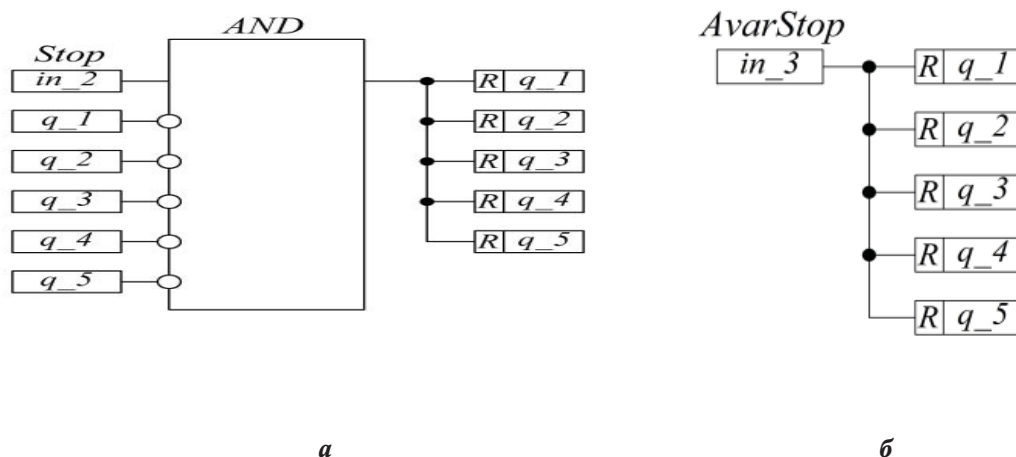


Рис. 4. Логические схемы остановки процесса сушки (а) и аварийной остановки (б)

печивает блок «ton2». На функциональном блоке «blinker4» задается *TIMEHIGH* – 7 минут (*t#7m*) и *TIMELOW* – 12 мин (*t#12m*).

Остановка процесса сушки осуществляется с помощью кнопки «Stop» только в течение 1 мин, когда все операции в рамках одного цикла закончены (световая сигнализация *Lamp On/Off* не горит). Логическая схема, реализующая данный алгоритм, представлена на рис. 4,а. При необходимости, например, в случае аварии технологический процесс можно отключить с помощью аварийной кнопки «AvarStop» в любой момент времени (рис. 4, б).

Для защиты сушеного материала от перегрева предусмотрен терморезистор 15 (см. рис. 1), подающий сигнал обратной связи по температуре ($t_{\text{суш}}$) на вход ПЛК 4. Функциональный блок

GT – оператор сравнения «Больше» возвращает *TRUE*, если значение первого параметра больше второго (рис. 5) [8, 9].

В случае если сигнал от терморезистора $t_{\text{суш}}$ превышает заданное значение $t_{\text{задан}}$ ($t_{\text{суш}} > t_{\text{задан}}$), на входе двоичного оператора *GT* (см. рис. 5) устанавливается *TRUE*, что приводит к отключению (*RESET*) выходов $q_1 - q_5$ и включению световой *LampAvar* (q_6) звуковой *Zvonok* (q_7) аварийных сигнализаций через функциональный блок «blinker» [8, 9].

Таким образом, предлагаемая программная система автоматического управления процессом сушки с использованием ПЛК позволит повысить качество конечного высушенного растительного материала, ввиду точного соблюдения временных циклов операций; заменить одним

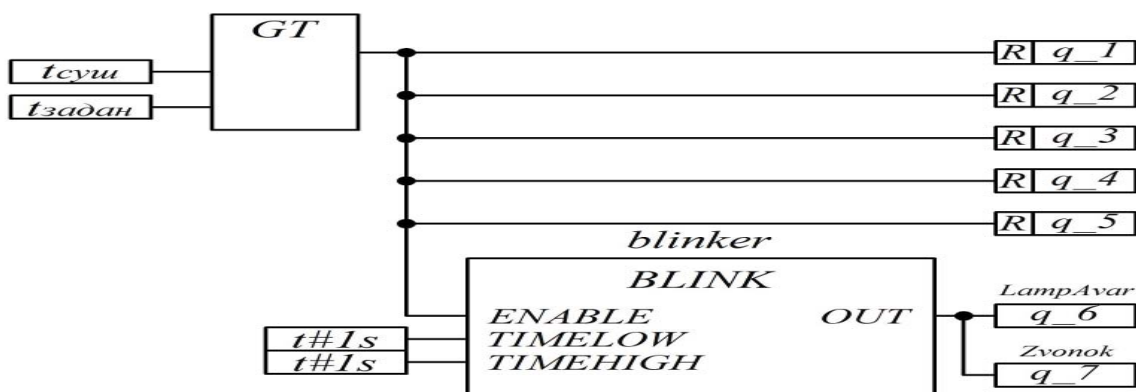


Рис. 5. Логическая схема защиты сушеного материала от перегрева



устройством любое необходимое количество отдельных элементов релейной автоматики, что повышает надежность САУ; минимизирует затраты на тиражирование, ввод в эксплуатацию и обслуживание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарипова Э.Х.* Получение пищевых порошков из растительного сырья в вибрационной сушилке-мельнице: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2011. – 17 с.
2. *Каргин В. А.* Система управления электромагнитной ударной машиной // Образовательная среда сегодня и завтра: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2015. – С. 303–306.
3. *Любайкин С.Н., Лягина Л.А.* Совершенствование способа сушки продуктов растительного происхождения // Аграрный научный журнал. – 2010. – № 5. – С. 37–39.
4. *Лягина Л.А., Еремин В.С., Рыбаков О.А.* Инфракрасно-конвективная сушка растительного сырья // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2014. – С. 217–219.
5. *Лягина Л.А., Еремин В.С., Рыбаков О.А.* Инфракрасно-конвективный теплообмен растительного сырья // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2014. – С. 219–220.
6. *Лягина Л.А.* Влияние скорости воздуха при обдуве на процесс сушки // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2016. – С. 121–122.
7. *Моисеев А.П., Волгин А.В., Каргин В.А.* Совершенствование электрического преобразователя электромагнитного привода кормораздаточного транспортера // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 31. – С. 41–43.
8. *Петров И.В.* Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.

9. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.

10. *Усанов К.М., Каргин В.А., Ивченко А.В.* Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. академия, 2010. – С. 228–231.

11. *Усанов К.М., Каргин В.А., Ивченко А.В.* Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 1. – С. 22–23.

12. *Усанов К.М., Мошкин В.И., Каргин В.А.* Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.

13. *Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А.* Совершенствование установки сушки растропши за счет автоматизации процесса измерения влажности // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 7. – С. 52–54.

14. *Четвериков Е.А., Лягина Л.А., Моисеев А.П.* Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения. – Саратов: Амирит, 2016. – 186 с.

Лягина Людмила Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Каргин Виталий Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Моисеев Алексей Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-86.

Ключевые слова: сушка растительного сырья; инфракрасно-конвективный способ сушки; программируемый логический контроллер; логические схемы управления и защиты; программные системы автоматического управления.

SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE DRYING PROCESS OF VEGETABLE RAW MATERIALS

Lyagina Lyudmila Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Engineering Physics Electrical Machinery and Electrotechnology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kargin Vitaly Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Engineering Physics Electrical Machinery and Electrotechnology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Moiseev Aleksei Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Engineering Physics Electrical Machinery and Electrotechnology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: drying plant material; infrared convection method of drying; programmable logic controller; logic circuits management and protection; software system automatic management.

This article considers the prospects for the use of programmable logic controllers to automate the process of plant raw material drying by infrared drying method. They are given a functional diagram of the software of ACS and logical diagrams of protection and control technological operations.

