

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ЗЕРНА ЗЕРНОВЫХ СУШИЛОК ПО ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА НА ВЫХОДЕ

Ю.А. Сидоренко, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Предложен алгоритм автоматического управления процессом сушки зерна зерновых сушилок по влажности зерна на выходе, позволяющий стабилизировать заданную влажность зерна на выходе из зерновой сушилки и снизить энергоемкость технологического процесса сушки.

The article offers an algorithm of automatic control of the drying process for grain dryers, grain moisture content of grain output, which allows to stabilize the desired grain moisture at the exit of the grain dryer and to reduce energy of drying process.

Введение

Автоматизации управления процессом сушки зерна на протяжении многих лет уделяется большое внимание. Связано это прежде всего с тем, что зерновая сушилка является сложным объектом управления, включающим биологическую составляющую – зерно и техническую – зерносушильный комплекс. Центральным звеном зерносушильного комплекса является зерновая сушилка, которая должна обеспечить разнообразные режимы сушки в зависимости от вида культуры зерна и его целевого назначения (семенное зерно, продовольственное зерно, фуражное зерно). В процессе сушки влажность и температура зерна на входе в зерносушилку существенно колеблются [1]. Параметры сушилки, как динамического объекта управления, не остаются постоянными с изменением режимов. Все это приводит к тому, что оператор при ручном управлении не в состоянии обеспечивать близкий к оптимальному ход технологического процесса. При ручном управлении колебания температуры теплоносителя составляют $15...20^{\circ}\text{C}$, колебания температуры зерна – $5...7^{\circ}\text{C}$, колебания влажности зерна – $4...6\%$ от требуемых значений. Производительность зерносушильных комплексов при этом не превышает 70% номинальной, а удельные затраты энергии на сушку увеличиваются [2, 3].

Основная часть

Влажность зерна W на выходе из зерносушилки и температура Θ зерна зависят от температуры теплоносителя Θ_T , количества теплоносителя L , подаваемого в зерносушилку, относительной влажности теплоносителя φ , скорости V движения зерна и времени t пребывания зерна в сушильной камере, конструктивных параметров N сушилки, исходной влажности W_0 зерна, подаваемого в сушилку, и исходной температуры зерна Θ_0 [2, 4, 5]:

$$\Theta, W = \psi(\Theta_T, L, \varphi, V, t, N, W_0, \Theta_0).$$

По литературным данным [2, 4, 5], наиболее сильная корреляционная связь наблюдается между начальной W_0 и конечной W влажностью зерна, начальной Θ_0 и конечной Θ температурами зерна. Таким образом, начальная влажность и температура зерна являются основными возмущающими воздействиями. Сильная корреляционная связь существует между скоростью V движения и конечной влажностью W зерна [2, 3, 5]. Поскольку скорость V и время t пребывания зерна в сушильной камере однозначно связаны через конструктивные параметры зерносушилки с ее производительностью, основным управляющим воздействием, обеспечивающим влажность зерна на выходе, является производительность (изменение производительности).

Управлять влажностью W зерна на выходе путем изменения температуры теплоносителя нецелесообразно, поскольку снижение температуры теплоносителя ведет к потере энергоэффективности процесса сушки [2]. Температуру теплоносителя целесообразно снижать, если температура зерна превысила допустимый уровень. Это значит, что температуру теплоносителя следует использовать в качестве управляющего воздействия на объект только по каналу управления температурой зерна. Для этих целей был предложен алгоритм связанного автоматического управления температурой зерна и теплоносителя зерновых сушилок [6].

Остальные переменные слабо коррелированы с конечной влажностью W и температурой Θ зерна, поэтому их можно рассматривать как неосновные возмущающие воздействия.

Для успешного синтеза любой системы управления необходимо, чтобы объект был подготовлен к автоматизации. Объект должен обеспечивать режимы, близкие к оптимальным по своим эксплуатаци-

онным возможностям. Он должен обеспечивать возможность управления режимами работы при отклонении управляемых переменных от требуемых значений. Необходимо наличие достаточно точных измерительных приборов.

С целью управления производительностью современные зерносушилки снабжают частоторегулируемым приводом выгрузного устройства. Сушилка должна быть снабжена датчиком влажности зерна. Например, хорошо зарекомендовали себя поточные влагомеры предприятия «Микрорадар» [7]. Немаловажное значение имеет предварительное информационное обеспечение для предварительного выбора номинальных режимов работы (производительности в зависимости от культуры, исходной влажности зерна и целей сушки), которое приводится в инструкциях по эксплуатации. Такие рекомендации позволяют выбрать исходный режим работы системы на программном уровне.

Исходя из вышеизложенного, система должна быть снабжена программатором для выбора номинальных режимов работы и параметров настройки контура регулирования влажности при изменении производительности.

При разработке алгоритма контура управления

влажностью зерна на выходе из зерносушилки необходимо учесть следующее.

По возмущающему воздействию – изменению влажности зерна на входе в зерносушилку объект управления обладает большим транспортным запаздыванием, равным времени пребывания зерна в сушильной камере. Кроме того, объект управления обладает большой инерционностью по управляющему воздействию с временем переходного процесса, равным времени пребывания зерна в сушильной камере. Все это кардинально затрудняет управление.

В связи с вышеизложенным, предложен следующий алгоритм управления, представленный в виде структурной схемы на рис. 1.

В регулятор введен широтно-импульсный модулятор (ШИМ), формирующий импульсный сигнал, с временем импульса, пропорциональным ошибке e .

Релейный коммутатор введен для прерываний управляющего сигнала $X_{уп}$ на время паузы широтно-импульсного сигнала.

Элемент памяти введен для сохранения величины управляющего сигнала X_y на время паузы широтно-импульсного сигнала.

Предлагаемые меры позволяют повысить быстроту действия и подавить колебательность системы.

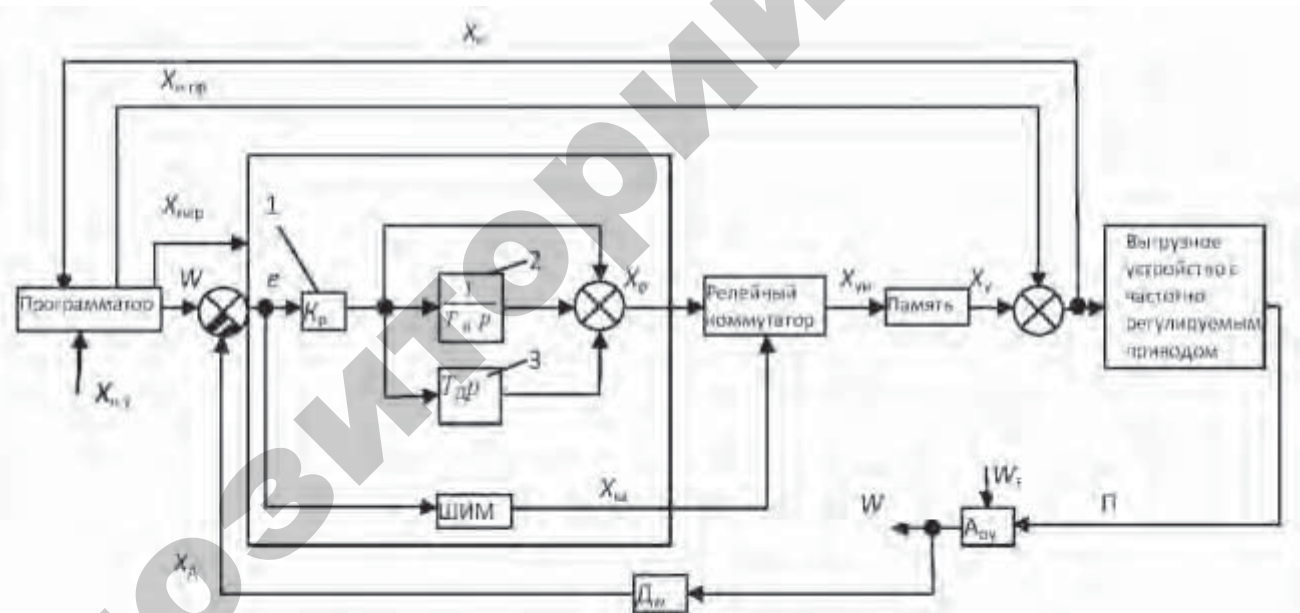


Рисунок 1. Структурная схема алгоритма управления зерносушилкой: 1 – пропорциональный канал регулирования; 2 – интегральный канал регулирования; 3 – дифференциальный канал регулирования; ШИМ – широтно-импульсный модулятор; $A_{оп}$ – оператор математического описания сушилки как объекта управления; D_w – датчик влажности зерна на выходе из зерносушилки; W_3 – заданная влажность зерна на выходе из зерносушилки; e – ошибка системы; X_p – сигнал на выходе каналов регулирования; $X_{ш}$ – импульсный сигнал на выходе широтно-импульсного модулятора; $X_{уп}$ – импульсный управляющий сигнал; X_y – управляющий сигнал с прерыванием изменения управляющего воздействия на выгрузное устройство; Π – производительность зерносушилки; W – влажность зерна на выходе из зерносушилки; X_d – сигнал датчика влажности зерна на выходе из зерносушилки; $X_{н,у}$ – вектор начальных установок (культуры, цель сушки, исходная влажность зерна); $X_{пар}$ – вектор параметров настройки каналов регулирования и ШИМ; $X_{н,п}$ – сигнал установки начальной производительности; X_n – сигнал установленной производительности; W_F – влажность зерна на входе в зерносушилку (основное возмущающее воздействие).

Выводы

В материале статьи предложена общая структурная схема адаптивной системы непрерывного регулирования влажности зерна на выходе из зерносушилок на основе анализа особенностей технологического процесса сушки и динамики зерносушилок по каналам управляющего и возмущающего воздействий. Разработку такой структурной схемы следует рассматривать как известный необходимый этап постановки задач параметрического синтеза системы для конкретной зерносушилки при разработке ее систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анатазевич, В.И. Сушка зерна / В.И. Анатазевич. – М.: Лабиринт, 1997. – 245 с.
2. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: Колос, 2003. – 344 с.

3. Андрианов, Н.М. Особенности работы зерносушилок / Н.М. Андрианов // Техника в сельском хозяйстве, 2006. – № 4.

4. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Мн.: БГАТУ, 2007. – 592 с.

5. Андрианов, Н.М. Повышение эффективности процесса сушки путем совершенствования рабочих органов, системы контроля и управления зерновых сушилок: автореф. ... дис. канд. техн. наук / Н.М. Андрианов. – Санкт-Петербург, Пушкин, 2005. – 38 с.

6. Сидоренко, Ю.А. Алгоритм связанного автоматического управления температурой зерна и теплоносителя зерновых сушилок / Ю.А. Сидоренко // Агропанорама, 2012. – № 1.

7. Влагомеры: микроволновые поточные влагомеры и уровнемеры. Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.microradartest.com>. – Дата доступа: 19.11.13.

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25%
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5%
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 ^o C
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1%
Напряжение питания	220 В 50Гц,
Потребляемая мощность	30ВА

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и обеспечивает автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход 4-20 мА, а также интерфейс RS-485.