

## КОЛОНКОВЫЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ ЗЕРНА НА ВЫХОДЕ

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

### Аннотация

*Проведен анализ колонковой зерносушилки как объекта автоматизации. В результате проведенного анализа выявлены управляемые величины, управляющие и возмущающие воздействия на зерносушилку как объект управления влажностью зерна на выходе из зерносушилки и температурой зерна. Предложены функциональные схемы систем, обеспечивающие автоматизированное управление влажностью зерна на выходе из зерносушилки и температурой зерна.*

### Введение

Автоматизации управления процессом сушки зерна на протяжении десятков лет уделяется большое внимание. Связано это, прежде всего с тем, что рассматриваемый объект 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 °С, колебания температуры зерна – 5...7 °С, 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

#### Исходные требования к результатам сушки, процессу сушки и объекту управления

Стандарты предусматривают четыре состояния зерна по влажности (в %): сухое – 13...14; влажное – 15,6...17; сырое – свыше 17. Для длительного хранения пригодно только сухое зерно. Таким образом, конечная влажность качественного зерна должна составлять 13...14%. Влажность зерна на выходе зерносушилки может рассматриваться как цель управления, а точность ее поддерживается в качестве крите-

рия оптимальности системы, но это еще не гарантирует действительное качество сухого зерна. Для обеспечения качества зерна должны быть обеспечены необходимые режимы сушки. С точки зрения управления, соблюдение этих режимов можно рассматривать как ограничения. Съем влаги за один проход не должен превышать 6% для злаковых и 3...4% для бобовых культур, кукурузы, риса, проса и гречихи [3, 4]. Максимальная допустимая температура теплоносителя и зерна ограничена для различных культур и целей сушки (семенное зерно, продовольственное зерно, фуражное зерно). Соблюдение этих ограничений непосредственно обеспечивает качество зерна: всхожесть и развитие растений для семенного зерна; пищевую ценность для продовольственного и фуражного зерна [2, 5]. В то же время, снижение температуры теплоносителя существенно повышает удельную энергоемкость технологического процесса [2, 4, 6]. Поэтому, с точки зрения оптимальности системы, этот показатель желательно поддерживать на максимальном допустимом уровне. Следует отметить взаимосвязь между температурами зерна и теплоносителя. Поэтому снижение температуры теплоносителя следует проводить только в случаях, если температура зерна превышает допустимый уровень.

Для успешного синтеза любой системы управления необходимо, чтобы объект был подготовлен к автоматизации. Объект должен обеспечивать режимы близкие к оптимальным по своим эксплуатационным возможностям. Он должен обеспечивать возможность управления режимами работы при отклонении управляемых переменных от требуемых значений. Немаловажное значение имеет предварительное информационное обеспечение для выбора номинальных режимов работы. Например, для колонковой зерносушилки СЗК-8 в инструкции по эксплуатации приведена таблица для выбора производительности сушилки в зависимости от культуры, исходной влажности зерна и целей сушки (семенное зерно, продовольственное

зерно, фуражное зерно). Приведены также ограничения на температуру теплоносителя и зерна для каждого режима. Такие рекомендации позволяют выбрать исходный режим работы системы на программном уровне, что существенно облегчает синтез алгоритма управления.

**Анализ возможности управлением режимами работы зерносушилок. Управляющие и возмущающие воздействия**

Влажность зерна  $W$  на выходе из зерносушилки (влагосъем) и температура  $\Theta$  зерна зависят от температуры теплоносителя  $\Theta_T$ , количества теплоносителя  $L$ , подаваемого в зерносушилку, относительной влажности теплоносителя  $\varphi$ , скорости  $V$  движения и времени  $t$  пребывания зерна в сушильной камере, конструктивных параметров  $N$  сушилки, исходной влажности  $W_0$  зерна, подаваемого в сушилку, и исходной температуры зерна  $\Theta_0$  [2, 5, 7]:

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

По литературным данным [2, 5, 7], наиболее сильная корреляционная связь наблюдается между начальной  $W_0$  и конечной  $W$  влажностью зерна, начальной  $\Theta_0$  и конечной  $\Theta$  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, 7]. 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. 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.

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

Рассмотрим зерновую зерносушилку СЗК-15, работающую в составе комплекса ЗСК-15 (ОАО «Амкодор», год внедрения 2007), с точки зрения возможности управления технологическим режимом. Сушилка снабжена позиционной системой автоматического регулирования степени заполнения сушилки, воздухонагревателем с системой регулирования температуры теплоносителя (агента сушки), поступающего в

зерносушилку при работе на жидком топливе, или газе (ВУ-Ж-2,0 или ВУ-Г-2,0). Количество нагретого воздуха, поступающего в зерносушилку, не регулируется. Производительность сушилки обеспечивается производительностью выгрузного устройства, которая регулируется вручную путем поднятия или опускания шторок. Сушилка снабжена датчиками температуры зерна. Датчик температуры теплоносителя входит в состав системы регулирования температуры теплоносителя. Для управления зерносушильным комплексом применен контроллер марки Mitsubishi Glofa-GM7U, сопряженный с ПЭВМ.

Проведенный анализ показывает, что зерновая сушилка СЗК-15, как объект управления влажностью зерна на выходе и температурой зерна, не полностью подготовлена к автоматизации. Производительность сушилки регулируется вручную. Сушилка не снабжена датчиками влажности зерна, позволяющими оперативно контролировать влажность. Положительным является наличие регулятора температуры теплоносителя (система стабилизации). Также положительным является применение в системе управления контроллера, что позволяет реализовать сложные алгоритмы управления.

Наиболее просто, с точки зрения синтеза системы, может быть решен вопрос о подготовке объекта к автоматизации. Для обеспечения управления производительностью выгрузное устройство может быть снабжено регулируемым приводом. В настоящее время ОАО «Амкодор» проводит работы по разработке и внедрению выгрузного устройства с частотно-регулируемым приводом. Сушилка должна быть снабжена датчиками влажности. Например, хорошо себя зарекомендовали поточные влагомеры, производимые предприятием «Микрорадар» [8].

**Структура системы управления**

При выработке предложений по структуре системы следует учитывать следующее. По каналу влажность « $W_0$  зерна на входе – влажность  $W$  зерна на выходе» объект управления обладает большим транспортным запаздыванием. Физические соображения позволяют предполагать, что объект можно приблизительно считать звеном чистого запаздывания, причем запаздывание зависит от производительности. В таких условиях, на наш взгляд, управление может быть обеспечено комбинированной системой управления: по основному возмущающему воздействию – изменению влажности зерна  $W_0$  на входе, и по ошибке – отклонению действительной влажности  $W$  на выходе от заданной  $W_z$ . Система должна быть снабжена программатором, обеспечивающим выбор и формирование предполагаемой номинальной производительности, исходя из влажности зерна на входе, культуры зерна, целевого назначения зерна (продовольственное, семенное или фуражное зерно) и регулятором, обеспечивающим изменение производительности в зависимости от ошибки. В связи с существенными изменениями параметров

объекта при изменении режимов работы система должна быть адаптивной. Функциональная схема системы управления представлена на рис. 1.

Другой подсистемой должна быть система связанного управления температурой зерна и теплоносителя. Функциональная схема связанной системы управления температурой зерна и теплоносителя представлена на рис. 2.

Функцией программатора является формирование программы изменений температуры  $Q_{zt}$  теплоносителя. Функцией регулятора является поддержание температуры  $\theta_t$  теплоносителя на уровне, заданном программатором.

### Заключение

В результате проведенного анализа выявлены управляемые величины, управляющие и возмущающие воздействия на зерносушилку как объект управления влажностью зерна на входе из зерносушилки и температурой зерна. Предложены функциональные схемы систем, обеспечивающих автоматизированное управление влажностью зерна на выходе из зерносушилки и температурой зерна.

### 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. – Москва: Колос, 2003. – 344 с.
3. Андрианов, Н.М. Особенности работы зерносушилок / Н.М. Андрианов // Техника в сельском хозяйстве, 2006. – №4.
4. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Н.М. Неделько. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 386 с.
5. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 592 с.
6. Голубович, В.Д. Оптимизация технологии двухэтапной сушки зерна в условиях переменных режимов / А.В. Голубович, К.А. Белобородов, Д.С. Ламкин, А.Д. Галкин, В.Д. Галкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – №4.

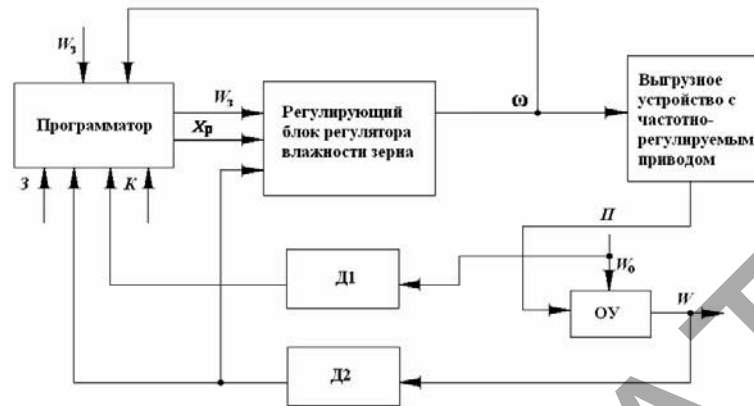


Рисунок 1. Функциональная схема системы автоматического управления влажностью зерна на выходе из зерносушилки: ОУ – сушилка как объект управления влажностью зерна; Д1 – датчик влажности зерна на входе в зерносушилку; Д2 – датчик влажности зерна на выходе из зерносушилки;  $W_3$  – заданная влажность зерна на выходе из зерносушилки; З – целевое назначение зерна (семенное, продовольственное или фуражное зерно); К – культура;  $X_p$  – вектор параметров регулятора;  $\omega$  – частота вращения привода; П – производительность зерносушилки; W – влажность зерна на выходе из зерносушилки;  $W_0$  – влажность зерна на входе в зерносушилку

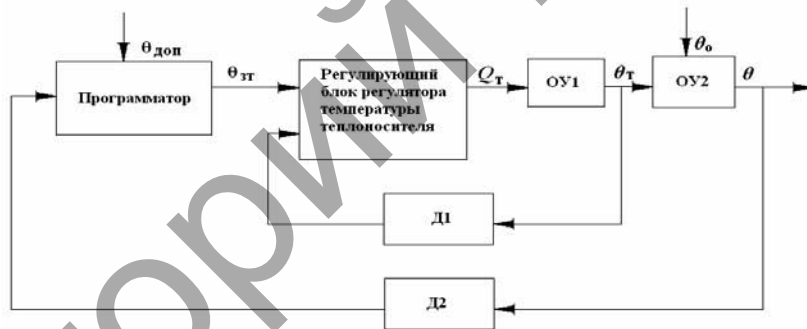


Рисунок 2. Функциональная схема связанной системы управления температурой теплоносителя и зерна: ОУ1 – воздушнонагреватель как объект управления температурой теплоносителя; ОУ2 – зерновая сушилка как объект управления температурой зерна; Д1 – датчик температуры теплоносителя; Д2 – датчик температуры зерна;  $\theta_{доп}$  – допустимая температура зерна;  $\theta_{zt}$  – заданная температура теплоносителя;  $Q_t$  – количество топлива, подаваемое в камеру сгорания воздушнонагревателя;  $\theta_t$  – температура теплоносителя;  $\theta$  – температура зерна в зерносушилке;  $\theta_0$  – температура зерна на входе в зерносушилку

7. 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.

8. Влагомеры. Раздел: Микроволновые поточные влагомеры и уровнемеры. Автоматизация технологических процессов [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.microradartest.com>. – Дата доступа: 12.04.08.