

УДК 631.171

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ В ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКЕ

Якубовская Е.С., ст. преподаватель,

Дмитриева К.С., студент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация. В статье показана важность управления процессом сушки зерновых в зависимости от типа и вида зерновой культуры с учетом энергосбережения. Раскрыт алгоритм управления, реализуемый устройством управления - контроллером. Приведены результаты моделирования системы автоматического регулирования температуры теплоносителя, подаваемого в шахтную зерносушилку.

Ключевые слова: сушка зерновых, интеллектуальная система автоматического управления, моделирование.

Постановка проблемы. Сушка зерновых является эффективным приемом для обеспечения длительного хранения зерна. Но в тоже время этот процесс весьма энергоемок [1, с. 7]. При этом требуется обеспечить необходимые режимы сушки [2, с. 209], требующие выдержать температуру, которая сохранит продовольственные либо семенные качества зерна. То есть необходима интеллектуальная система управления, которая в зависимости от вида и типа зерновой культуры будет поддерживать необходимую температуру сушки при обеспечении требуемой выходной влажности, при этом обеспечивая максимальную производительность зерносушилки.

Основные материалы исследования. Для обеспечения автоматической работы зерносушилки предусматривают необходимый объем технических средств автоматизации, который на примере шахтной зерносушилки ЗСК-40ША показан на рис. 1.

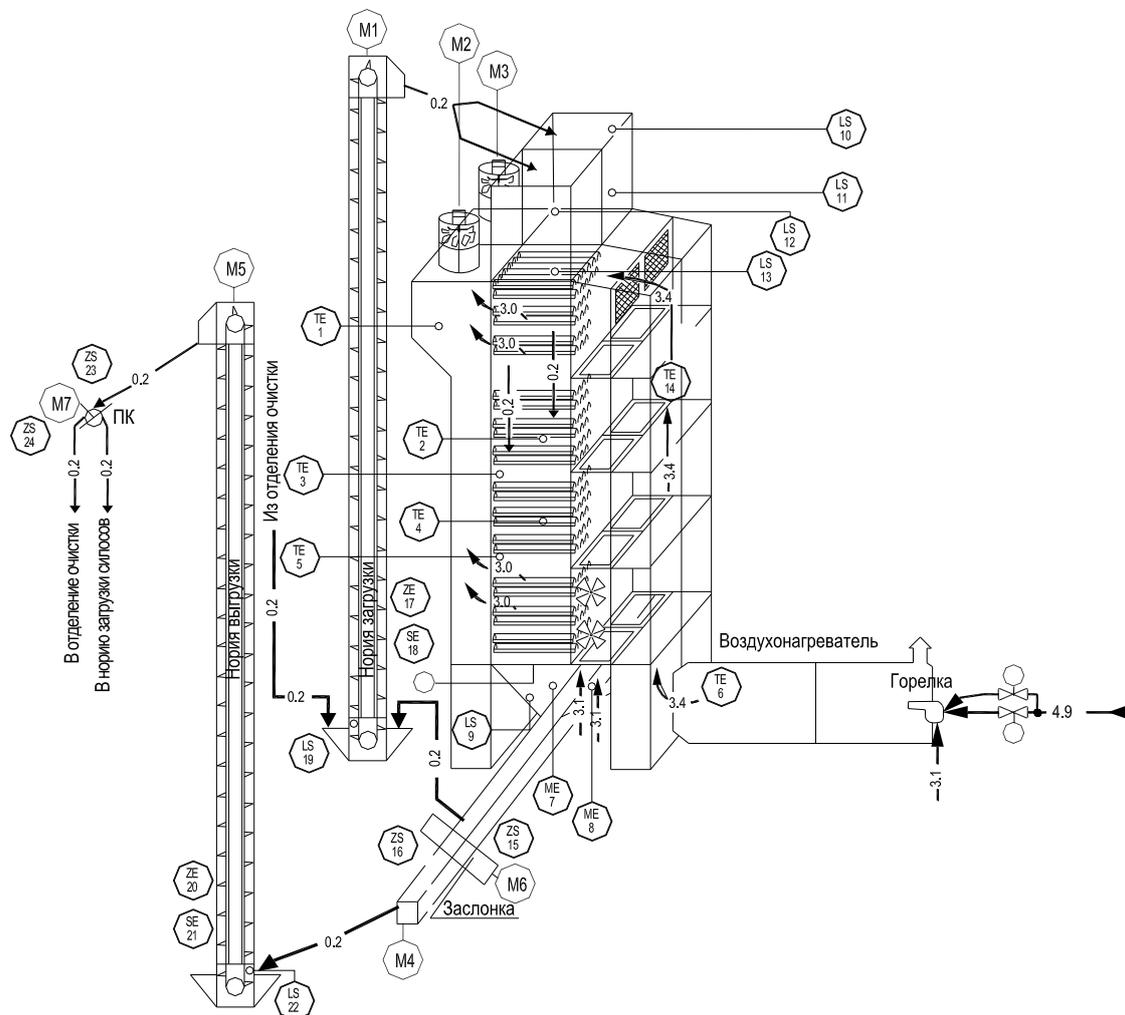


Рис. 1. – Состав датчиков и технических для автоматизации процесса сушки зерновых в шахтной зерносушилке

Зерносушилка может работать в двух режимах: циклическом или поточном [3, с. 19]. Маршрут движения зерна изменяется с помощью перекидных клапанов ПК. На выходе из сушилки следует контролировать влажность, что обеспечивается по шахтам датчиками влажности ME7 и ME8. Температура зерна контролируется датчиками TE2-TE5 по секциям сушильных шахт в точках наибольшего нагрева. Для стабилизации температуры теплоносителя ее контролируют

датчиком TE14 на входном канале в шахты зерносушилки. Также контролируют температуру отработанного теплоносителя датчиком TE1. Чтобы не допустить перегрева зерна по сигналам датчиков температуры устанавливают скорость выгрузки. Выгрузное устройство в данных сушилках представляет собой механизм, работающий в импульсно-периодическом режиме. Привод выгрузного механизма – пневматический, нормальное положение – закрытое. При кратковременном открытии заслонок зерно обрушивается из сушильных шахт в приемный бункер станины. После закрытия заслонок движения зерна в шахтах прекращается. Продолжительность открытия заслонок и частота срабатывания клапана заслонок будет влиять на скорость выгрузки и должна устанавливаться автоматически устройством управления. Также имеется режим, когда выгрузное устройство работает по сигналу датчика уровня (LS9). Как только выгрузной конвейер выгрузит все зерно из приемного бункера, подается сигнал на пневмоцилиндр для открытия заслонки на установленное время импульса.

Температура теплоносителя поддерживается за счет изменения воздухоподдачи в воздухонагреватель. При использовании жидкого или газообразного топлива устройство управления переключает клапаны 1-й и 2-й ступени, которые подают топливо к форсункам горелки.

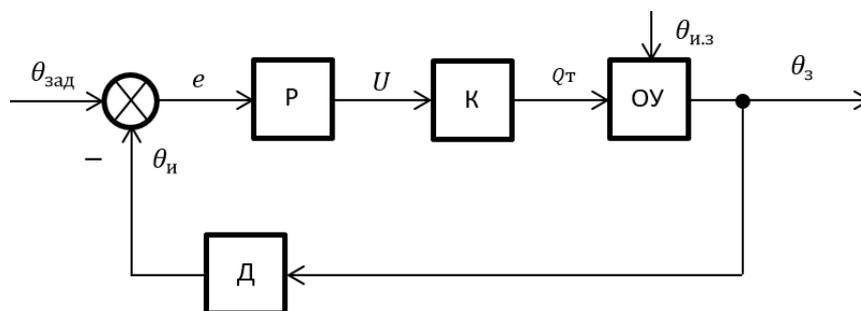
Сушильные шахты заполняют до уровня контролируемого датчиками уровня в накопительных секциях – верхний уровень LS10 и LS12, нижний – LS11 и LS13.

Также предусматривается защита для каждой нории: контролируют скорость вращения ленты (датчик SE), сбег ленты с помощью индукционных датчиков ZE, превышение подачи зерна с помощью емкостных датчиков подпора LS.

С учетом требования установления режима сушки следует поддерживать температуру нагрева и температуру теплоносителя на

рекомендуемом уровне. Это требует разработки системы автоматического управления, которая по выбору оператором вида и типа зерновой культуры, например, через панель оператора или программное обеспечение, установленное на компьютер, или удаленно через сайт будет обеспечивать необходимый режим сушки и выходную влажность зерна. При этом для точного поддержания температуры теплоносителя необходимо предусматривать плавное управление клапаном подачи топлива. В этом случае необходимо подобрать параметры настройки программного регулятора для обеспечения приемлемого качества регулирования, которые могут быть получены в ходе моделирования работы системы автоматического регулирования.

В состав системы автоматического регулирования температуры теплоносителя входит (рис. 2) объект управления ОУ – теплогенератор, датчик температуры теплоносителя Д, с которого сигнал измеренной температуры $\Theta_{и}$ поступает в контроллер, который является одновременно и сравнивающим устройством и регулятором Р, рассчитав сигнал ошибки e между измеренным и заданным значением температуры $\Theta_{зад}$ контроллер обеспечивает формирование сигнала напряжения U , прикладываемого к клапану непрерывного действия К. Клапан обеспечивает изменение подачи топлива Q_T , тем самым изменяя температуру теплоносителя (управляющее воздействие).



Р – регулятор (контроллер), К – клапан, ОУ – объект управления,
Д – датчик

Рис. 2. – Функциональная схема системы автоматического регулирования

Управляемым параметром является температура теплоносителя Θ_3 . Возмущающим воздействием является начальная температура зерна $\Theta_{н.з.}$. Передаточная функция объекта управления по данному каналу соответствует апериодическому звену второго порядка с запаздыванием с числовым выражением коэффициентов: $k_0 = 0.31$, $T_1 = 176$ с, $T_2 = 86$ с, $\tau_0 = 30$ с [2, с. 211].

По литературным и справочным данным находим математическое описание других звеньев системы и получаем структурную алгоритмическую схему системы автоматического регулирования (рис. 3).

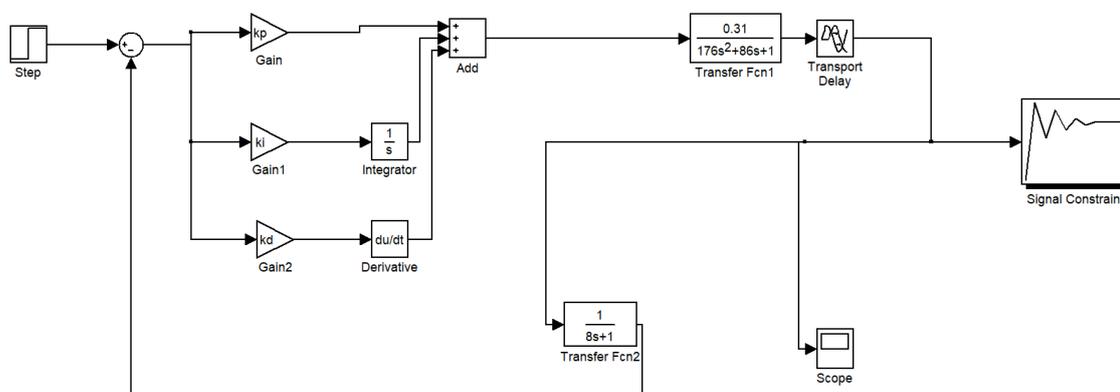


Рис. 3. – Структурная алгоритмическая схема системы автоматического регулирования температуры теплоносителя

Моделирование проведем в прикладном пакете MATLAB. Необходимо заметить, что закон регулирования на схеме рис. 3 представлен тремя составляющими: пропорциональной, интегральной и дифференциальной, объект управления представлен двумя звеньями (апериодическим звеном второго порядка и звеном транспортного запаздывания). Передаточная функция клапана учтена в составе передаточной функции объекта управления.

Для оптимизации системы регулирования воспользуемся блоком Signal Constraint. Используем метод градиентного спуска. При этом

начальной точкой эксперимента будет: $k_p = 3$, $k_i=0$, $k_d=0$, что соответствует пропорциональному закону регулирования. В данной точке переходной процесс в системе характеризуется следующими параметрами: наличие статической ошибки (30 %), время регулирования – 300 с, перерегулирование отсутствует. Это неудовлетворительные показатели качества регулирования.

В качестве критерия оптимизации выбраны следующие показатели качества, определяемые по графику переходного процесса: отсутствие статической ошибки, перерегулирование – не более 20 %, время регулирования не более 150 с.

В результате подбора параметров заикливание произошло в точке со следующими значениями коэффициентов: $k_p = 2,2$; $k_i = 0,023$; $k_d = -0,09$. График переходного процесса оптимизированной системы автоматического регулирования приведен на рис. 4 и характеризуется следующими показателями: статическая ошибка отсутствует, перерегулирование – 5%, время регулирования 130 с.

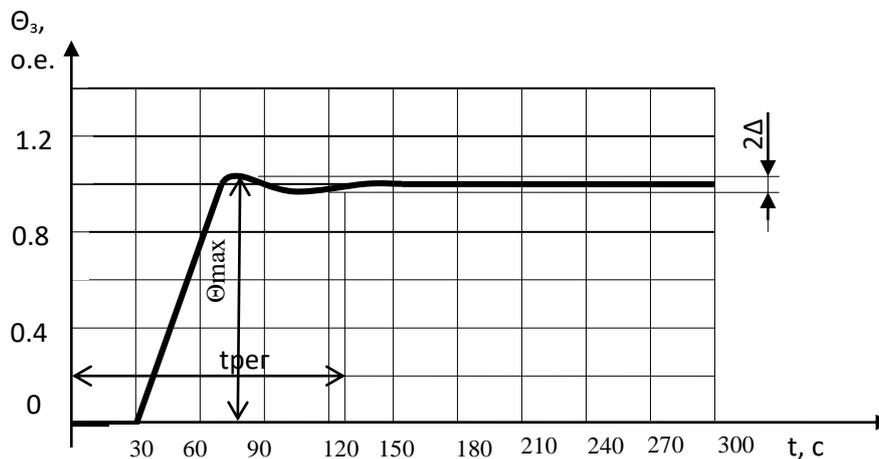


Рис. 4. – Переходной процесс оптимизированной системы автоматического регулирования

Таким образом, при установке в программном регуляторе найденных коэффициентов настройки, будет обеспечено приемлемое качество регулирования.

Выводы. Интеллектуальная система управления процессом сушки зерновых в шахтной зерносушилке должна обеспечивать выходную влажность зерновых не более 14 %, при этом при заданных типе и виде зерновой культуры поддерживать оптимальный режим сушки, устанавливая максимально возможную температуру теплоносителя, но не допуская перегрева зерна в точках наибольшего нагрева. Поэтому в программе управления такой системы должна быть база заданных значений температур нагрева культуры и теплоносителя, с которыми ведется сравнение. Добиться точности поддержания температуры теплоносителя позволит использование программного ПИД-регулятора, для которого должны быть заданы параметры настройки, которые подобраны в процессе моделирования.

Список использованных источников

1. Михайловский Е.И. Эксплуатация очистительно-сушильных комплексов отечественных производителей: пособие / Е.И. Михайловский, И.Н. Шило. – Минск: БГАТУ, 2011. – 348 с.
2. Якубовская Е.С. Автоматизация технологических процессов и оборудования в АПК : учебное пособие / Е.С. Якубовская. – Минск: БГАТУ, 2024. – 380 с.
3. Комплексы зерноочистительно-сушильные ЗСК-Ш, ЗСК-ША: руководство по эксплуатации. – ОАО "АМКОДОР-СЕМАШ" – управляющая компания холдинга", 2020. – 270 с.