

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

М.В. Халин, Е.И. Востриков, С.А. Гусейнова, Д.Г. Часовщиков

Определена энергоэффективная модель и алгоритм управления электрическим аппаратом подогрева зерна, обеспечивающие функционирование установки при совместном регулировании её производительности и мощности многоэлектродных композиционных электрообогревателей с учетом переменной подачи зернового материала.

Ключевые слова: расчетная модель аппарата подогрева зерна, многоэлектродный композиционный электрообогреватель, мощность нагрева, температура нагрева, энергоэффективная система подогрева

Проблема создания энергоэффективных технологий и технических средств предварительного подогрева зерна на зерноперерабатывающих предприятиях АПК в современных условиях дефицита и высокой стоимости электроэнергии приобретают особую актуальность. Целесообразность использования электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ) на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) доказана предыдущими исследованиями [1-5].

Для успешного функционирования ЭАПЗ необходимо разработать алгоритм управления системой автоматического регулирования (САР) процессом подогрева зерна. Очевидно, основным параметром, определяющим функциональное назначение ЭАПЗ, является заданная температура подогретого зерна на выходе аппарата.

Целью настоящего исследования является разработка и обоснование расчетных моделей при проектировании ЭАПЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1 Разработать структурные модели функционирования ЭАПЗ, осуществляющие алгоритмы управления в зависимости от производительности и мощности установки.

2 Сформулировать требуемый алгоритм управления САР при наличии обратных связей, позволяющих корректировать работу ЭАПЗ.

3 Определить рациональный способ управления САР, обеспечивающий энергоэффективный режим функционирования ЭАПЗ.

Для определения наиболее эффективного способа управления работой ЭАПЗ рассмотрим три варианта моделей.

1 Регулирование мощности электрообогревателей МКЭ ($P_{Э}$) при постоянной производительности ЭАПЗ (G_A)

Блок-схема САР работы ЭАПЗ при $G_A = \text{const}$ и $P_{Э} = \text{var}$ представлена на рисунке 1. Система автоматического регулирования работает следующим образом. Предварительно измеряется температура зерна в бункере - накопителе T_1 и вычисляется разность температур $\Delta T = T_{\text{вых}} - T_1$, где $T_{\text{вых}}$ - температура зерна на выходе ЭАПЗ. Далее включается нагрев МКЭ, температура на поверхности которых контролируется датчиками.

Температура на поверхности МКЭ не должна превышать $+45^\circ\text{C}$, что регламентируется биологическими нормами максимального подогрева зерна без нарушения его свойств. При превышении температуры $+45^\circ\text{C}$ на поверхности МКЭ нагрев отключается, при понижении температуры - нагрев включается. Системой управления предусмотрен отсчет времени нагрева МКЭ в зависимости от времени года, что обеспечивает энергоэффективный режим работы в зависимости от температуры окружающей среды.

По окончании времени нагрева начинается подача зерна в ЭАПЗ и осуществляется контроль за потоком зерна. Когда подача разрешена, а зерно на ЭАПЗ не поступает, то через некоторое время происходит отключение подачи зерна и срабатывает звуковая сигнализация. Если неполадка не устранена за определенный промежуток времени, равный времени выгрузки зерна из аппарата ЭАПЗ, то нагрев МКЭ отключается и весь процесс повторяется. При достижении зерном верхнего уровня отключается подача зерна на ЭАПЗ и отключается контроль потока зерна.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

Контроль за подогревом зерна осуществляется сверху и внизу аппарата. Если температура зерна T_B вверху аппарата станет равной $+15^\circ\text{C}$, то отключается нагрев и включается сигнализация, оповещающая о возможности перегрева, так как МКЭ обладают значительной инерционностью. При достижении температуры зерна $T_H = +15^\circ\text{C}$ внизу аппарата, происходит включение дозатора. Через определенный промежуток времени, происходит возобновление подачи зерна, включается контроль потока зерна и его нагрева, когда температура зерна T_B станет ниже температуры зерна T_H на 5°C . Если разрешение на включение дозатора прошло, а он не включился, то происходят отключения подогрева и подачи зерна, включение звуковой и световой сигнализации.

Во время работы дозатора зерно из аппарата попадает в шнек через дозатор, при накоплении зерна до определенного уровня срабатывает привод шнека и зерно начинает выгружаться. При отключении дозатора привод шнека еще продолжает работать определенное количество времени, и затем отключается. При температуре зерна $T_H < +15^\circ\text{C}$ отключается дозатор.

График функции регулирования $P_Э=f(\Delta T)$ представлен на рисунке 2. Расчеты выполнены по методике, изложенной в [6], по формуле:

$$P_Э = G_A \times c \times \Delta T, \quad (1)$$

где c - удельная теплоемкость зерна, $c = 1550 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

2 Регулирование производительности ЭАПЗ (G_A) при постоянной мощности электрообогревателей МКЭ ($P_Э$)

На рисунке 3 представлена функция регулирования $G_D=f(\Delta T')$, где G_D - производительность дозатора - распределителя; $\Delta T'$ - разность температур на входе и выходе ЭАПЗ.

Расчеты выполнены по формуле:

$$G_D = \frac{G_{зн} \times gradT}{\Delta T'}, \quad (2)$$

где $gradT$ - приращение температуры по мере прохождения зерна через аппарат в течение одной минуты, равное $+0,92^\circ\text{C}$, получено аналитическим путем;

$G_{зн}$ - масса зерна в зоне подогрева, равная 800 кг.

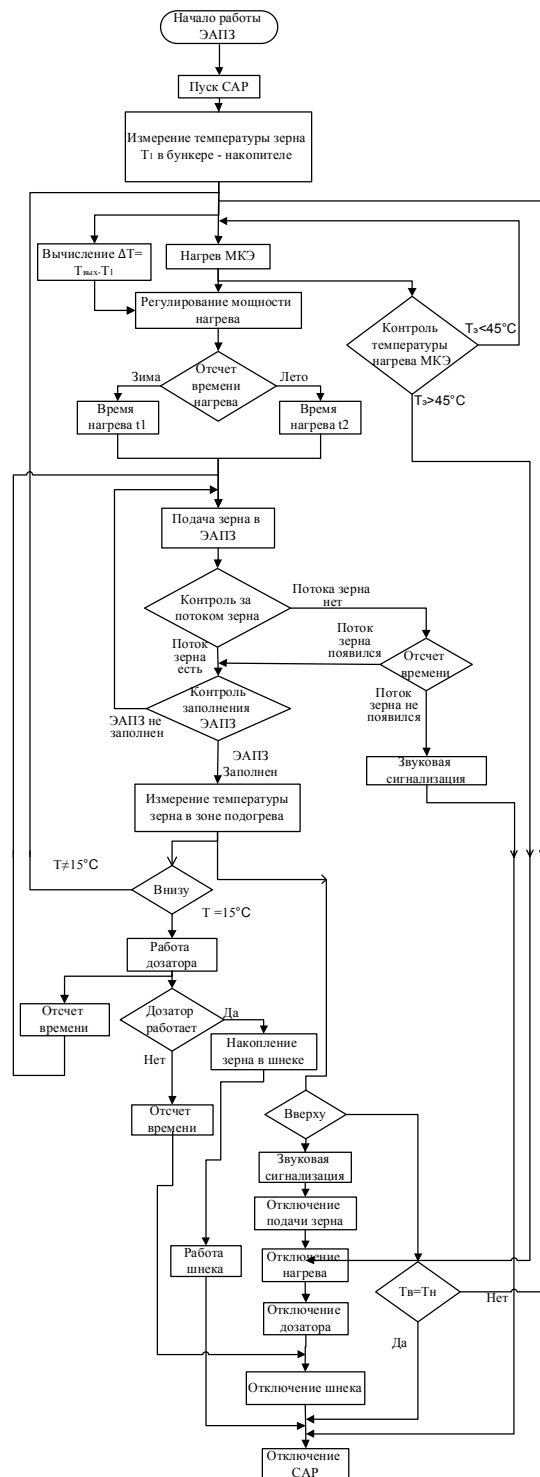


Рисунок 1 - Блок - схема САР при $G_A = \text{const}$ и $P_Э = \text{var}$

Система автоматического регулирования отличается от первого варианта модели тем, что температура на поверхности МКЭ поддерживается постоянной, равной $+45^\circ\text{C}$.

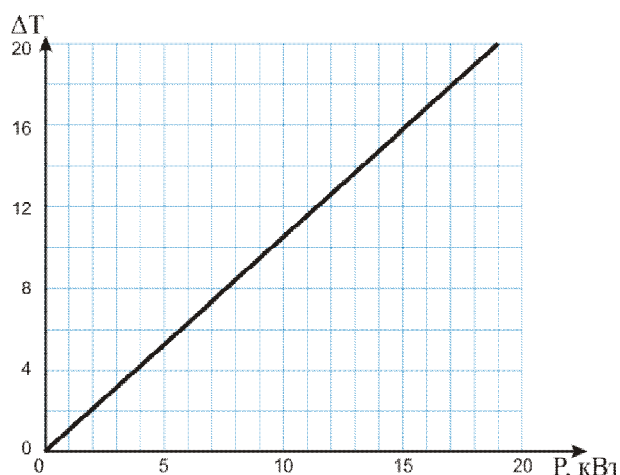


Рисунок 2 - Зависимость $P_{Э}=f(\Delta T)$ при $G_A - \text{const}$

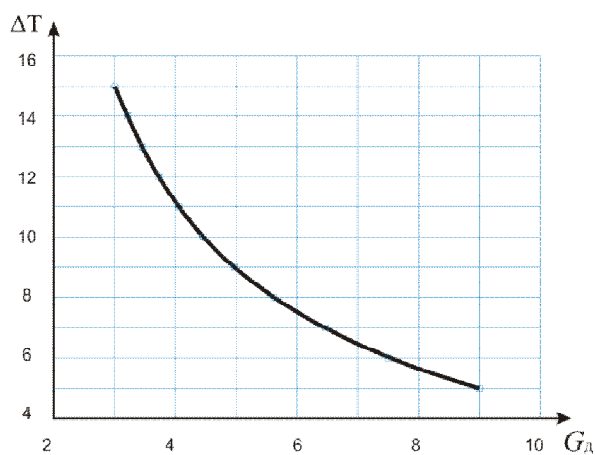


Рисунок 3 - Зависимость $G_{Д}=f(\Delta T)$ при $P_{Э} - \text{const}$

3 Регулирование производительности ЭАПЗ (G_A) при переменной мощности электрообогревателей МКЭ ($P_{Э}$)

Система автоматического регулирования отличается от первого и второго вариантов тем, что осуществляется одновременное регулирование производительности и мощности МКЭ при наличии цепей обратной связи. Такое регулирование обеспечивает наиболее энергоэффективный режим работы. На рисунке 4 представлены функции регулирования $G_{Д}=f(\Delta T)$, рассчитанные по формуле (2) с учетом того что, $gradT - \text{var}$

Алгоритм системы автоматического регулирования процессом подогрева зерна может быть сформирован на базе двух измерителей - регуляторов двухканальных с RS 485 ОВЕН ТРМ-202.

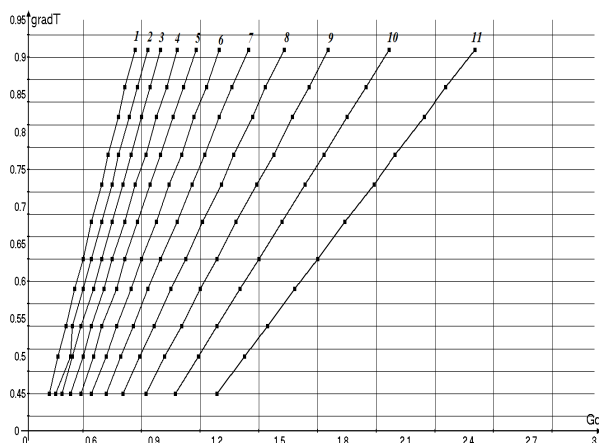


Рисунок 4 - Зависимости $G_{Д}=f(\Delta T)$ при $G_A - \text{var}$ и $P_{Э} - \text{var}$, где : 1 - при $\Delta T '=15$; 2 - при $\Delta T '=14$; 3 - при $\Delta T '=13$; 4 - при $\Delta T '=12$; 5 - при $\Delta T '=11$; 6 - при $\Delta T '=10$; 7 - при $\Delta T '=9$; 8 - при $\Delta T '=8$; 9 - при $\Delta T '=7$; 10 - при $\Delta T '=6$; 11 - при $\Delta T '=5^{\circ}\text{C}$

В результате проведенных исследований выполнено следующее.

1. Разработаны расчетные модели функционирования ЭАПЗ, осуществляющие алгоритмы управления в зависимости от производительности и мощности установки.
2. Определен наиболее рациональный способ управления системой автоматического регулирования, обеспечивающей энергоэффективный режим функционирования ЭАПЗ за счет регулирования производительности аппарата при переменной мощности электрообогревателей МКЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Халина, Т.М. Разработка проектно-конструкторской документации для создания устройств и установок на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей: отчет о НИОКР / Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош, М.Н. Строков, Е.И.Востриков, М.Ю. Зыбцев // ЭнергоЭффектТехнология - № ГР 02200953368, ГК № 5922р/6815. - Барнаул, 2009. - 178 с.
2. Пат. 2277210 РФ МПК F26B3/34. Способ подогрева зернового материала / Халина Т.М., Халин М.В., Дорош А.Б., Пугачев Г.А. - №2005100162/06; заявл 11.01.2005; опубл. 27.05.2006, Бюл № 15.
3. Пат. 2322297 РФ, МПК В 02 В 1/00, F 26 В 11/14, Н 05 В 3/26. Система подогрева зернового материала / Халина Т.М., Злочевский В.Л., Плотников В.Г. - № 2006108741/13; заявл. 20.03.2006; опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11.
4. Пат. 2351861 РФ, МПК F 26 В 17/12, F 26 В 23/04. Устройство для подогрева зерна / М.Н. Строков, Е.И. Востриков, Т.М. Халина, М.В. Халин

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

– № 2007115960/06; заявл. 26.04.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

5. Строков, М.Н. Расчет и проектирование систем подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей / М.Н. Строков // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: КрасГАУ, 2008. – № 6. – С. 276–282.

6. Строков, М.Н. Технология и технические средства подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей: дис... канд. техн. наук / М.Н. Строков. – Барнаул, 2009. - 116 с.

Халин Михаил Васильевич, докт. техн. наук, профессор, кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (РФ, г. Барнаул)

temf@yandex.ru

Востриков Евгений Иванович, аспирант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (РФ, г. Барнаул) *temf@yandex.ru*

Гусейнова Сабина Агаказым гызы, аспирант Института физики НАН Азербайджана (г. Баку). *sabish1977@rambler.ru*

Часовщиков Дмитрий Георгиевич, аспирант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (РФ, г. Барнаул) *temf@yandex.ru*