

- Юдаев, А.П. Тибирьков, Е.В. Азаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. - №3 (27). - С. 61 - 66.
5. Юдаев, И.В. Влияние электрофизической обработки посевного материала на сохранность растений озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. /И.В. Юдаев, А.П. Тибирьков, Е.В. Азаров // Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami. Materiały IX międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. 07 - 15 listopada 2013 roku. - Volume 32. / Rolnictwo: Przemysł. Nauka i studia. - 2013 -С.94 - 97.
6. А. с. 701711 СССР, МПК В 03 С 7/12. Электростатический пневматический сепаратор [Текст] / А.М. Басов, Б.Д. Папин, Э.А. Каменир, Ю.Д. Ахламов (СССР); - № 2606993/22-03 ; заявл. 17.04.1978 ; опубл. 05.12.1979, Бюл. № 45. – 3 с.: ил.
7. Пат. 2271645 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян [Текст] / Курзин Н.Н. – №2004119669/13; заявл. 28.06.04 ; опубл. 20.03.06, Бюл. №8.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ КАК ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Панасенко С.И.

Слуцкий государственный колледж, г. Слуцк, Республика Беларусь

Выпечка хлебобулочных изделий является энергоемким процессом. В общем случае, когда имеет место динамический режим теплообмена печи, тепловая мощность  $P^*$ , выделяемая блоком тэнов, расходуется на изменение температуры воздуха внутри печи, изменение температуры находящихся в ней выпекаемых продуктов, передачу тепла к стенам печи и далее в окружающую среду путем теплоотдачи и лучистого теплообмена (Рисунок 1).

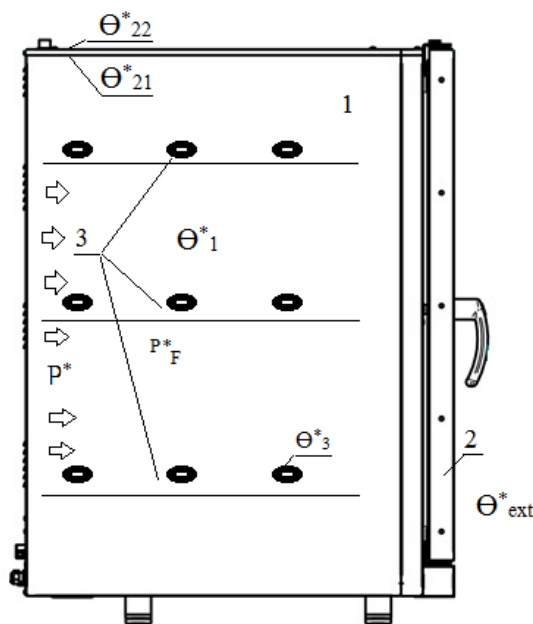


Рисунок 1– Печь Fimor G 6411 как объект регулирования температуры

1 – воздушный объем внутри печи; 2- стенки печи; 3 – продукт внутри печи;  $\theta_1^*$  – температура воздуха в печи, °С;  $\theta_3^*$  – температура выпекаемого продукта 3, °С;  $\theta_{ext}^*$  – температура наружного воздуха, °С;  $\theta_{21}^*$  – температура внутренней поверхности стен, °С;  $\theta_{22}^*$  – температура наружной поверхности стен, °С;  $P^*$  – тепловая мощность блока тэнов Вт;  $P_F^*$  – суммарная мощность источников тепловых возмущений внутри печи, Вт

Уравнение теплового баланса:

$$P_0 + P + P_{F0} + P_F = P_1 + P_2 + P_3 + P_3^R, \quad (1)$$

где  $P_0$  – номинальное значение тепловой мощности блока тэнов, Вт;  $P = P^* - P_0$  – отклонение тепловой мощности блока тэнов от номинальной;  $P_{F0}$  – номинальное значение мощности источников тепловых возмущений, Вт;  $P_F = P_F^* - P_{F0}$  – отклонение мощности тепловых возмущений от номинальной;  $P_1$  – тепловой поток, расходуемый на нагрев воздушного объема внутри печи, Вт;  $P_2$  – тепловой поток, передаваемый от воздуха внутри печи к стенам помещения путем теплопередачи, Вт;  $P_3$  – тепловой поток, передаваемый от воздуха внутри печи к продукту 3 внутри её путем теплопередачи, Вт;  $P_3^R$  – тепловой поток, передаваемый от стен печи к продукту 3 внутри печи путем лучистого теплообмена, Вт.

После составления дифференциальных уравнений, описывающих динамику тепловых процессов и перехода к преобразованию Лапласа, получим, что передаточные функции объекта управления по управляющему и возмущающим воздействиям (т.е. структура математической модели) имеют следующий вид:

$$W_P(s) = \frac{\theta(s)}{P(s)} = \frac{b_0 \cdot s^2 + b_1 \cdot s + b_2}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}; \quad (2)$$

$$W_{P_F}(s) = \frac{\theta(s)}{P_F(s)} = \frac{b_0 \cdot s^2 + b_1 \cdot s + b_2}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}; \quad (3)$$

$$W_{\theta_{\text{ext}}}(s) = \frac{\theta(s)}{\theta_{\text{ext}}(s)} = \frac{b_0^{\text{ext}} \cdot s^2 + b_1^{\text{ext}} \cdot s + b_2^{\text{ext}}}{a_0 \cdot s^3 + a_1 \cdot s^2 + a_2 \cdot s + a_3}. \quad (4)$$

Значения коэффициентов  $a_0 - a_3$ ,  $b_0 - b_3$ ,  $b_0^{\text{ext}} - b_2^{\text{ext}}$  сложным образом зависят от теплотехнических характеристики печи и продуктов внутри её. Аналитическое определение значений данных коэффициентов практически весьма затруднительно. Для этой цели необходимо использовать методы идентификации.

Для экспериментальной проверки адекватности полученной математической модели в качестве объекта, используется действующая печь Fimor G 6411, имеющая объем выпекаемой камеры – 279л. На вход печи подавалось ступенчатое воздействие: включался электрический нагревательный элемент, при этом значение выделяемой на ней тепловой мощности было постоянным и равнялось 9 кВт. Температура воздуха в печи постоянно измерялась термосопротивлением, подключенным к дисплею на печи Fimor G 6411, данные измерений передавались на ноутбук. Для обработки результатов измерений и решения задачи идентификации использовались инструменты библиотеки System Identification, входящей в состав пакета Simulink [3]. Для моделирования процесса выпекания в печи различных продуктов, обладающих некоторой конечной теплоемкостью, в камеру помещались лотки с тестом. Были выполнены следующие эксперименты:

1. нагрев пустой печи;
2. нагрев печи и выпечка продукции с одним лотком;
3. нагрев печи и выпечка продукции с двумя лотками.

При решении задачи идентификации в качестве структуры параметрической модели типа «вход-выход» использовалось выражение (2).

Кроме того, была также проверена возможность упрощения структуры математической модели объекта за счет аппроксимации ее апериодическим звеном 1-го порядка с запаздыванием:

$$W_P(s) = e^{-\tau \cdot s} \cdot \frac{K}{T \cdot s + 1}, \quad (5)$$

где  $K$  – коэффициент преобразования, °C/Вт;  $T$  – постоянная времени, с;  $\tau$  – время чистого запаздывания, с.

Результаты идентификации объекта по управляющему воздействию выявили нестационарность параметров математической модели помещения, поэтому при разработке систем управления необходимо применять методы робастного и адаптивного управления.

## Литература

1. Чемоданов Б.К. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. Том 2. Учебное пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1977, 454 стр.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. Бесекерский В.А., Попов Е.П., издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1975, 768 стр.
3. Simulink, И.В.Черных. "Simulink: Инструмент моделирования динамических систем" [Электронный ресурс]: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/>

УДК 631.9

**АВТОМАТИЗАЦИЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА****Богданов С.И.**, к.т.н., доцент, **Рябцев В.Г.**, д.т.н., профессор,**Жильцова Н.С.**, **Маркин М.А.**

ВолГАУ, г. Волгоград, Российская Федерация

Хранение зерна – комплекс мероприятий, способствующих сохранению запасов зерна. Правильная организация хранения зерна позволяет полностью сохранить его качество и свести к минимуму потери массы. Успех хранения зависит от подготовки хранилищ и партий зерна, соблюдения режима хранения. Для временного хранения влажного зерна широко применяется активное вентилирование, которое выполняется продуванием массы зерна подогретым воздухом. При активном вентилировании подсушиваются зерновые насыпи и предупреждается его самосогревание. Активное вентилирование исключает травмирование зерна, что всегда в той или иной степени происходит во время пропуска зерновых масс через зерноушилки, зерноочистительные машины и при перемещении транспортными механизмами [1-3].

Целью работы является разработка ресурсосберегающей технологии хранения зерна с использованием автоматизированной системы управления технологическим процессом активного вентилирования на основе программируемого логического контроллера фирмы ОВЕН.

Для обеспечения подсушивания зерна и уменьшения относительной влажности воздуха его необходимо подогреть с учетом текущей наружной температуры. График зависимости температуры теплого агента, который применяется для вентилирования зерна, от температуры наружного воздуха приведен на рис. 1 и представлен в виде тренда:

$$y = -0.8197x + 25.591.$$

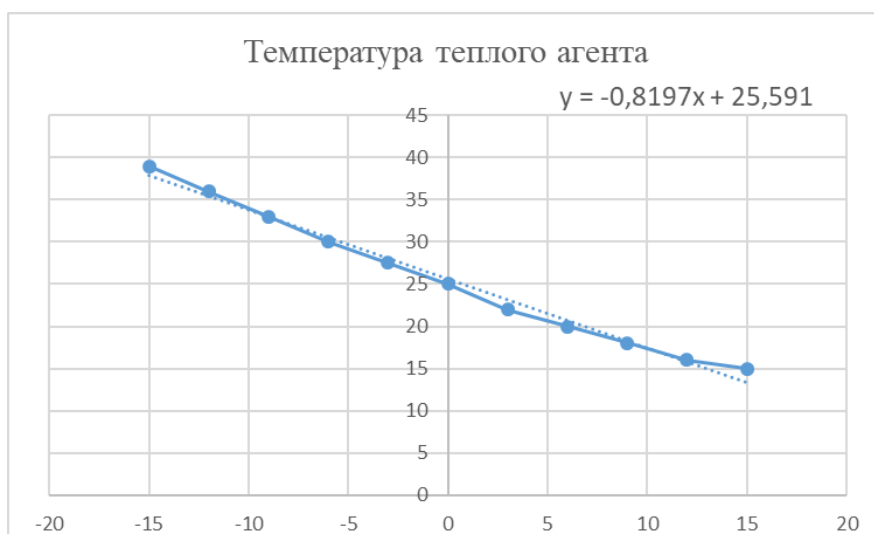


Рисунок 1 – График зависимости температуры теплого агента от температуры наружного воздуха

С учетом допустимого отклонения на  $\pm 10$  °С температуры теплого агента от значений, вычисленных согласно тренда, область его допустимых значений имеет вид: