– создать базы данных по учету статистики проведения диагностирования и результатов измерения параметров оборудования.

Кроме выполнения учетных функций, подобная система может обеспечить прогнозирование технического состояния оборудования. При реализации прогнозирования состояния функционирования оборудования в эксплуатации возможен переход от системы технического обслуживания по наработке (пробегу, времени) к обслуживанию по реальному техническому состоянию. Такой переход может дать значительный экономический эффект за счет ликвидации ненужных ремонтных работ и формирования объема технического обслуживания индивидуально по результатам диагностического обследования.

Список использованных источников

1. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальные информационные системы /А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 424 с.

2. Аралбаев, Т.З. Построение адаптивных систем мониторинга и диагностирования сложных промышленных объектов на основе принципов самоорганизации / Т.З. Аралбаев. – Уфа : Гилем, 2003. – 238 с.

3. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход : пер с нем. / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М. : Радио и связь,1988. – 92 с.

Сеньков А.Г., к.т.н., доцент; Гируцкий И.И., д.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНУЮ СТЕНУ

Регулирование режима выпечки хлебобулочных изделий в хлебопекарных печах любых конструкций осуществляется соответствующим изменением температуры и продолжительности выпечки. В данном случае одним из основных обстоятельств, влияющих на динамику тепловых процессов в печи, является рассеяние тепла изнутри печи наружу через ее стены. Использование точного математического описания данного процесса на основе дифференциальных уравнений теплопроводности затруднительно в реальных системах автоматического управления температурой. Поэтому в данной работе для «идеального» случая плоской трехслойной стены предложена численная математическая модель динамики изменения температуры. Это позволит в дальнейшем исследовать особенности тепловых процессов в реальных хлебопекарных печах.

Рассмотрим плоскую трехслойную стену, состоящую из двух внешних слоев нержавеющей стали толщиной $\delta_1 = \delta_3 = 1^{-3}$ м и внутреннего слоя минерального теплоизолирующего материала толщиной $\delta_2 = 0.1$ м (см. рис. 1).

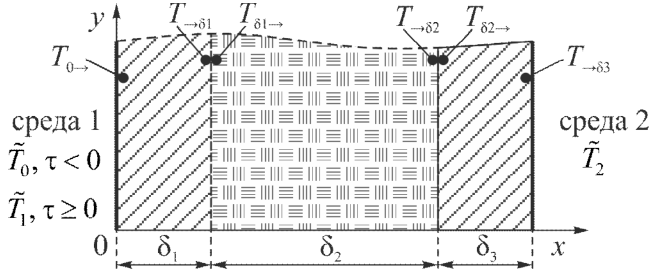

Рисунок 1 – Постановка задачи исследования динамики изменения температуры плоской стены

Коэффициенты теплопроводности слоев стены λ_1, λ_2, λ_3 [Вт/(м·К)] считаем постоянными. При учете теплопередачи излучением коэффициент излучения обеих наружных поверхностей стены считаем равным $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.25$.

Стационарный перенос тепла через стену описывается системой уравнений [1]:

$$\begin{aligned}
&\alpha_1\left(\tilde{T}_0 - T_{0_\to}\right) + \varepsilon_1\sigma\left(\tilde{T}_0^4 - T_{0_\to}^4\right) = \lambda_1/\delta_1 \cdot \left(T_{0_\to} - T_{\to\delta_1}\right);\\
&\lambda_1/\delta_1 \cdot \left(T_{0_\to} - T_{\to\delta_1}\right) = \alpha_{1,2}\left(T_{\to\delta_1} - T_{\delta_{1\to}}\right);\\
&\alpha_{1,2}\left(T_{\to\delta_1} - T_{\delta_{1\to}}\right) = \lambda_2/\delta_2 \cdot \left(T_{\delta_{1\to}} - T_{\to\delta_2}\right);\\
&\lambda_2/\delta_2 \cdot \left(T_{\delta_{1\to}} - T_{\to\delta_2}\right) = \alpha_{2,3}\left(T_{\to\delta_2} - T_{\delta_{2\to}}\right);\\
&\alpha_{2,3}\left(T_{\to\delta_2} - T_{\delta_{2\to}}\right) = \lambda_3/\delta_3 \cdot \left(T_{\delta_{2\to}} - T_{\to\delta_3}\right);\\
&\lambda_3/\delta_3 \cdot \left(T_{\delta_{2\to}} - T_{\to\delta_3}\right) = \alpha_3\left(T_{\to\delta_3} - \tilde{T}_2\right) + \varepsilon_3\sigma\left(T^4_{\to\delta_3} - \tilde{T}_2^4\right).
\end{aligned} \tag{1}$$

где α1, α1,2, α2,3, α3 – коэффициенты теплопередачи на границах слоев, Вт/(м2·К);

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4) – постоянная Стефана-Больцмана [1].

В некоторый начальный момент времени температура воздуха с одной стороны стены изменяется от значения $\tilde{T}_0 = 20$ °С до $\tilde{T}_1 = 120$ °С. В этом случае система дифференциальных уравнений теплопроводности, описывающая пространственную динамику изменения температуры стены $T(x, \tau)$ будет иметь вид:

$$
\begin{aligned}
&\partial T/\partial\tau = a(x)\cdot\partial^2 T/\partial x^2;\\
&T(x)\big|_{\tau=0} = T_x^0;\\
&-\lambda_1\,\partial T/\partial x\big|_{x=0} = \alpha_1\left(\tilde{T}_1 - T_{0_\to}\right) + \varepsilon_1\sigma\left(\tilde{T}_1^4 - T^4\big|_{0_\to}\right);\\
&-\lambda_1\,\partial T/\partial x\big|_{x=\delta_1-0} = \alpha_{1,2}\left(T_{\to\delta_1} - T_{\delta_{1\to}}\right);\\
&-\lambda_2\,\partial T/\partial x\big|_{x=\delta_1+0} = \alpha_{1,2}\left(T_{\to\delta_1} - T_{\delta_{1\to}}\right);\\
&-\lambda_2\,\partial T/\partial x\big|_{x=\delta_2-0} = \alpha_{2,3}\left(T_{\to\delta_2} - T_{\delta_{2\to}}\right);\\
&-\lambda_3\,\partial T/\partial x\big|_{x=\delta_2+0} = \alpha_{2,3}\left(T_{\to\delta_2} - T_{\delta_{2\to}}\right);\\
&-\lambda_3\,\partial T/\partial x\big|_{x=\delta_3} = \alpha_3\left(T_{\to\delta_3} - T_2\right) + \varepsilon_3\sigma\left(T_{\to\delta_3}^4 - T_2^4\right),
\end{aligned}
\tag{2}
$$

где $a(x)$ – коэффициенты температуропроводности материалов соответствующих слоев стены, м^2/с.

Система (2) представляет собой систему нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений в частных производных. Численное решение данной системы выполнено в среде Matlab на равномерной прямоугольной сетке с использованием абсолютно сходящейся неявной разностной схемы [0] (см. рис. 2).

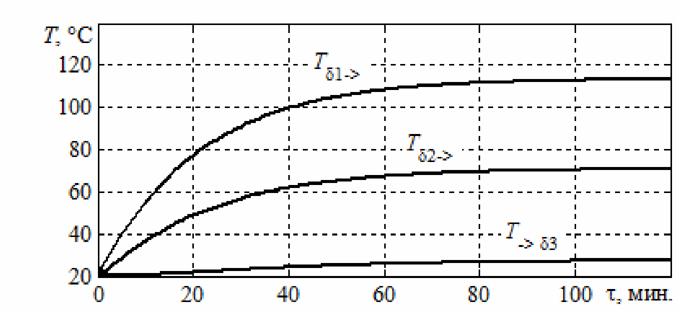

Рисунок 2 – Результаты численного моделирования

Предложенная численная математическая модель позволяет исследовать пространственную динамику изменения температуры стены $T(x,\tau)$ при различных температурных режимах хлебопекарных печей.

Список использованных источников

1. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с., ил.