

НОВАЯ ТЕПЛОМАССОМЕТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

ЕДОРОВ В. Г., ПАХОМОВ В. Н., ДЕКУША Л. В., МАЗУРЕНКО А. Г.

Киевский технологический институт пищевой промышленности

Основой тепломассометрических датчиков и приборов является базовый измерительный элемент, вырабатывающий термоЭДС, пропорциональную плотности проходящего через него теплового потока. Он работает по принципу вспомогательной стенки и выполнен в виде перфорированной пластины с вмонтированной в нее гипербатареей дифференциальных термоэлементов.

Техническая характеристика базового элемента: чувствительность 0,05—0,20 В/Вт; количество термоэлементов в батарее 500—5000 шт.; теплопроводность 0,15—2,0 Вт/(м².К); толщина 1—5 мм; постоянная времени 3—50 с; рабочий диапазон температур 200—450 К; погрешность градуировки 3%.

Прибор, предназначенный для измерения плотности теплового потока, проходящего через поверхность продукта, и определения его составляющих: конвективной, радиационной и массообменной, содержит не менее трех базовых элементов, один из которых пронизуем для потока влаги. Два других элемента различаются между собой степенью черноты тепловоспринимающих поверхностей ϵ_i . Измерив сигналы элементов q_i , определяют компоненты тепломассообмена

$$q_{\text{п}} = \epsilon_{\text{пр}} \frac{q_1 - q_2}{\epsilon_1 - \epsilon_2}; \quad q_{\text{к}} = q_1 - \epsilon_1 q_{\text{п}}; \quad q_{\text{м}} = jr = q_3 - q_2;$$

где j — плотность потока массы, r — теплота парообразования.

Прибор, предназначенный для определения радиационной и конвективной составляющих теплообмена, а также температуры излучающих поверхностей в рабочих камерах печей и термоагрегатов, содержит два элемента с разной ϵ_i и установленных на торцевой поверхности теплоотводящего стержня, опущенного в кипящую жидкость.

Искомые величины определяют по формулам:

$$q_{\text{п}} = \epsilon_1 \frac{q_1 - q_2}{\epsilon_1 - \epsilon_2}; \quad q_{\text{к}} = q_1 - \epsilon_1 q_{\text{п}}; \quad T_{\text{п}} = \left(\frac{q_{\text{п}}}{\epsilon \sigma} + T_0^4 \right)^{-1/4}.$$

Для исследования конвективного теплообмена разработаны датчики — альфамеры двух типов. Первые содержат дифференци-

альную термопару и базовый измерительный элемент. Локальный коэффициент теплоотдачи определяют по зависимости

$$\alpha = q/\Delta t.$$

Для исследования теплообмена при адиабатическом течении эти датчики снабжают пленочными электронагревателями. Вторые содержат два измерительных элемента с различным термическим сопротивлением. Локальный коэффициент теплоотдачи с их помощью определяют по отношению плотностей теплового потока q_1/q_2 , прошедшего через измерительные элементы

$$\alpha = \left(\frac{A}{q_1/q_2 - 1} - B \right)^{-1},$$

где A и B — постоянные датчика.

Измерение теплофизических характеристик продуктов производится с помощью лабораторных ТФХ — приборов. Они содержат, по крайней мере, по два базовых элемента с термопарами, расположенных по обе стороны от слоя исследуемого продукта, загружаемого в плоскую щель между источником и приемником тепла. В одной группе приборов используют закономерности квазистационарного теплового режима. Непрерывно измеряя q_1 , q_2 , t_1 , t_2 , рассчитывают теплофизические характеристики по формулам

$$\lambda = \frac{(q_1 + q_2) \cdot h}{2\Delta t}; \quad c_p = \frac{q_1 - q_2}{hu}; \quad a = \frac{h^2(q_1 + q_2)}{2\Delta t(q_1 - q_2)},$$

где u — скорость изменения температуры, Δt — время между двумя отсчетами.

Во второй группе приборов развит метод последовательного чередования стационарных и переходных режимов (метод циклов). Один из вариантов метода — использование двух образцов продукта разной толщины h_1 и h_2 :

$$\lambda = \frac{q_1 q_2 (h_1 - h_2)}{\Delta t (q_2 - q_1)}; \quad c_p = \frac{Q_1 - Q_2}{\delta t (h_1 - h_2)};$$

где $Q = \int \Delta q d\tau$, $\delta t = \bar{t}_н - \bar{t}_к$; $\bar{t}_н$ и $\bar{t}_к$ — начальное и конечное значения средней температуры образцов.

Тепломассометрические датчики и приборы применяются для исследования процессов и продуктов пищевой промышленности. Информация, получаемая с помощью этих приборов, позволяет судить об энергетических и технологических характеристиках процессов переработки, о составе и качестве некоторых продуктов.