

УДК 681.12:637.52

## *ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОМЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЯСА*

*Канд. техн. наук, доц. В. Г. ФЕДОРОВ,  
А. Г. МАЗУРЕНКО*

*Киевский ордена Трудового Красного Знамени  
технологический институт пищевой  
промышленности*

Для контроля термической обработки мясных продуктов при производстве колбасных изделий используют термоэлектрические методы. Однако их применение имеет ряд промышленных недостатков. Улучшить контроль этих процессов можно благодаря использованию бесконтактных датчиков теплового потока и температуры [1, 2].

Аппараты бесконтактной обработки, например замораживания мяса в блоках, могут быть стационарно оборудованы датчиком теплового потока и температуры, который закрепляется в стенке аппарата заподлицо с поверхностью, обращенной

к продукту. При двустороннем симметричном отводе тепла от блока средняя плотность теплового потока  $\bar{q}$  (Вт/м<sup>2</sup>) связана с сигналом тепломера  $e$  (мВ), временем обработки  $\tau$  (с) и разностью энтальпий мяса  $\Delta i = i_n - i_k$  (Дж/кг) в начале и конце процесса

$$\bar{q} = \frac{1}{\tau} \int q dt = \frac{K}{\tau} \int e dt = \frac{\Delta i \rho H}{\tau}, \quad (1)$$

где  $K$  — рабочий коэффициент тепломера, Вт/(м<sup>2</sup> · мВ),

$\rho$  — плотность слоя продукта, кг/м<sup>3</sup>,

$H$  — полутолщина слоя продукта, м.

Если отвод тепла несимметричен, то необходимо закреплять теплотеметрические элементы с обеих сторон блока, а их показания усреднять.

Таким образом, зная  $\int e dt$ , а также  $\Delta i$  либо  $\bar{q}$ , можно определить момент окончания обработки продукта. Для этого используют серийные интеграторы ЭДС постоянного тока или счетчики ЭДС. Данные измерительные устройства можно использовать в системе автоматического управления процессом для выключения аппарата периодического действия или регулирования скорости движения продукта в аппарате (конвейер, ротор).

В случае замораживания мяса в блоках среднюю тепловую нагрузку можно определить заранее по формуле

$$\bar{q} = \frac{2\Delta i_n \Delta t_k}{R_n \Delta t_k + (R_n + 0,5R_q) \Delta t_n} \quad (2)$$

где  $\Delta t_n = t_{in} - t_{xa}$

$\Delta t_k = \Delta t_{ik} - t_{xa}$  — начальный и конечный температурный напор;

$t_n, t_{xa}$  — среднэнтальпийная температура продукта и температура хладагента;

$R_n$  и  $R_{ik}$  — термические сопротивления мяса и промежуточных слоев между мясом и хладагентом, м<sup>2</sup> · К/Вт

Ранее было принято [2], что в замороженном продукте имеет место квазистационарный

процесс, при этом распределение температур по толщине блока близко к линейному [3]. Наши исследования показали, что теплопроводность мяса ( $\lambda_m$ ) в диапазоне минус 2,5 — минус 20°С слабо зависит от температуры: для говяжьего мяса  $\lambda_m = 0,97 - 0,0105 t$ , для свиного —  $\lambda_m = 0,86 - 0,011 t$  (температуру нужно подставлять в эти формулы с минусом, это подтверждает справедливость принятого допущения).

Термическое сопротивление мяса  $R_m$  определяется как  $H/\lambda_m$ . Сопротивление промежуточных слоев  $R_{п}$  зависит в основном от давления подпрессовки  $p$  и в диапазоне 5—200 кПа может быть определено при замораживании мяса как  $R_{п} = 0,019 p^{-0,67}$ , м<sup>2</sup> · К/Вт.

Устройство для теплометрического контроля замораживания мяса испытано на модели скороморозильного аппарата при различных значениях  $H$ ,  $t_{ха}$  и  $R_{п}$  [2]. Измеренная тепловая нагрузка  $q_{из}$ , полученная интегрированием показаний датчика, отличалась от рассчитанной по формуле (1)  $\bar{q}_p$  не более чем на 5%.

Результаты испытаний позволяют рекомендовать тепломеры к стационарной установке на отдельных секциях аппаратов замораживания мясных продуктов в блоках, в том числе роторных скороморозильных агрегатов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федоров В. Г., Мазуренко А. Г. Исследование тепловых потоков при выработке вареных колбас. — М.: Пищевая промышленность, 1975.

2. Исследование кинетики теплоотвода при замораживании мясных продуктов в блоках. [В. Г. Федоров, А. Г. Мазуренко, А. Г. Ионов, О. И. Боголюбский, С. М. Мекенцкий, В. И. Хромов] / — Мясная индустрия СССР, 1976. № 10.

3. Бражников А. М., Карнычев В. А., Пелеев А. И. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясопродуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1974.