

О времени пребывания объекта термообработки в вибрационном подогревателе

Вороненко Б.А., Демидов С.Ф., Филлипов В.И., Демидов А.С.

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

Получена зависимость плотности распределения температур объекта термообработки для любого среднего времени пребывания в вибрационном подогревателе.

Ключевые слова: время пребывания, нагрев, вибрация, температура, молоко, расчетная зависимость.

Интенсивность теплообмена в значительной степени зависит от процессов, происходящих в пограничном слое. Однако, при интенсивной турбулизации потока может происходить проскок отдельных порций продукта, что отрицательно влияет на качество термообработки.

Длительность процесса рассматривается по среднему времени пребывания продукта в аппарате:

$$\tau_c = \frac{G_{ан}}{G_{пр}}. \quad (1)$$

где $G_{ан}$ - количество продукта, одновременно находящегося в подогревателе; $G_{пр}$ - производительность вибрационного подогревателя.

Истинное время пребывания объекта термообработки в аппарате может существенно отличаться вследствие интенсивной турбулизации как в сторону меньших, так и в сторону больших значений. Среднему времени пребывания соответствует и средняя температура продукта на выходе из аппарата. Следовательно, некоторая часть выходящего продукта из вибрационного подогревателя обладает температурой $t > t_{cp}$ и $t < t_{cp}$.

Настоящее исследование посвящено оценке качества термообработки молока при вибрации греющей поверхности[1,2].

Вид функции, предложенной для оценки качества термообработки продукта по времени пребывания в вибрационном теплообменнике имеет вид:

$$\rho(\tau) = A \cdot \tau^6 \cdot \exp\left[-\left(\frac{\tau}{\tau_c}\right)^2\right], \quad (2)$$

где τ - текущее время, с; A - нормировочный множитель.

Функция (1) определяет вероятность выхода доли объекта термообработки в течение единичного времени вблизи некоторого времени. При этом задача полагалась статистической, процесс - равновесным. Предложенная функция (2) получена на основе методологии вывода максвеловского распределения молекул по скоростям в потоке.

Нормированный множитель находится на условии нормировки

$$\int_0^{\infty} \rho(\tau) d\tau = 1 \quad (3)$$

$$A = 0,602c^7 \quad (4)$$

Следовательно, функция распределения продукта по времени пребывания в аппарате имеет вид:

$$\rho(\tau) = 0,602\tau_c^7 \exp\left[-\left(\frac{\tau}{\tau_c}\right)^2\right] \quad (5)$$

Непосредственное определение равномерности обработки материала, выходящего из аппарата, связано с необходимостью определения температуры отдельных порций, что представляет собой значительные экспериментальные трудности. Поэтому в данной работе изучалось распределение порций продукта только по времени пребывания.

Экспериментальные исследования плотности распределения проводились на установке, состоящей из электровибратора, приводящего в колебательное синусоидальное движение греющий элемент диаметром $D_1 = 2,2 \cdot 10^{-2}$ м.

$$l/D_1 = 16$$

Кривые распределения порций продукта по времени пребывания в аппарате снимались при различных параметрах проведения процесса.

Опыты проводились следующим образом. После выхода вибрационного подогревателя на режим вводили определенное количество красителя и включали секундомер. На выходе из вибрационного подогревателя отбирали пробы, в которых определяли количество подкрашенного продукта путем

замера коэффициента пропускания в видимой области спектра в монохроматическом потоке излучения на спектрофотометре СФ-26.

Масса пробы, отнесенная ко времени отбора, давала расход продукта через аппарат. Экспериментальные кривые распределения продукта по времени пребывания представлены на рис.1.

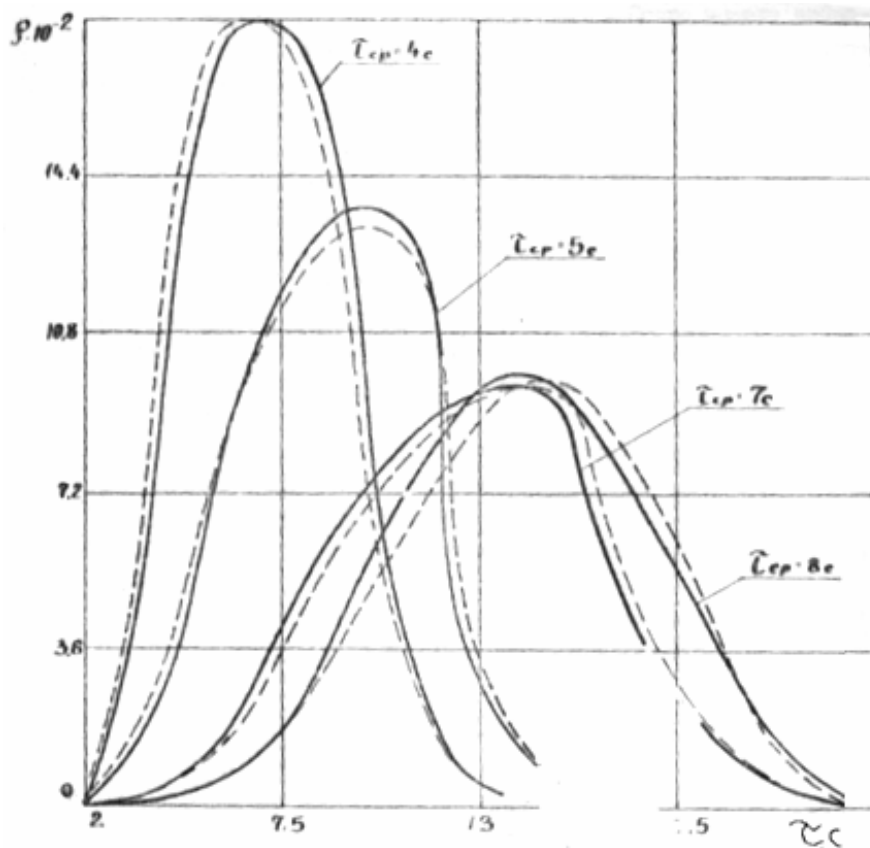


Рис. 1.

В качестве примера рассмотрен пример термообработки продукта в вибрационном теплообменнике. Так как отдельные операции продукта находятся в аппарате неодинаковое время, то они оказываются и обработанными в разной степени, что приводит к отклонению выходной температуры от некоторого среднего значения τ_c .

Предположим, что кинетическая кривая теплопередачи между поверхностью теплообменника и продуктом известна:

$$t = \rho(\theta), \tag{6}$$

где: θ - температура продукта на выходе из аппарата, °С.

Плотность распределения продукта по выходной температуре вычисляется тогда по правилу сложной производной:

$$\rho(\theta) = \rho[\tau(\theta)] \frac{1}{\partial \tau} \quad (7)$$

Полагая, что в теплообменник продукт поступает с начальной температурой θ_0 и процесс идет только в период постоянной скорости нагрева:

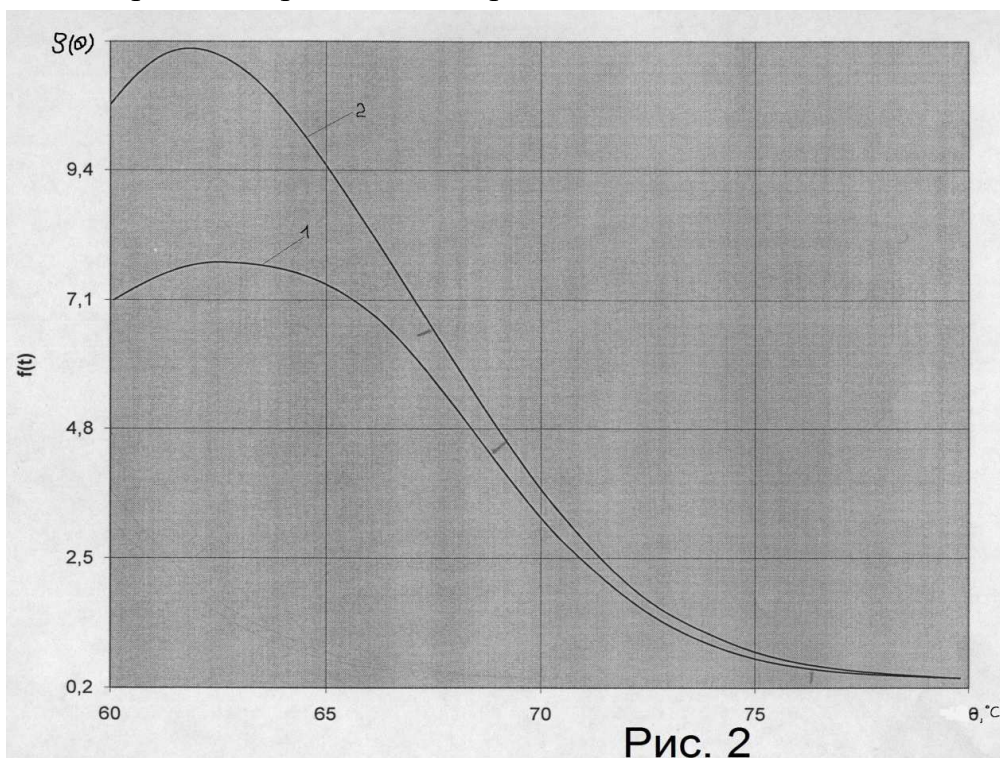
$$\tau = \frac{\theta - \theta_0}{N} \quad (8)$$

где: N -коэффициент периода постоянной скорости нагрева.

С учетом уравнения (8) плотность распределения температур объекта термообработки для любого среднего времени пребывания в пределах протекания первого периода нагрева имеет вид:

$$\rho(\theta) = 0,602 \tau_c^{-7} \cdot \left(\frac{\theta - \theta_0}{N} \right) \exp \left[- \left(\frac{\tau}{\tau_c} \right)^2 \right] \quad (9)$$

Результаты расчета приведены на рис.2 (τ_c ,с: 1-8; 2-10).



Полученная зависимость может быть использована для определения времени пребывания частиц продукта в вибрационном теплообменнике при термообработке молочных продуктов.

Список литературы

1. Авторское свидетельство СССР № 1429361, А 23 L 3/22. Способ нагрева молочных продуктов [Текст]/ Демидов С.Ф., Семенюк В.Н., Мартынов Ю.В., Дубинский Л.Р.: Всесоюзный научно-исследовательский институт комплексного использования молочного сырья и Институт проблем механики АН СССР- №4166429/28-13; заявл. 24.12.86;опубл. 08.06.88, – 4 с.
2. Авторское свидетельство СССР № 1600675, А 23 С 3/03. Устройство для пастеризации молока “Вихрь”[Текст]/ Молочников В.В., Демидов С.Ф., Семенюк В.Н., Малахова Т.А.: заявитель Северо-Кавказский филиал всесоюзного научно-исследовательского института маслодельной и сыродельной промышленности и Институт проблем механики АН СССР. - №3720884/28-13; заявл. 18.04.84;опубл. 23.10.90, Бюл. №39. – 4 с.

On residence time of an object treated in a vibrating reheater

Voronenko B.A., Demidov S.F., Phillipov V.I., Demidov A.S.

Saint-Petersburg State University of Refrigeration
and Food Engineering

There has been derived a dependence of temperature distribution density in a heat treated object for any average residence time in a vibrating reheater.

Keywords: residence time, heating, vibration, temperature, milk, estimated dependence.