

Расчет габаритных размеров вибрационного подогревателя для молока

Вороненко Б.А., Демидов С.Ф., Демидов А.С., Акжигитова А.А.

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий,
факультет пищевой инженерии и автоматизации,
кафедра техники мясных и молочных производств

Разработана методика инженерного расчета вибрационного подогревателя.

Ключевые слова: вибрационный подогреватель, среднее время пребывания, длина, диаметр, температура, производительность.

При проектировании вибрационного подогревателя для нагрева обезжиренного молока задача состоит в определении оптимальных геометрических соотношений его длины и диаметра, количеств греющих элементов, обеспечивающих заданную производительность. Для разработки методики инженерного расчета воспользуемся результатами проведенных нами исследований в лабораторных и полупромышленных условиях, которые дали возможность определить наилучшие условия проведения процесса.

Настоящая методика базируется на непосредственном определении среднего времени пребывания обезжиренного молока, достаточного для доведения продукта до заданной температуры.

При расчетах использовано кинетическое уравнение, полученное при обобщении экспериментальных данных с использованием математической модели процесса нагрева обезжиренного молока в вибрирующей трубке. Материалы исследования были обобщены в виде критериального уравнения, которое затем решили относительно длины греющей трубки, достаточной для обеспечения заданной производительности, и представлено в виде:

$$l = 3,60 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Re}_{жс}^{1,53} \cdot \text{Re}_к^{1,5} \cdot \text{Pr}^{2,06} \left(\frac{\theta - \theta_0}{t_{cm} - \theta} \right)^{4,2} \left(d^{-2} \cdot 4a \cdot G_{ан} \right)^{3,8} \cdot D_{вн}^{6,18} \cdot D_{внеш}^{-3,38},$$

где $Re_{эс}$ — критерий (число) Рейнольдса ($Re_{эс} = \frac{v \cdot D_{вн} \cdot \rho}{\mu}$; v — скорость движения продукта по теплообменному аппарату, $D_{вн}$ — внутренний диаметр теплообменной трубки, ρ — плотность жидкости, μ — динамическая вязкость жидкости);

Re_k — критерий Рейнольдса ($Re_k = \frac{2\pi n a_1 d}{\sqrt{2}\mu}$; n — частота вращения вала двигателя, d — диаметр белковой частицы, a_1 — амплитуда колебаний греющей поверхности);

Pr — критерий Прандтля ($Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$; c_p — изобарная теплоемкость жидкости, λ — коэффициент теплопроводности молока);

$D_{внеш}$ — внешний диаметр греющего элемента;

θ, θ_0 — температура продукта на входе и выходе теплообменного аппарата;

$t_{ст}$ — температура стенки греющего элемента;

l — длина греющего элемента теплообменника;

a — коэффициент температуропроводности молока;

$G_{ан}$ — единовременная масса жидкости, находящаяся в теплообменном аппарате;

G — производительность.

Значения производительности аппарата, начальная и конечная температура продукта определяются заданием на проектирование.

Результаты расчета сведены в таблицу:

№	$G \cdot 10^{-3}$, кг/с	$D_{вн} \cdot 10^{-3}$, м	$D_{внеш} \cdot 10^{-3}$, м	$t_{ст}$, °С	v , м/с	l , м	$a_1 \cdot 10^{-3}$, м
1	14,0	16	22	86	0,5	0,33	1,5
2	19,5	18	24	85	0,5	0,97	1,5
3	22	16	22	85	0,5	1,13	1,5
4	22	20	26	85	0,5	1,38	1,5

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.

Calculation of overall dimensions of a vibratory milk heater

Voronenko B.A., Demidov S.F., Demidov A.S., Akzhighitova A.A.

Saint-Petersburg State University of Refrigeration
and Food Engineering

A method of engineering calculation for vibratory heater has been developed.

Keywords: vibratory heater, mean residence time, length, diameter, temperature, productivity.