

РЕГУЛЯРНИЙ ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ В МОЛОЧНИХ ПРОДУКТАХ

¹ Вінницький національний технічний університет;

² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

В роботі встановлено існування регулярного теплового режиму в системі «середовище (вода в кільцевому об'ємі) – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідке середовище». Як дослідне рідке середовище було обрано молоко та сироватку. Досліджено теплообмін в умовах вільної конвекції. Експериментально встановлено, що в дослідній системі "середовище (вода в кільцевому об'ємі) - тонка циліндрична металева стінка - дослідне рідке середовище" існують ознаки регулярного теплового режиму, тобто сталість темпу охолодження (нагрівання) експериментального рідкого середовища в тонких циліндричних металевих посудинах; сталість коефіцієнта теплопередачі в процесі нормального теплового режиму практично постійна; сталість коефіцієнта нерівномірності розподілу температури.

Ключові слова: регулярний тепловий режим, темп охолодження (нагрівання), коефіцієнт тепловіддачі, молочні продукти.

Abstract

The work establishes the existence of a regular thermal regime in the system "environment (water in an annular volume) - thin cylindrical metal wall - experimental liquid medium". Milk and whey were chosen as the experimental liquid medium. Heat exchange under conditions of free convection is studied. It was experimentally established that in the experimental system "environment (water in an annular volume) - thin cylindrical metal wall - experimental liquid medium" there are signs of a regular thermal regime, that is, the constancy of the rate of cooling (heating) of the experimental liquid medium in thin cylindrical metal vessels; the constancy of the heat transfer coefficient in the process of a regular thermal regime is practically constant; constancy of the coefficient of non-uniformity of temperature distribution.

Keywords: regular thermal mode, cooling (heating) rate, heat transfer coefficient, dairy products.

Вступ

Режим теплової обробки молока для виробництва кожного виду продукції визначається технологічною інструкцією. При цьому молоко підігрівають до пастеризації, а потім витримують і швидко охолоджують до необхідної температури. Поєднання операцій нагріву та охолодження описується технологічними та санітарними вимогами, а також можливістю використання тепла гарячого продукту. Для цього гарячий продукт надходить у спеціальну секцію апарату (тарілку або трубку) для попереднього підігріву холодного продукту, який відправляють на пастеризацію. Ця операція називається регенерацією тепла, а апарати або їх частини — регенераторами або регенераційними ділянками. Застосування цієї операції дозволяє економити певну кількість теплової енергії, що витрачається на пастеризацію [1-2]. Однією з найважливіших вимог сучасного молочного виробництва є можливість контролю температури продуктів на кожному етапі процесу. Тому нагрівання та охолодження є дуже поширеними операціями. Як охолоджувач для нагрівання молока використовується гаряча вода або іноді пара низького тиску. Певна кількість теплоти передається молоку теплоносію так, що температура останнього підвищується, а температура теплоносія відповідно знижується [2]. Мета роботи: визначення інтенсивності тепловіддачі молочних продуктів методом регулярного теплового режиму в умовах використання експериментально-розрахункового методу.

Результати дослідження

Дослідження проводять на експериментальному стенді в системі «середовище I - тіло II», де

«середовище I» - вода, а «тіло II» - досліджуване рідке середовище в тонкій металевій циліндричній оболонці в умовах вільної конвекції.

Дослідження проводяться на експериментальному стенді, розробленому на кафедрі теплоенергетики Вінницького національного технічного університету [3]. Експериментальна установка складається з ізольованого зовнішнього, металевого тонкостінного внутрішнього робочого контейнера та ізольованої кришки. Висота циліндричної поверхні теплообміну $H = 0,108$ м, маса середовища (води) 3 кг, маса дослідного рідкого середовища 1 кг. У зовнішню ємність наливають гарячий теплоносій (воду) з температурою T_1 , а в зовнішню ємність — дослідне рідке середовище з температурою T_2 . Після цього дослідну установку закривають теплоізоляційною кришкою. В обидві ємності розміщені зонди з термопарами для вимірювання температури. Дослід закінчують, коли температури води та рідкого середовища вирівнюються в межах $\pm 3...5^\circ\text{C}$.

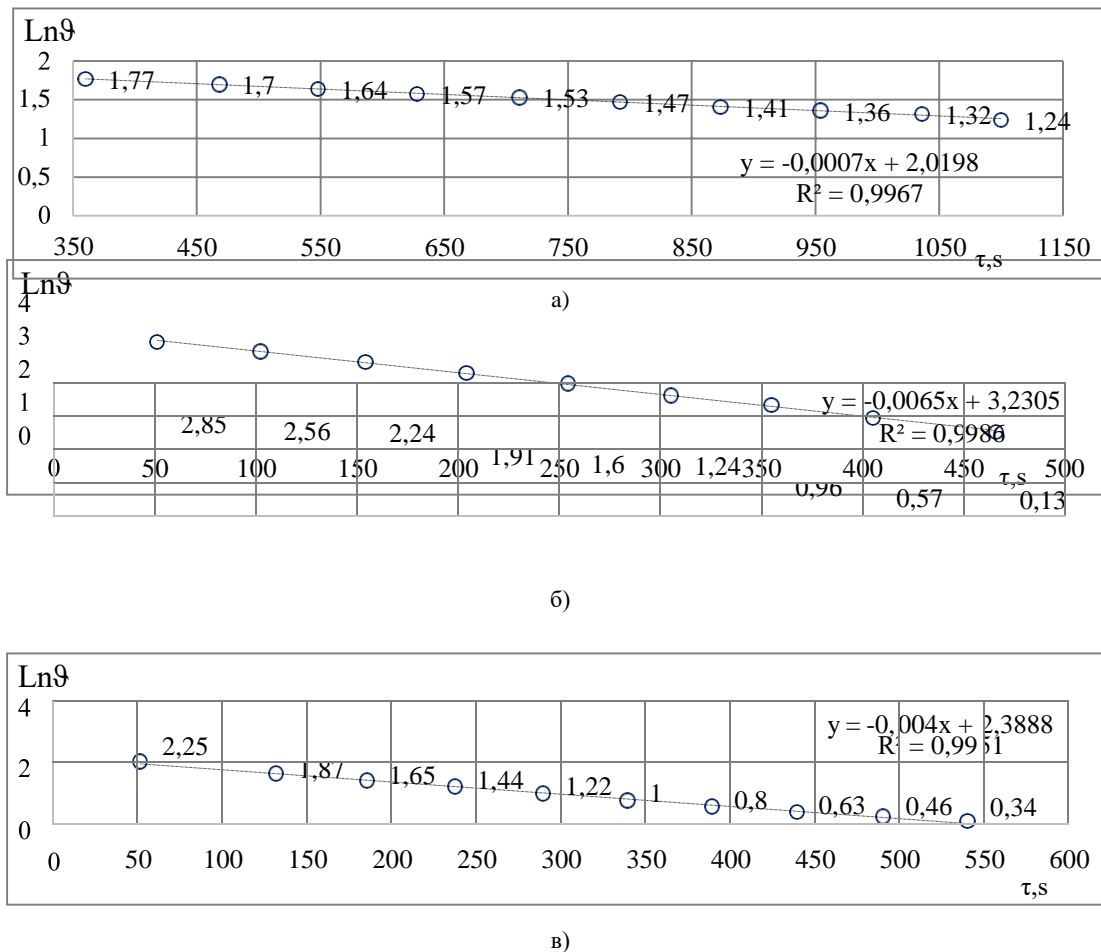
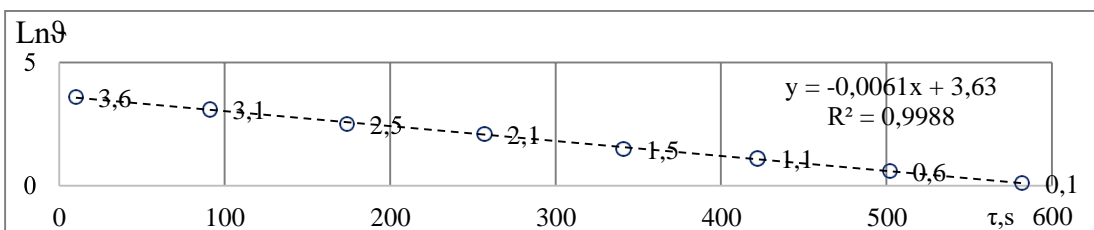
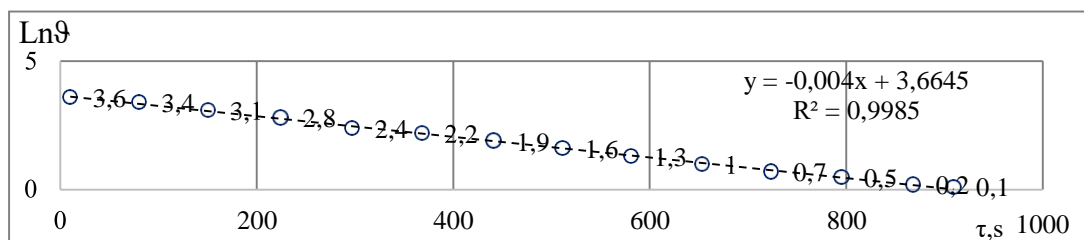


Рис. 1. Значення перевищення температури при нагріванні молока: а) перша серія дослідів; б) II серія дослідів; в) III серія дослідів.

Крива (рис. 1-2) представляє апроксимацію експериментальних даних надлишкової температури у вигляді функції $\text{Ln}\theta = m \cdot \tau + C$, де m – швидкість охолодження (нагрівання), C – коефіцієнт рівняння, R^2 – коефіцієнт детермінації.



a)



б)

Рис. 2. Значення логарифму температури при нагріванні (а) та охолодженні (б) молочної сироватки

В роботі встановлено існування закономірного теплового режиму, коли дослідним рідким середовищем виступають продукти молочної промисловості. Встановлюється постійність темпу охолодження (нагрівання) $m = \text{const}$, що характерно для регулярного теплового режиму в твердому тілі (системі твердих тіл) [4].

Висновки

Експериментально встановлено, що в дослідній системі «середовище (вода в кільцевому об'ємі) – тонка циліндрична металева стінка – дослідне рідке середовище» присутні ознаки регулярного теплового режиму, тобто темп нагрівання дослідного рідкого середовища в тонкій циліндричній металевій посудині $m = \text{const}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс. Режим доступу до ресурсу: <https://www.dairyfoods.com/articles/94602-a-hot-market-for-heat-exchangers-in-dairy-processing>
2. . Електронний ресурс. Режим доступу до ресурсу: <https://thermtest.com/applications-of-heat-exchangers-in-the-dairy-industry>
3. Ткаченко С., Власенко О., Резидент Н., Степанов Д., Степанова Н. Охолодження та рідини в циліндричному об'ємі. Acta Innovations. 2021. № 42. С. 15-26. doi: 10.32933/ActaInnovations.42.2.
4. Кондратьев Г. М. Регулярний тепловий режим / Г. М. Кондратьев. - М.: Державне видання техніко-теоретичної літератури, 1954. - 408 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д-р. техн. наук, професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: stahit6937@gmail.com.

Ткачук Владислав Сергійович – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tmmlbpr@gmail.com.

Власенко Ольга Володимирівна - доктор філософії, кафедра теплової та альтернативної енергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, e-mail: olgakysak7@gmail.com.

Tkachenko Stanislav Y. - Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stahit6937@gmail.com.

Tkachuk Vladislav S. – postgraduate student of Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tmmlbpr@gmail.com.

Vlasenko Olha V. - Doctor of Philosophy, Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, e-mail: olgakysak7@gmail.com.