

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА**

Подшивалов С.Г., студент 11МБМГ групи  
Болтянський Б.В., к.т.н., доц. кафедри ТСТТ  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел.: +38 (0619) 42-05-70

**Анотація** - в статті наведені основні результати процесу роботи теплообмінних апаратів та обґрунтування технологічних параметрів процесу теплообміну в потоково-технологічних лініях теплового обробітку молока, що були отримані в ході виконання дипломної роботи магістра.

**Ключові слова** – молоко, теплообмінний апарат, тепловий розрахунок, гідромеханічний розрахунок, програма і методика експериментальних досліджень.

*Постановка проблеми.* Молоко – швидкопсувний продукт. Псування молока проходить в результаті розвитку в ньому мікроорганізмів, які містяться вже у свіжому молоці, а при зберіганні і транспортуванні їх кількість збільшується. Одним з важливих заходів запобігання молока від псування – своєчасне його охолодження.

До відправки на підприємства молочної промисловості молоко повинно зберігатися не більше 20 год. при температурі не вище 10°C в молочних танках, ваннах, баках або у відведених для цієї мети приміщеннях молочних ферм. Молоко, яке поставляється в торговельну мережу або безпосередньо на підприємства громадського харчування, повинно підлягати тепловій обробці (пастеризації) і відповідати вимогам стандарту на пастеризоване молоко.

Пастеризація необхідна для знезараження молока від хвороботворних збудників інфекційних захворювань на фермах (сибірської виразки, ящуру, бруцельозу і т.д.). Ефект пастеризації залежить від ступеня нагрівання і від часу, протягом якого витримується молоко, нагріте до температури пастеризації [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження гідродинаміки і теплообміну в трубах представляє великий практичний інтерес, тому що труби є основними конструктивними елементами різних теплообмінних апаратів. Гідродинамічна картина течії, а також процес тепловіддачі при русі теплоносія в трубах (каналах) є більш складними в порівнянні з течією і тепловіддачею при обтіканні поверхні пластини необмеженим потоком. При зовнішньому обтіканні, теплоносій подалі від поверхні відчуває вплив

процесів, що проходять у стінках. При русі ж у трубах (каналах), поперечний переріз яких має відносно невеликі (кінцеві) розміри, вплив процесів, що відбуваються в стінках, поширюється поступово на весь поперечний переріз труби. Таким чином, починаючи з деякої відстані від входу в трубу, рідина по всьому поперечному перерізі за рахунок дії сил в'язкості гальмується (прискорюється, якщо стінка рухається зі швидкістю, що перевищує швидкість руху рідини). При цьому відбувається зміна температури рідини як по поперечному перерізі, так і по довжині каналу.

Головна мета при вивченні процесів теплообміну – визначення коефіцієнта тепловіддачі  $\varepsilon_l$  для конкретних умов теплообміну.

Середній коефіцієнт тепловіддачі в прямих гладких трубах при в'язкістному режимі М.А. Михеєв рекомендує визначати за формулою [2]

$$Nu_{\text{ж,д}} = 0,15 \cdot Re_{\text{ж,д}}^{0,33} \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,43} \cdot (Pr_{\text{ж}}/Pr_{\text{ст}})^{0,25} \cdot \varepsilon_l. \quad (1)$$

При в'язкістно-гравітаційному режимі для визначення середнього по довжині коефіцієнта тепловіддачі М.А. Михеєв рекомендує наступну формулу [2]

$$Nu_{\text{ж,д}} = 0,15 \cdot Re_{\text{ж,д}}^{0,33} \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,43} \cdot Gr_{\text{ж,д}}^{0,1} \cdot (Pr/Pr_{\text{ст}})^{0,25} \cdot \varepsilon_l. \quad (2)$$

Ці формули застосовні для будь-яких пружних і крапельних рідин. За даними формулами можна розраховувати тепловіддачу для гладких труб будь-якої форми поперечного перерізу: кола, квадрата, прямокутника, ( $d_2/d_1 = 1 \dots 5,6$ ). Визначальна температура – середня температура рідини. Визначальний розмір – діаметр труби або еквівалентний діаметр, рівний

$$d_{\text{екв}} = 4S/P, \quad (3)$$

де  $S$  – площа каналу;

$P$  – довжина змоченого периметра.

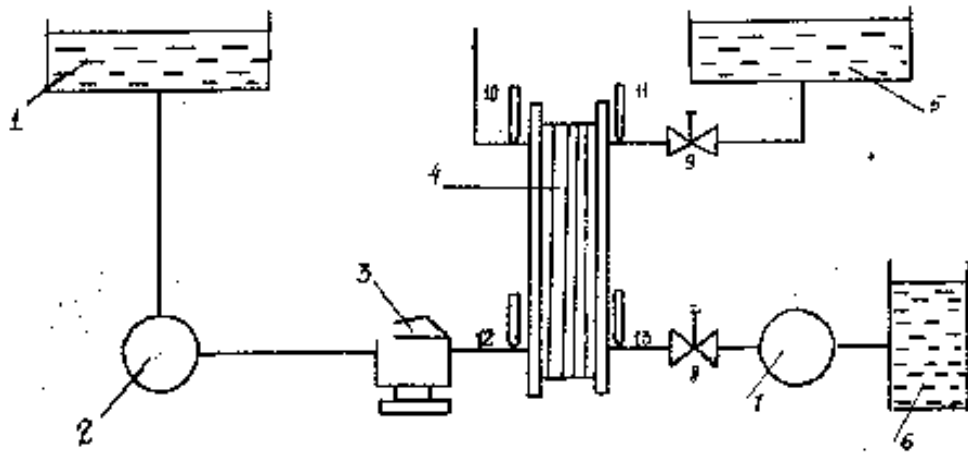
Коефіцієнт  $\varepsilon_l$  залежить від відношення  $l/d$ , де  $l$  – довжина труби. При  $l/d = 50$ ,  $\varepsilon_l = 1$ .

*Основна частина.* При розробці методики теплового розрахунку теплообмінників повинні бути задані витрати теплоносіїв, що нагріває (індекс 1) і що нагрівається (індекс 2), їхньої температури на вході в теплообмінник  $T_1'$ ,  $T_2'$  і на виході з нього  $T_1''$ ,  $T_2''$  та теплоємності [3]. Необхідно знайти площу поверхні нагрівання.

Задачею гідромеханічного розрахунку теплообмінників є визначення перепаду тиску (втрати) теплоносія  $\Delta p = p_1 - p_2$  на ділянці між входом і виходом з теплообмінника [4].

У відповідності з розробленою програмою досліджень проведено розробку лабораторної установки, схема та загальний вид якої приведені на рисунку 1. Експериментальна установка складається з ванни для неохолодженого молока 1, насосу молочного 2 типу ПЦБ-12, очисника молока 3, охолодника молока 4 типу ОМ-400, ванни для охолодження молока

5, резервуара для води 6, насоса водяного 7, кранів управління 8 - 9, термометрів 10,11,12,13.



1 - ванна для неохолодженого молока; 2 - молочний насос типу ПЦБ-12; 3 - очисник молока; 4 - охолодник молока; 5 - ванна для охолодження молока; 6 - резервуар для води; 7 - водяний насос; 8, 9 - крани управління; 10, 11, 12, 13 - термометри

Рисунок 1 - Схема та загальний вид експериментальної установки.

*Висновки.* Проведені теоретичні дослідження теплообмінних апаратів – очисника-охолодника типу ОМ і трубного підігрівача, які показали, що вони є економічними вигідними, процес нагрівання і охолодження відбувається за

оптимальних режимів. Розроблені програма і методика та побудована лабораторна установка для проведення експериментальних досліджень з метою подальшої розробки конструкції нового теплообмінного апарату, в основу якого було покладено комбіновану схему пластинчатого і кожухотрубного теплообмінника.

#### Література

1. Атраментов А. Г. Совершенствование первичной обработки молока / А.Г. Атраментов. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 63с.
2. Кульниченко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам / В.Р. Кульниченко. – К.: Техника, 1990. – 165с.
3. Беляев Н.М. Основы теплопередачи / Н.М. Беляев. – К.: Вища школа, 1989. – 343с.
4. Мастаков М.Н. Технология тепловой обработки молока: Учеб. пособие / М.Н. Мастаков. – К.: Вища школа, 1990. – 167с.