

УДК 631.171

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ПЕРВИННІЙ ОБРОБЦІ МОЛОКА

Болтянський Б.В., к.т.н.

Кулик Т.М., бакалавр

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

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.

Якість молока та одержаних з нього в процесі переробки молочних продуктів суттєво залежать від своєчасної первинної обробки молока, яка є заключною ланкою процесу доїння тварин. Первинну обробку молока провадять з метою збереження його санітарно-гігієнічних, харчових і технологічних властивостей. Оптимальним є варіант, коли первинна обробка молока здійснюється послідовно з доїнням і протягом усього часу доїння. Серед операцій первинної обробки молока найбільшого поширення набули очищення, пастеризація та охолодження.

Після очищення молоко доцільно охолоджувати або пастеризувати з наступним охолодженням. Температура охолодження зумовлюється тривалістю зберігання молока. Якщо видоєне молоко без первинної обробки залишається свіжим завдяки своїм бактерицидним властивостям (здатність протидіяти розмноженню шкідливих мікроорганізмів) залежно від температури навколишнього середовища до 2-3 год., то охолоджене до 8-10°C можна зберігати без погіршення якості протягом доби, а при температурі 4-6°C – до 36 год.

Охолодження молока сповільнює розвиток наявних у ньому мікроорганізмів, подовжуючи термін зберігання. Пастеризація – більш радикальний спосіб обробки. Це знезараження, тобто знищення шкідливих мікроорганізмів без зміни смаку, запаху, консистенції та кольору молока.

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 перерізу 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 перерізу, так і по довжині каналу [1].

Головна мета при вивченні процесів теплообміну – визначення коефіцієнта тепловіддачі ε_l для конкретних умов теплообміну.

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

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

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

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

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, ($d_2/d_1 = 1-5,6$). Визначальна температура – середня температура рідини. Визначальний розмір – діаметр труби або еквівалентний діаметр, рівний

$$d_{\text{екв}} = 4S/P, \quad (3)$$

де S – площа каналу;

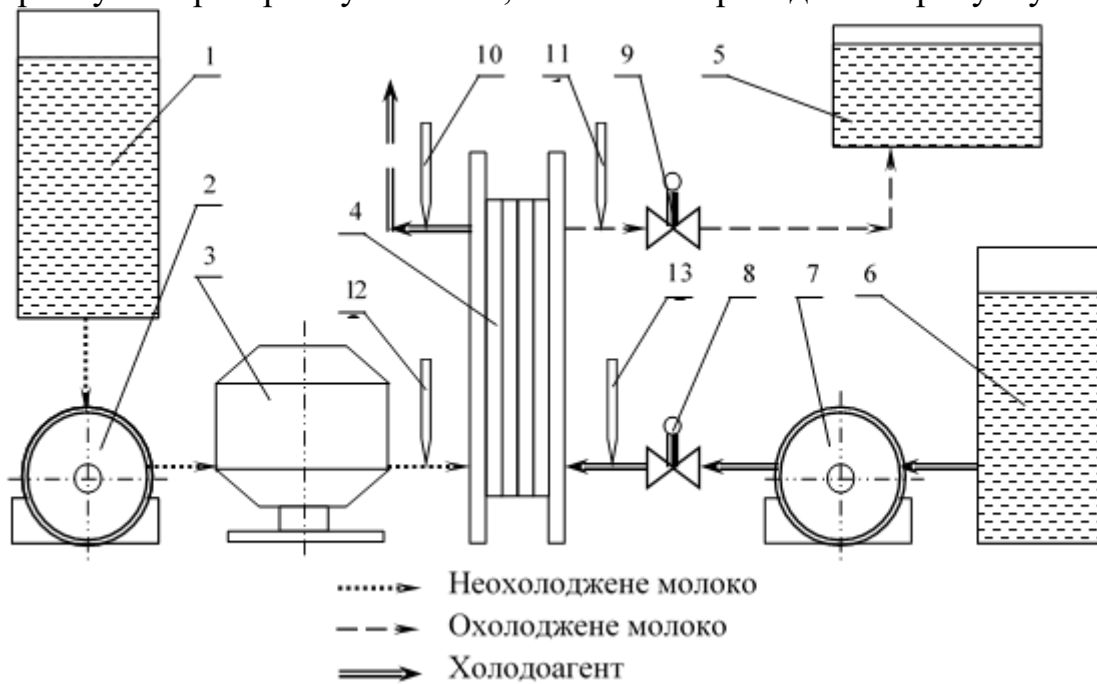
P – довжина змоченого периметра.

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

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 [2]. 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 [2].

У відповідності з розробленою програмою досліджень проведено розробку лабораторної установки, схема якої приведена на рисунку 1.



1 – ванна для неохолодженого молока; 2 – молочний насос; 3 – очисник молока; 4 – охолодник молока; 5 – ванна для охолодженого молока; 6 – резервуар для води; 7 – водяний насос; 8, 9 – крани керування; 10, 11, 12, 13 – термометри

Рис. 1 Схема лабораторної установки для визначення параметрів роботи охолодника молока

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.

Список використаних джерел

1. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410с.

2. Болтянський Б.В., Подшивалов С.Г. Дослідження технологічних параметрів процесу теплообміну в потоково-технологічних лініях первинної обробки молока. Збірник наукових праць магістрів та студентів ТДАТУ. Вип. 13. Т.1. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. С.15-18.