

6. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрический метод определения кислотности. – [Введен 1999-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с. (Межгосударственный стандарт).
7. Банникова Л. А. Микробиологические основы молочного производства / Л. А. Банникова, Н. С. Королева, В. Ф. Семенихина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

*Стаття надійшла до редакції 19.03.2015*

УДК 664.002.5(075)

**Максисько О. Р., к.т.н.<sup>©</sup>**

*Львівський національний університет ветеринарної медицини  
та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львів, Україна*

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

*Стаття присвячена інтенсифікації процесу теплообміну за використання поверхнево-активних речовин (ПАР). Для прикладу розглянуто охолодження молока, що здійснюється в нормалізованому теплообміннику. У роботі показано, що загальний коефіцієнт тепlop передачі теплообмінної апаратури можна підвищити за додавання відповідних концентрацій поверхнево-активних речовин до теплоносій. За додавання оптимальної концентрації (0,05...0,15) мас. % дешевої неіоногенної ПАР до «льодяної» води та (0,5...0,6) мас. % природньої ПАР до молока загальний коефіцієнт тепlop передачі розрахованого теплообмінника зростає на 40 %, при цьому його гідрравлічний опір не збільшується. В роботі також пораховано економічну ефективність впровадження даного способу інтенсифікації. Економія електроенергії для одного теплообмінника за рік становить 59161,4 грн.*

**Ключові слова:** інтенсифікація, теплообмін, кожухотрубний теплообмінник, теплоносій, поверхнево-активні речовини, коефіцієнт поверхневого натягу, приграничний ламінарний шар, товщина приграничного ламінарного шару, коефіцієнт тепlop передачі, енергозбереження.

УДК 664.002.5(075)

**Максисько О. Р., к.т.н.**

*Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Статья посвящена интенсификации процесса теплообмена при использовании поверхностью-активных веществ (ПАВ). Рассмотрено охлаждение молока, которое осуществляется в нормализованном теплообменнике. В работе показано, что общий коэффициент тепlop передачи теплообменной аппаратуры можно повысить за добавление соответствующих концентраций поверхностью-активных веществ в теплоносителях. За добавление оптимальной концентрации (0,05... 0,15) масс. %. дешевого неионогенного ПАВ к «ледяной» воде и (0,5... 0,6) масс. % естественной ПАВ к молоку общий коэффициент тепlop передачи*

<sup>©</sup> Максисько О. Р., 2015

расчетанного теплообменника возрастает на 40 %, при этом его гидравлическое сопротивление не увеличивается. В работе также посчитана экономическая эффективность внедрения данного способа интенсификации. Экономия электроэнергии для одного теплообменника за год составляет 59161,4 грн.

**Ключевые слова:** интенсификация, теплообмен, кожухотрубный теплообменник, теплоноситель, поверхностно-активные вещества, коэффициент поверхностного натяжения, пограничный ламинарный слой, толщина пограничного ламинарного слоя, коэффициент теплопередачи, энергосбережение.

UDC 664.002.5(075)

Maksysko O. R.

Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies  
named after S.Z. Gzhytskyj, Lviv, Ukraine

### ECONOMIC EFFICIENCY OF HEAT TRANSFER ENHAN CEMENT FOR THE USE OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES

The article is devoted to intensifying the process of heat exchange for the use of surface-active agents (surfactants). For example considered milk cooling, performed in normalized heat exchanger. It is shown that the overall heat transfer coefficient of heat exchange equipment can be improved by adding appropriate concentrations of surfactants to fluids. By adding the optimum concentration (0.05 ... 0.15) masses %. Cheap nonionic surfactant to the «ice» and water (0.5 ... 0.6) weight. % natural surfactants to milk the overall heat transfer coefficient calculated exchanger increases by 40 %, while its hydraulic resistance is not increased. The paper also counted the economic efficiency of this method of intensification. Energy savings for one heat exchanger for the year is 59161.4 usd.

**Key words:** intensification, heat exchange tube bundle heat exchanger, the coolant, surfactants, surface tension, laminar boundary layer, the laminar boundary layer thickness, the coefficient of heat transfer, energy savings.

**Вступ.** У сучасних умовах загострення економічної кризи в Україні питання енергоефективності набуває особливого значення як для держави в цілому, так і для підприємств усіх галузей народного господарства. Цінова політика на ринку енергоресурсів спонукає товаровиробників ощадливо використовувати енергоресурси, розробляти актуальні напрями енергозбереження, впроваджувати енергоефективні технології, що дозволить зменшувати енергомісткість продукції, не знижуючи її якості.

Особливо актуальними є питання енергозбереження в основних технологічних процесах, де великий відсоток технологічного часу припадає на процеси теплообміну. Ці процеси протікають у спеціальних теплообмінних апаратих. В хімічній, харчовій, переробній промисловостях найбільш розповсюджені трубні теплообмінники. Серед трубних теплообмінників найбільш використовуються кожухотрубні теплообмінники, оскільки вони компактні, прості у виготовленні і надійні в роботі [1].

#### Результати дослідження.

Для прикладу розглянемо теплову обробку молока. Так, молоко температурою  $t_{1m} = 35^{\circ}\text{C}$  і витратою  $G_m = 15 \text{ л/с}$  охолоджується до температури  $t_{2m} = 13^{\circ}\text{C}$ . Охолодження здійснюється водою з початковою температурою  $t_{1b} = 5^{\circ}\text{C}$ . Кінцева температура води  $t_{2b} = 11^{\circ}\text{C}$ . Орієнтовний вибір теплообмінника проводився класичною схемою [2]. За табл. 2.6 [2] був вибраний нормалізований кожухотрубний теплообмінник з площею поверхні теплообміну  $S = 181 \text{ м}^2$ , з числом

труб, що припадає на один хід 64. Теплообмінник має наступні параметри: діаметр кожуха  $D=800$  мм, діаметр труб  $d=25\times 2$  мм, число ходів  $z=6$ , загальна кількість труб  $n=384$ , довжина труб  $L=6$  м,  $S_{\text{мтр}}=7,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  – площа перерізу потоку в міжтрубному просторі, маса теплообмінника  $M=680$  кг. В трубний простір направляли гарячий носій (молоко), а в міжтрубний – воду.

Загальний коефіцієнт тепlop передачі визначався через середні товщини ламінарних приповерхневих шарів і товщину роздільної стінки між теплоносіями [3] :

$$K_\delta = \frac{1}{\frac{\delta_{n11}}{\lambda_{n11}} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{n12}}{\lambda_{n12}}}, \quad (1)$$

де  $\frac{\delta_{n11}}{\lambda_{n11}}$ ,  $\frac{\delta_{n12}}{\lambda_{n12}}$  - термічні опори Л шару холодного і гарячого теплоносія.

відповідно,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  град.

Середню товщину Л шару визначали згідно рівняння [4]:

$$\delta = \frac{d^2 \sqrt{\frac{2\sigma \cos \theta \rho}{\lambda l}}}{Re \mu K_t} \quad (2)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу на межі тверде тіло-рідина,  $\text{Н}/\text{м}$ ;  $\cos \theta$  – гідрофільність поверхні стінки;  $\rho$  – густина рідини,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $d$  – діаметр живого перерізу потоку, м;  $\lambda$  – коефіцієнт Дарсі;;  $l$  – довжина трубопроводу, м;  $\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини, Па с;  $K_t$  – коефіцієнт турбулізації Л шару,  $K_t = \frac{Re_{\text{роб}}}{Re_{\text{кр}}}$ .

Спосіб підвищення загального коефіцієнта тепlop передачі теплообмінної апаратури шляхом введення в теплоносій малих кількостей ПАР запропоновано в роботі [5].

В даній роботі також був розрахований за додавання до води (0,05...0,15) мас. % неіоногенної ПАР, а до молока (0,5...0,55) мас. % ПАР природного походження. Дані розрахунків представлено в таблиці.

Як бачимо, за додавання раціональних концентрацій досліджуваних ПАР до двох теплоносіїв загальний коефіцієнт тепlop передачі теплообмінника збільшився на 40,0 %. Гідравлічний опір при цьому не збільшився.

Основним показником ефективності роботи теплових апаратів є коефіцієнт його тепlop передачі  $K$ . Згідно з основним рівнянням тепlop передачі кількість тепла, що передається від одного теплоносія до іншого рівна:

$$Q = KS\Delta t_c \tau$$

де  $K$  – загальний коефіцієнт тепlop передачі,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град.}$ ;  $S$  – площа поверхні тепlop передачі,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta t_c$  – середня різниця температур між теплоносіями,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta t_c = 10,3$   $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q = 915 \cdot 181 \cdot 10,33 = 1,71 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Витрату холодної води  $G_b$  визначимо з рівняння теплового балансу:

$$G_{\theta} = \frac{Q}{C_{\theta}(t_{\theta 2} - t_{\theta 1})} = \frac{1,71 \cdot 10^6}{4,18 \cdot 10^3 (11-5)} = 68,2 \text{ кг/с}$$

де  $C_{\theta}$  – теплоємність води, Дж/ кг·град;  $t_{\theta 1}$  – початкова температура води;  $t_{\theta 2}$  – кінцева температура води.

Таблиця

**Зміна теплофізичних параметрів теплоносіїв при введенні до них оптимальних концентрацій ПАР**

Параметри	Молоко	Молоко + (0,5...0,6) мас. % ПАР	Вода	Вода + (0,05...0,15) мас. % ПАР
$\mu$ , Па·с	$1,56 \cdot 10^{-3}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
$\sigma$ , Н/м	$52,6 \cdot 10^{-3}$	$38,3 \cdot 10^{-3}$	$74,22 \cdot 10^{-3}$	$31,47 \cdot 10^{-3}$
$\cos\theta$	0,919	0,953	0,866	0,975
$Re$	9113	11465	14037	14538
$\delta_{nl}$ , м	$1,78 \cdot 10^{-4}$	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$3,62 \cdot 10^{-4}$	$2,43 \cdot 10^{-4}$
$\delta_{nl}/\lambda_{nl}, mK/Bm$	$3,48 \cdot 10^{-4}$	$2,46 \cdot 10^{-4}$	$6,29 \cdot 10^{-4}$	$4,23 \cdot 10^{-4}$
$K, Bm/m^2 K$	915		1277 (40,0 %)	
$\Delta P_{mp}$ , Па	15819		15539	
$\Delta P_{mtr}$ , Па	252381		250794	

Потужність (в кВт), яку споживає двигун відцентрового насосу, для нагнітання «льодяної» води, розраховується згідно з формулою:

$$N = \frac{V \Delta P}{1000 \eta}, \quad (3)$$

де  $V$  – об'ємна витрата рідини,  $m^3/s$ ;

$$\text{Об'ємна витрата холодної води } V = \frac{G_{\theta}}{\rho} = \frac{68,2}{1000} = 0,0682 \text{ } m^3/s$$

$\Delta P$  – повний гідростатичний тиск, Па;  $\eta$  – к.к.д. двигуна.

Для відцентрового насосу X280/29, коефіцієнт корисної дії рівний 0,78.

Тоді потужність, яку споживає двигун, рівна:

$$N = \frac{0,0682 \cdot 252381}{1000 \cdot 0,78} = 22,1 \text{ кВт.}$$

За додавання ПАР до теплоносіїв коефіцієнт теплопередачі збільшився на 40,0 %, тобто став рівний  $1277 \text{ Bt/m}^2 \text{ K}$ , при цьому площа теплообмінника залишилась незмінною.

Для забезпечення такого коефіцієнту теплообміну теплове навантаження мало б становити:

$Q = 1277 \cdot 181 \cdot 10,3 = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Bm}$ , а для цього необхідно було використати таку кількість холодної води:

$$G_b = \frac{Q}{C_b(t_{2b} - t_{1b})} = \frac{2,4 \cdot 10^6}{4,18 \cdot 10^3 (11-5)} = 95,3 \text{ кг}$$

Потужність (в кВт), яку б спожив двигун відцентрового насосу для перекачування такої кількості «льодяної» води, рівна 30,82 кВт, тобто на 8,76 кВт більша.

Тоді за зміну економія електроенергії складе  $8,76 \cdot 8 = 70,08 \text{ кВт}$ .

За рік економія складе  $70,08 \cdot 600 = 42048 \text{ кВт}$ .

Економія на електроенергію за рік становить  $42048 \cdot 1,407 = 59161,54 \text{ грн}$ . Це за умови однієї установки.

Оскільки для охолодження 15 кг молока необхідно 68,18 кг «льодяної» води, то до неї необхідно додати 0,07 кг ПАР. На це потрібно затратити 6,30 грн. За додавання ПАР до теплоносія він постійно циркулює по системі теплообмінника і не зливається. Тому його не потрібно додавати для кожного випадку охолодження.

За теплового навантаження  $Q = 2,11 \cdot 10^6 \text{ Bm}$  за цей самий час, через той же теплообмінник можна охолодити таку кількість молока:

$$G_m = \frac{Q}{C_m(t_{1m} - t_{2m})} = \frac{2,39 \cdot 10^6}{3909,7(35-13)} = 27,79 \text{ кг}, \text{ тобто на } 12,79 \text{ кг}$$

більше.

де  $t_{1m}$  – початкова температура молока,  $t_{2m}$  – кінцева температура молока.

Якщо розглянути це в масштабах підприємства, де працюють десятки теплообмінників, то питання економічної ефективності процесу інтенсифікації теплообміну з використанням ПАР є очевидна.

### Висновки.

1. Показано, що за використання ПАР до теплоносіїв коефіцієнт теплопередачі кожухотрубного теплообмінника збільшився на 40 %, при цьому гіdraulічний опір теплообмінника не збільшився.

2. Економічний ефект даного способу інтенсифікації теплообміну становить 59161,4 грн в рік.

### Література

1. Малежик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст]: за ред. проф. І. Ф. Малежика. – К.: НУХТ. – 2003. – 399 с.
2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 768 с.
- 3 Білонога Ю. Л. Підвищення коефіцієнта теплопередачі кожухотрубного теплообмінника при тепловій обробці молока / Юрій Білонога, Оксана Максисько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2005. – В. 38. – С. 82–85.
4. Білонога Ю. Л. Особливості розрахунку теплообмінної апаратури з врахуванням теплового опору приграничного шару [Текст] / Ю. Л. Білонога, О. Р. Максисько, Б. Р. Ціж // Науковий вісник Львівської державної академія

5. Кравців Р. Й. Білонога Ю. Л., Максисько О. Р., Занічковська Л. В. Спосіб інтенсифікації теплопередачі в системі холодоносій (вода) – стінка теплообмінника-молоко. Подана заявка. У 2008 № 15169 від 29.12.2008.

11. Білонога Ю. Л., Максисько О. Р Оптимізація концентрацій рослинних поверхнево-активних речовин (ПАР) в молоці для інтенсифікації теплопередачі в системі стінка теплообмінника-потік // Наукові праці ОНАХТ. – 2008. – Випуск № 32. – С. 200–204.

*Стаття надійшла до редакції 6.04.2015*

УДК 637.5

**Москалюк О. Є.,** асистент<sup>®</sup>

**Гашук О. І.,** к.т.н., доцент, Ohaschuk@mail.ru

**Пешук Л. В.,** д.с.-г.н., професор,

*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

## **ТЕХНОЛОГІЯ М'ЯСНИХ ХЛІБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ**

Проблема виробництва і використання рослинного білку набуває актуальності для вітчизняної м'ясопереробної галузі, яка гостро відчуває нестачу традиційних сировинних ресурсів. У зв'язку з цим зростає роль продуктів із природної рослинної сировини, зокрема культивованих грибів.

В статті представлено дослідження розроблених рецептур м'ясних хлібів та розглянута можливість використання грибів у технології м'ясопродуктів. Обґрунтована оптимальна кількість заміни м'ясної на грибну сировину, досліджено харчову і біологічну цінність, органолептичні та функціонально-технологічні показники якості розроблених комбінованих виробів.

Доведено доцільність і ефективність використання культивованих грибів та підібрано їх оптимальний вміст у фаршиах м'ясних хлібів, який становить: печериці – 25 %, гливи – 35 % і шиїтаке – 30 %. Досліджено комплекс показників якості розроблених м'ясних хлібів з грибною сировиною і встановлено, що вони відповідають даній групі ковбасних виробів.

**Ключові слова:** культивовані гриби, печериці, гливи, шиїтаке, модельні фарши, м'ясні продукти, харчова цінність.

УДК 637.5

**Москалюк А. Е.,** асистент,

**Гашук А. И.,** к.т.н., доцент, Ohaschuk@mail.ru

**Пешук Л. В.,** д.с.-х.н., професор

*Національний університет пищевих технологій, г. Київ*

## **ТЕХНОЛОГИЯ МЯСНЫХ ХЛЕБОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ**

Проблема производства и использования растительного белка приобретает актуальность для отечественной мясоперерабатывающей отрасли, которая остро испытывает недостаток традиционных сырьевых ресурсов. В связи с этим возрастают роль продуктов из природного растительного сырья, в частности культивируемых грибов.

---

<sup>®</sup> Москалюк О. Є., Гашук О. І., Пешук Л. В., 2015