



УДК 628.3 (075.8)

DOI: 10.37128/2520-6168-2019-2-8

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТИХ
ТЕПЛООБМІННИКІВ**

Гулько Ірина Василівна, к.т.н., доцент
Віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»
Севостьянов Іван Вячеславович, д.т.н., професор
Вінницький національний аграрний університет
Орлюк Юрій Тимофійович, к.т.н., ст.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН України

I. Gunko, PhD, Associate Professor
Vice-President of the All-Ukrainian Scientific and Training Consortium
I. Sevostyanov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
Vinnytsia National Agrarian University,
Yu. Orlyuk, PhD, Senior Research Fellow
Food Resources Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

У статті наведений аналіз відомих схем пластинчастих теплообмінників, відзначені їх переваги та недоліки, а також напрямки удосконалення. З врахуванням результатів аналізу, проведеного у відділі молочних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», авторами була розроблена схема удосконаленого пластинчастого теплообмінника, який поєднує у собі високі надійність, енергетичну ефективність та швидкість нагріву теплоносія з простотою, компактністю та низькою вартістю конструкції, при зручності обслуговування та ремонту (простота розбирання та чищення). Наводяться залежності для розрахунку основних конструктивних та робочих параметрів удосконаленого теплообмінника.

Ключові слова: ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», пластинчастий теплообмінник, теплоносіє, пластина, ущільнювально-розділювальні перегородки, втрати напору.

Ф. 5. Рис. 5. Літ. 11.

1. Постановка проблеми

Теплообмінники є досить поширеними апаратами у харчовій та переробній промисловості і виконують функції основного обладнання при реалізації самих різноманітних теплових процесів [1]. Зокрема, вони використовуються для нагрівання, охолодження, варіння, розварювання, уварювання, випарювання, бланшування, шпаріння, стерилізації, пастеризації у м'ясній та молочній промисловості, а також в багатьох [2] інших галузях та процесах [3 – 5]. Але теплові процеси, незалежно від робочих параметрів, сировини та сфери застосування є найбільш енергоємними, тому удосконаленню теплообмінних апаратів в напрямках зниження їх енергоємності та матеріалоємності при одночасному підвищенні надійності легкості та зручності технічного обслуговування і ремонту приділяється багато уваги. Тому, у зв'язку із великим значенням підприємств харчової та переробної промисловості для Подільського регіону, можна вважати задачу створення вискоефективних, недорогих та універсальних теплообмінних апаратів достатньо актуальною. Ця задача, зокрема вирішується під час проведення досліджень у відділі молочних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Теплообмінні апарати класифікуються також за агрегатним станом використовуваних в них теплоносіїв, за співвідношенням напрямків руху останніх через апарат, за характером температурного режиму, конструкцією та за принципом дії [1].

За співвідношенням напрямків руху теплоносіїв розглядувані апарати поділяються на прямоточні (спів падіння напрямків), протитоківі (протилежний напрямок руху теплоносіїв), апарати з перехресними (взаємноперпендикулярний рух теплоносіїв) та зі змішаними потоками (чергування прямоточних та протитоківих ділянок). Практика показала більш високу ефективність протитоківих апаратів [6].

Температурний режим роботи теплообмінників може бути змінним або постійним, але оскільки



він не залежить від конструкції апарату та визначається в основному вимогами робочого процесу, де використовується теплообмінник, то й дану класифікацію розглядати детально недоцільно.

Так само, потребами виробництва визначається й вибір апарату за принципом дії: рекуперативного – при необхідності передачі тепла через стінку, що розділює теплоносії; регенеративного – у випадку передачі тепла через стінку, що періодично омивається то гарячим то холодним теплоносієм або змішувального – коли потрібно перемішувати теплоносії, забезпечуючи тим самим передачу тепла.

Але, враховуючи сформульовану вище проблему, основної для нас в даній роботі є класифікація теплообмінників за конструкцією. За даною ознакою вони поділяються на апарати типу «труба в трубі», кожухотрубні, ламельні, пластинчасті, змієвикові, спіральні, пластинчато-ребристі, зрошувальні, спеціальні (апарати з сорочками, ребристі апарати), комбіновані та інші [2].

На рис. 1 показаний апарат типу «труба в трубі», який відрізняється громіздкістю, високою матеріалоемністю та низькою питомою продуктивністю [4].

Кожухотрубні теплообмінники з нерухомими трубними ґратами (рис. 2), незважаючи на дещо кращі експлуатаційні показники, мають ті ж самі недоліки, що й апарат типу «труба в трубі», але простота конструкції та надійність в роботі обумовили значне поширення даних апаратів [1, 4].

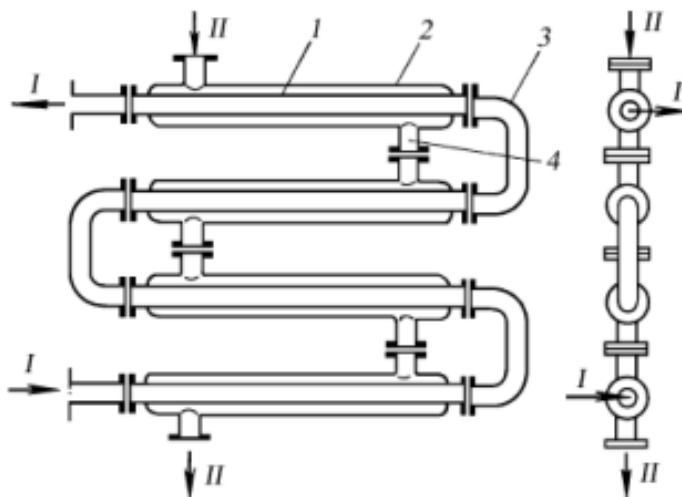


Рис. 1. Двотрубний теплообмінник типу «труба в трубі»: 1 – внутрішня труба; 2 – зовнішня труба; 3 – сполучне коліно; 4 – з'єднувальний патрубок; I, II – теплоносії

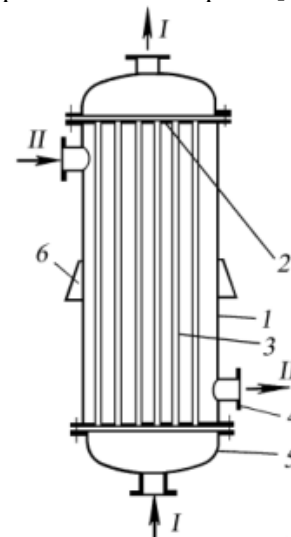


Рис. 2. Вертикальний кожухотрубний теплообмінник з нерухомими трубними ґратами: 1 – кожух; 2 – трубна решітка; 3 – труби; 4 – патрубок; 5 – кришка; 6 – опорна лапа; I, II – теплоносії

Ефективність кожухотрубних теплообмінників намагаються підвищувати за рахунок реалізації «багатоходових» схем, в яких гарячий теплоносії декілька разів змінює напрямок свого руху, постійно обмиваючи стінки труб з холодним теплоносієм, а також використанням різних компенсаторів температурних подовжень труб (з відкритою і закритою плаваючою головкою, із лінзовими та сальниковими компенсаторами, із U-подібними та подвійними трубами). Але дані удосконалення не змінюють принцип роботи апарату і тому не забезпечують суттєвого покращення економічних показників його роботи [7].

Змієвикові (рис. 3) та спіральні теплообмінники мають просту і надійну конструкцію, але меншу, ніж навіть у кожухотрубних апаратів аналогічних габаритів площу поверхні тепловіддачі і відповідно – не дуже високу продуктивність роботи. Крім цього, значною проблемою розглядуваних та попередніх апаратів є висока трудомісткість чищення труб від накипу, що утворюється на їх зовнішній або внутрішній поверхні в процесі експлуатації [8, 9].

Найбільш досконалими за названими вище основними критеріями теплообмінників (продуктивністю, енергоємністю, габаритними розмірами та масою, складністю конструкції, вартістю, надійністю, швидкістю та зручністю технічного обслуговування та ремонту) є апарати пластинчастого типу (рис. 4) [2, 3, 7].

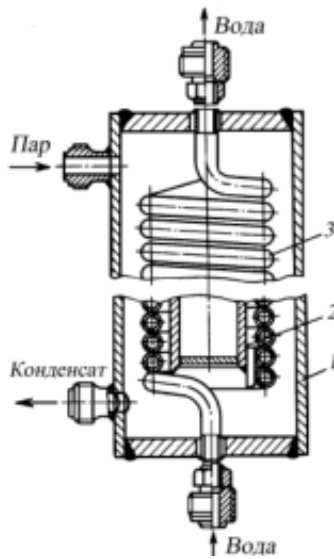
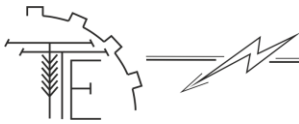


Рис. 3. Змієвиковий теплообмінник: 1 – корпус; 2 – стакан; 3 – змієвик

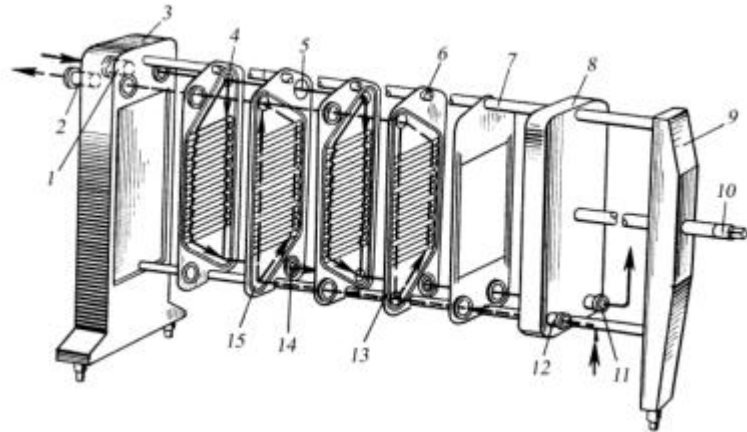


Рис. 4. Пластинчастий теплообмінник: 1, 2, 11, 12 – штуцера; 3 – передня стійка; 4 – верхній кутковий отвір; 5 – кільцева гумова прокладка; 6 – обмежувальна пластина; 7 – штанга; 8 – натискна плита; 9 – задня стійка; 10 – гвинт; 13 – гумова прокладка; 14 – нижній кутковий отвір; 15 – теплообмінна пластина

Основною перевагою пластинчастого теплообмінника є найбільша серед всіх видів площа поверхні теплообміну апарату при менших габаритах, масі і вартості, що обумовлює його високі продуктивність та енергетичну ефективність. За конструкцією пластинчасті теплообмінники бувають розбірними, паяними і зварними, при цьому на практиці найбільше поширення одержали апарати перших двох типів [7]. Перевагою розбірних теплообмінників є можливість їх періодичного розбирання і чищення від накипу, який утворюється в них, як і в будь-якому іншому теплообмінному апараті у продовж експлуатації; недоліки – висока трудомісткість чищення та у 2 – 3 рази вища вартість у порівнянні із паяними теплообмінниками [7]. Що стосується паяних теплообмінників, то їх чищення, як правило здійснюється без розбирання, тому традиційні ручні механічні способи очищення є для цього непридатними. Інші методи, зокрема хімічний, як відзначається в роботі [7] є малоефективними, отже пластинчасті теплообмінники після забивання їх каналів просто замінюють новими, що на нашу думку не раціонально. Тому, у зв'язку із вищевикладеним, сформульована вище задача може бути уточнена: удосконалити конструкцію пластинчастого теплообмінника для усунення недоліків, виявлених у відомих апаратах даного типу при збереженні високої ефективності роботи.

3. Мета дослідження

Метою досліджень, що проводились у відділі молочних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» було – розробити схему більш досконалого пластинчастого протитокowego теплообмінника, який би в порівнянні із відомими аналогами мав більш просту, дешеву та надійну розбірну конструкцію, був зручним в обслуговуванні та ремонті при адекватних або кращих параметрах ефективності.

4. Основні результати дослідження

На рис. 5 показана, розроблена нами з врахуванням вищевказаних вимог, спрощена 3Д-модель робочої частини удосконаленого пластинчастого теплообмінника, в якому гарячий теплоносіє подається через патрубок 7 і далі по блоку каналів 2 до вихідного патрубку 9. При цьому гарячий теплоносіє нагріває внутрішні плити 4, через які тепло передається холодному теплоносію, що проходить по каналах блока 5. Блоки каналів 2, 5 виготовлені з пластичного матеріалу і підтискаються до плит 4 за допомогою зовнішніх плит 1, шпильок 8 та гайок 6, тим самим забезпечується надійна герметизація в середині теплообмінника гарячого та холодного теплоносіїв. Стабільні геометричні параметри каналів блоків 2, 5 та їх коректне розташування під час складання забезпечують напрямні ребра 10, виконані на плитах 4. На схемі не показані системи подачі теплоносіїв через канали блоків теплообмінника (насоси, фільтри, дроселі, розподільники, запобіжні клапани, баки, з'єднувальна арматура), а також основа (станина) робочої частини апарату.

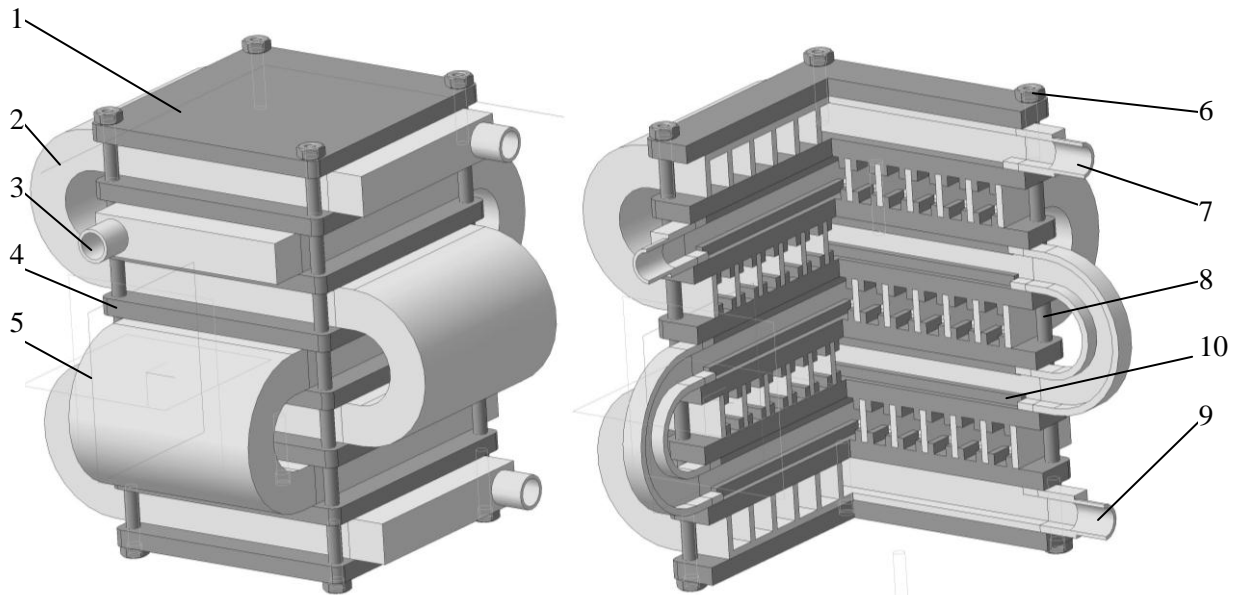
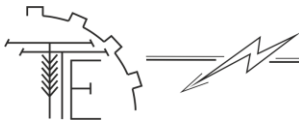


Рис. 5. Спрощена 3Д-модель робочої частини удосконаленого пластинчастого теплообмінника: 1, 4 – зовнішня та внутрішня плити; 2, 5 – блоки каналів гарячого та холодного теплоносія; 3 – патрубок подачі холодного теплоносія; 6 – гайка; 7, 9 – патрубки подачі та відведення гарячого теплоносія; 8 – шпилька; 10 – напрямне ребро

Перевагою пропонованої схеми є проста і недорога конструкція основних деталей: плит 1, 4 та блоків каналів теплоносія 2, 5. Зокрема, плити містять тільки прості паралельні невисокі виступи 10, що виконують функцію напрямних і можуть бути одержані методами пластичного деформування або фрезеруванням. Конструкція блоків каналів 2, 5 дозволяє швидко проводити їх демонтаж та монтаж з метою чищення від накипу. При цьому до точності даного монтажу, який полегшується завдяки напрямним 10, не пред'являється особливо жорстких вимог. Оскільки гарячий і холодний теплоносії контактують з поверхнями теплообміну плит 4 безпосередньо, зменшуються втрати тепла та підвищується ефективність роботи апарата. Останньому сприяє також низька теплопровідність матеріалу блоків каналів 2, 5 і відповідно – мінімальні втрати тепла через їх бокові стінки.

Загальні втрати тиску у пропонованому теплообміннику для контуру холодного чи гарячого теплоносія визначаємо за формулою

$$\Delta p_{\Sigma} = p_{mp} + \Sigma p_m = \lambda_m \rho_p \frac{l_k \cdot n_k \cdot v_k^2}{d_k} + (\zeta_{вх} + n_n \cdot \zeta_n + \zeta_{вих}), \quad (1)$$

де p_{mp} – загальні втрати тиску теплоносія на тертя за довжиною каналів [10]; Σp_m – сумарні втрати тиску у місцевих опорах контуру [10]; λ_m – коефіцієнт гідравлічного тертя теплоносія при проходженні контуру [10]; ρ_p – густина теплоносія (води); l_k , d_k – довжина та діаметр одного каналу; n_k – кількість каналів; v_k – середня швидкість теплоносія у каналах; $\zeta_{вх}$, ζ_n , $\zeta_{вих}$ – коефіцієнти місцевого опору на вході у блок каналів, на поворотах каналів та на виході з блоку [10].

Для зменшення інтенсивності утворення накипу на внутрішніх поверхнях каналів та на плитах теплообмінника рекомендується забезпечувати в них турбулентний режим течії теплоносія за рахунок введення додаткових місцевих опорів (розширень та звужень, ребер, виступів, перегородок або за рахунок збільшення швидкості потоку теплоносія [7].

При реалізації другого варіанту потрібна мінімальна швидкість теплоносія $v_{k.min}$ визначається виходячи з критичного значення числа Рейнольдса $Re_{kp} = 2300$ [10] за формулою

$$v_{k.min} = \frac{\nu_p \cdot Re_{kp}}{D_z}, \quad (2)$$

де ν_p – коефіцієнт кінематичної в'язкості теплоносія [10]; D_z – гідравлічний діаметр каналів блоку рівний відношенню їх сумарної площі прохідного перерізу S_k до $1/4$ периметра перерізу [10].

Потрібна потужність електродвигуна привода насоса для прокачування теплоносія через контур може бути обчислена за формулою



$$N_{e.n} = \frac{Q_n \Delta p_\Sigma}{\eta_n \eta_e \eta_m} = \frac{v_{k.min} S_k \Delta p_\Sigma}{\eta_n \eta_e \eta_m}, \quad (3)$$

де Q_n – потрібна подача насоса; η_n, η_e, η_m – ККД насоса, електродвигуна і муфти, що їх з'єднує.

Тепловий розрахунок апарата проводиться з використанням основних залежностей процесів теплопередачі [3, 11].

Зокрема, кількість теплоти, що передається через плити 4 (див. рис. 5) від гарячого до холодного теплоносія при стаціонарному режимі теплопередачі визначається за формулою

$$Q_m = K_m \cdot F_n \Delta t_{cp}, \quad (4)$$

де K_m – коефіцієнт теплопередачі через плити [3, 5]; F_n – робоча площа плит; Δt_{cp} – середня різниця температур теплоносіїв.

Коефіцієнт при передачі теплоти через одношарову стінку визначається як [3, 5]

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (5)$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти теплопередачі відповідно від гарячого теплоносія до плити і від плити до холодного теплоносія; δ_n – товщина плити; λ_n – коефіцієнт теплопровідності матеріалу плити.

5. Висновки

1. Проаналізовані основні види теплообмінних апаратів, що використовуються у харчових та переробних виробництвах та зроблено висновок, що за продуктивністю, матеріало- та енергоємністю, вартістю, надійністю та зручністю експлуатації найбільш ефективними є пластинчасті теплообмінники.

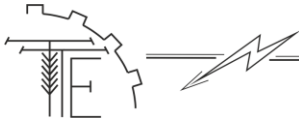
2. Відомі конструкції розбірних пластинчастих теплообмінників відрізняються досить високими вартістю та трудомісткістю обслуговування, тоді як наявні паяні пластинчасті теплообмінники після забивання каналів чищення не підлягають та просто замінюються, що також призводить до збільшення витрат.

3. Авторами розроблена конструкція удосконаленого пластинчастого теплообмінника, в якій усунені вище вказані недоліки і який забезпечить високу продуктивність робочого процесу.

4. Для запропонованого теплообмінника наведені залежності для розрахунку його основних робочих параметрів: втрат тиску теплоносія в контурах теплообмінника, мінімальної потрібної швидкості його проходження по каналах апарата, потужностей електродвигунів приводів його насосів, температур теплоносіїв. Ці залежності у подальшому можуть послужити основою для створення методики проектного розрахунку запропонованого теплообмінника.

Список використаних джерел

1. Драгилев А. И. Технологические машины и аппараты пищевых производств / А. И. Драгилев, В. С. Дроздов. – М.: Колос, 1999. – 376 с.
2. Антипов С. И. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2. / С. И. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков. – М.: Высш. шк., 2001. – 680 с.
3. Барановский Н. В. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н. В. Барановский, Л. М. Коваленко, А. Р. Ястрибенецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
4. Иванченко В. В. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів / В. В. Иванченко, О. І. Барвін, Ю. М. Штонда. – Луганськ: Видавництво ЛуганСНУ ім. Володимира Дала, 2006. – 208 с.
5. Христьян Є. В. Теплотехнологічні процеси та установки на залізничному транспорті / Є. В. Христьян, І. В. Титаренко. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – 269 с.
6. Куций В. Обоснование оптимального режима стерилизации мясных паштетов / В. Куций, В. Янович, А. Гурич, Н. Любин // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 2016. – Vol. 18. - №8. – С. 15 – 21.
7. Гут А. Пластинчатые теплообменники: современные тенденции применения / А. Гут [Электронный ресурс] Режим доступа:



<https://assets.danfoss.com/documents/DOC106286454041/DOC106286454041.pdf> .

8. Таранова Л. В. Теплообменные аппараты и методы их расчета / Л. В. Таранова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 198 с.
9. Иванов А. Л. Теплообменное оборудование предприятий/ А. Л. Иванов, В. Н. Белоусов, С. Н. Смородин. – Санкт-Петербург.: Изд-во ин-та Энергетики и автоматизации ВШТЭ, 2016. – 184 с.
10. Некрасов Б. Б. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу / Б. Б. Некрасов, И. В. Фатеев, Ю. А. Беленков и др. - М.: Высшая школа, 1989. – 192 с.
11. Музичук В. І. Застосування чисельних методів при дослідженні теплових процесів на математичних моделях / В. І. Музичук, В. Б. Рябошапко, О. М. Бурдейний // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, 2012. – №10. – т. 2 (59). – С. 145 – 148.

References

- [1] Dragilev, A. I., Drozdov, V. S. (1999) *Tekhnologicheskiye mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv [Technological machines and devices for food production]* Moscow: Kolos [in Russian].
- [2] Antipov, S. I., Kretov, I. T., Ostrikov, A. N. (2001) *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv [Machines and equipment for food production]*, Vol. 2, Moscow: Vyschaya shkola [in Russian].
- [3] Baranovsky, N. V., Kovalenko, L. M., Yastribenetsky, A. R. (1973) *Plastinchatyye i spiral'nyye teploobmenniki [Plate and spiral heat exchangers]* Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
- [4] Ivanchenko, V. V., Barvin, O. I., Shtonda, Y. M. (2006) *Konstruyuvannya ta rozrakhunok kozhukhotrubchastykh teploobminnykh aparativ [Design and calculation of shell and tube heat exchangers]* Luhansk: Vydavnytstvo LuhanSNU im. Volodymyra Dalya [in Ukrainian].
- [5] Khrystyanyan, Y. V., Tytarenko, I. V. (2015) *Teplotekhnologichni protsesy ta ustanovky na zaliznychnomu transporti [Heat-Technological Processes and Installations in Railway Transport]* Dnipropetrovs'k: Dnipropetrovskiyi natsionalnyi universitet zaliznychnogo transporta imeny akademika V. Lazaryana [in Ukrainian].
- [6] Kutsiy, V., Yanovich, V., Gurich, A., Lyubin, N. (2016) *Obosnovaniye optimal'nogo rezhima sterilizatsii m'yasnykh pashtetov [Justification of the optimal mode of sterilization of meat pies]*, 18, 8, 15 – 21, MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture-2016 [in Russian].
- [7] Gut, A. *Plastinchatyye teploobmenniki: sovremennyye tendentsii primeneniya [Plate heat exchangers: current application trends]* Retrieved from: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC106286454041/DOC106286454041.pdf> [in Russian].
- [8] Taranova, L. V. (2012) *Teploobmennyye apparaty i metody ikh rascheta [Heat exchangers and methods for their calculation]* Tyumen': TyumGNGU [in Russian].
- [9] Ivanov, A. L., Belousov, V. N., Smorodin, S. N. (2016) *Teploobmennoye oborudovaniye predpriyatiy Heat transfer equipment of enterprises [Heat transfer equipment of enterprises]* Sankt-Peterburg.: Izdatelstvo instituta Energetiki i avtomatizatsii VSHTe [in Russian].
- [10] Nekrasov, B. B., Fateyev, I. V., Belenkov, Y. A. (1989) *Zadachnik po gidravlike, gidromashinam i gidroprivedu [The problem book on hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drive]* Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
- [11] Muzychuk, V. I., Ryaboshapko, V. B., Burdeynyuy, O. M. (2012) *Zastosuvannya chysel'nykh metodiv pry doslidzhenni teplovykh protsesiv na matematychnykh modelyakh [Application of numerical methods in the study of thermal processes on mathematical models]*, 10, 2 (59), 145 – 148, Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu [in Ukrainian].

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

В статье приведен анализ известных схем пластинчатых теплообменников, отмечены их преимущества и недостатки, а также направления совершенствования. С учетом результатов анализа, проведенного в отделе молочных продуктов Института продовольственных ресурсов НААН Украины УНПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум», авторами была разработана схема усовершенствованного пластинчатого теплообменника, который сочетает в себе высокие надежность, энергетическую эффективность и скорость нагрева теплоносителя с простотой, компактностью и низкой стоимостью конструкции, при удобстве обслуживания



и ремонта (простота разборки и чистки). Приводятся зависимости для расчета основных конструктивных и рабочих параметров усовершенствованного теплообменника.

Ключевые слова: УНПК «Всеукраинский научно-учебный консорциум», пластинчатый теплообменник, теплоноситель, пластина, уплотнительно-разделительные перегородки, потери напора.

Ф. 5. Рис. 5. Лит. 11.

RESEARCH OF THE DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF PLATE EXCHANGER HEAT EXCHANGERS

The article provides an analysis of the known schemes of plate heat exchangers, their advantages and disadvantages, as well as areas for improvement. Taking into account the results of the analysis conducted in the department of dairy products of the Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, the All-Ukrainian Scientific Research Educational Consortium, the authors developed an improved plate heat exchanger scheme, which combines high reliability, energy efficiency and heating rate of the coolant with simplicity, compactness and low construction cost, with ease of maintenance and repair (easy disassembly and cleaning). The dependences for the calculation of the main design and operating parameters of an improved heat exchanger are given.

Key words: All-Ukrainian Scientific and Educational Consortium, UPC, heat exchanger, heat transfer medium, plate, sealing and dividing partitions, head loss.

F. 5. Fig. 5. Ref. 11.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гулько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, доцент, віце-президент навчально-науково-виробничого комплексу «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Севостьянов Іван Вячеславович – доктор технічних наук, професор кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: ivansev70@gmail.com).

Орлюк Юрій Тимофійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідуючий відділом молочних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України (вул. Є. Сверстюка, 4а, м. Київ, 02660, Україна, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).

Гулько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, вице-президент учебно-научно-производственного комплекса «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Севостьянов Иван Вячеславович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: ivansev70@gmail.com).

Орлюк Юрий Тимофеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом молочных продуктов Института продовольственных ресурсов НААН Украины (ул. Е. Сверстюка, 4а, г. Киев, 02660, Украина, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).

Gunko Iryna – PhD, Associate Professor, Vice-President of the Training, Research and Production Complex "All-Ukrainian Scientific-Training Consortium" (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Sevostyanov Ivan – Doctor of Technical Sciences, Full Professor of the Department of "Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions" of Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: ivansev70@gmail.com).

Orlyuk Yuriy – PhD, Head of the Department of Dairy Products of the Institute of Food Resources of the National Academy of Sciences of Ukraine (4a E. Sverstiuka St., Kyiv, 02660, Ukraine, e-mail: orlyuk@ipr.net.ua).