

В.О. Потапов, д-р техн. наук.
Д.П. Семенюк, канд. техн. наук
О.В. Петренко, ст. викл.
С.О. Шевченко, асист.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ФРИТЮРНИЦІ З ПРОМІЖНИМ ТЕПЛОНОСІЄМ, ЗБАГАЧЕНИМ ВУГЛЕЦЕВИМИ НАНОТРУБКАМИ

Пропонується система обігріву фритюрниці високотемпературним проміжним теплоносієм – поліметилсилоксановою рідиною, що збагачена вуглецевими нанотрубками.

Предлагается система обогрева фритюрницы высокотемпературным промежуточным теплоносителем – полиметилсилоксановой жидкостью обогащенной углеродными нанотрубками.

The system of high-heat fryer intermediate coolant – liquid Polymethylsilicone enriched carbon nanotubes.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В сучасних умовах розвитку економіки України виникає необхідність створення нових ресурсозберігаючих технологій та обладнання, які відповідають європейським та світовим вимогам. Основним напрямом технічного переозброєння підприємств є створення і впровадження нового обладнання та модернізації існуючого шляхом удосконалення його конструктивних та режимних параметрів із метою підвищення ефективності експлуатаційних показників та характеристики безпеки продуктів харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед процесів термічної обробки харчової сировини процес жарення займає провідне місце та є одним із важливих специфічних процесів, який застосовують для виробництва широкого асортименту харчової продукції підприємства ресторанного бізнесу, хлібопекарні, кондитерські, м'ясопереробні, рибопереробні та овочепереробні виробництва [1].

Переваги теплових апаратів із непрямим обігрівом перед традиційними апаратами з прямим обігрівом трубчастими електронагрівачами – тенами – відомі [2]; до них належать, зокрема, підвищена продуктивність, поліпшена експлуатаційна надійність і покращення умов праці на підприємствах харчування. Але у разі переведення жарильних

і інших апаратів на непрямий обігрів виникає серйозна проблема раціонального вибору речовини, найбільш придатної для використання як високотемпературний проміжний теплоносіє.

Про можливість застосування поліметилсилоксанових (ПМС) рідин в якості високотемпературних проміжних теплоносіїв було зазначено ще в монографії [3], у якій із достатньою повнотою наведені теплофізичні властивості цих рідин, необхідні для інженерних розрахунків. Успішні спроби використання кремнійорганічних рідин як теплоносіїв, описані в літературі [4–6]; ці речовини з успіхом використовуються в якості проміжного теплоносія. На основі одержаних теоретичних та експериментальних даних було розроблено нові апарати для термостатування готових страв та жарення основним способом, які відзначаються підвищеною надійністю та довговічністю, забезпечують високу якість продукції [7–9].

Але традиційні теплоносії, які на сьогоднішній час використовуються, практично вичерпали теоретичні можливості подальшого зростання коефіцієнта теплопровідності. Значний прогрес у цій області був досягнутий останніми роками завдяки впровадженню нанотехнологій – використання наночасток у суспензіях класичних теплоносіїв [10].

На кафедрі холодильної та торговельної техніки ХДУХТ проводяться роботи з дослідження фізичних властивостей наносуспензій на основі вуглецевих нанотрубок (ВНТ). Зокрема вперше були досліджені ВНТ, що отримані з коксового пилу. Експериментально досліджувались залежності теплофізичних властивостей вуглецевих наносуспензій на водній основі. Наносуспензію отримували шляхом ультразвукового диспергування в дистильованій воді та центрифугування на високошвидкісній центрифугі.

Аналіз отриманих результатів показує, що зміна концентрації ВНТ у водних суспензіях призводить до змін теплофізичних властивостей, наприклад коефіцієнт температуропровідності при збільшенні концентрації суспензій до 5% зростає майже на 7% в порівнянні з чистою водою [11].

Якщо, врахувати, що коефіцієнт теплопровідності дорівнює $\lambda = aC\rho$, де C – питома теплоємність, ρ – густина, і при цьому, теплоємність суспензії, дещо менше теплоємності чистої води, а густина, навпаки, дещо більше, то коефіцієнт теплопровідності суспензій зі збільшенням концентрації також зростає приблизно на 7% в порівнянні з чистою водою.

В'язкість суспензій зменшується зі збільшенням концентрації ВНТ, але незначно від 1 до 1,5%. Таким чином, проведені попередні дослідження, дозволяють розглядати суспензії на основі ВНТ, отрима-

ні в процесі коксування вугілля, як перспективні способи підвищення експлуатаційних характеристик ПМС теплоносіїв [12].

Для того щоб реально оцінити вплив концентрацій ВНТ на теплофізичні властивості ПМС, як теплоносія, необхідно провести комплексне дослідження системи обігріву теплового апарата при використанні теплоносія збагаченого ВНТ.

Мета та завдання статті. Використовуючи позитивний досвід застосування кремнійорганічних теплоносіїв у теплових апаратах, виходячи з теоретичних міркувань, експериментальних досліджень, було поставлено завдання розробки системи обігріву фритюрниці з проміжним теплоносієм із застосуванням як проміжного теплоносія високо-температурної речовини ПМС, що збагачена ВНТ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до викладеної вище концепції про доцільність використання непрямого обігріву жарильної ванни фритюрниці кремнійорганічним теплоносієм із додаванням ВНТ було теоретично обґрунтовано та розроблено конструкцію вище названого апарата.

Як прототип обрано фритюрницю ФЕСМ-20 з продуктивністю $G' = 12$ кг/год. Об'єм жарильної ванни $V_{ж} = 12$ л; співвідношення жир/продукт (ж/п) – 4:1. Робоча температура жиру складає $160...180^{\circ}\text{C}$; розігрів жиру до робочої температури τ_p дорівнює 20 хвилин.

За непрямого способу обігріву жарильної ванни фритюрниці замість тенів у ванну поблизу її днища буде розташовано змійовик обігріву, в якому циркулює теплоносій ПМС збагачений ВНТ. При рекомендованому співвідношенні ж/п = 4:1 місткість ванни нової фритюрниці має становити 15 л. Такому об'єму відповідають наступні розміри ванни: 200 : 500 : 150 мм (без урахування холодної зони під основним об'ємом жиру).

Принципова схема запропонованого апарата наведено на рисунку 1.

Як видно з рисунка 1 апарат складатиметься з двох робочих частин. У одній частині апарата розташовано жарильну ванну (1) з системою обігріву фритюрниці (2), яка за допомогою труб приєднана до другої частини апарата. У другій частині запропонованого апарата розташовані такі елементи: резервуар для теплоносія (4), який треба визначити розрахунком; тені (5) для нагрівання і підтримання робочої температури теплоносія, яка контролюється термopарою, введеною в резервуар (це дасть можливість регулювати режим роботи тенів); циркуляційний насос (3), що забезпечує рух теплоносія в замкненому контурі системи обігріву (2). Корпус апарата є теплоізолюваним; крім перерахо-

ваних вище елементів, у ньому передбачено також необхідні монтажні деталі. Продукт, що підлягає жаренню, занурюють у жарильну ванну (1) в сітчастій корзині, після чого ванна закривається герметичною кришкою.

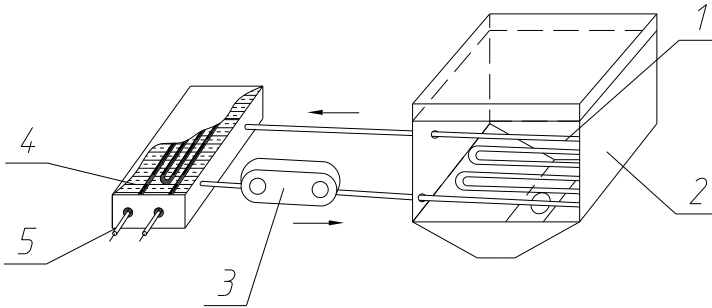


Рисунок 1 – Схема будови нової фритюрниці з непрямым обігрівом кремнійорганічним теплоносієм збагаченим ВНТ

Основним вузлом запропонованої фритюрниці є система обігріву ванни, яку схематично показано на рисунку 2.

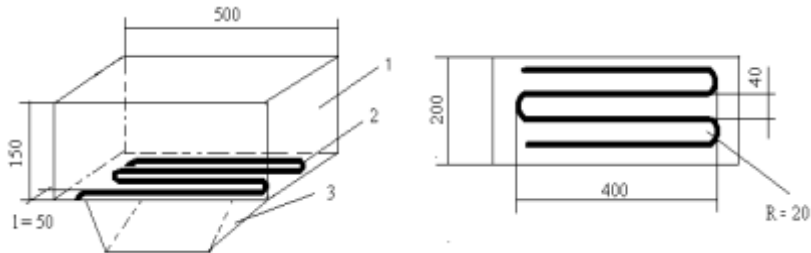


Рисунок 2 – Ванна обігріву запропонованої фритюрниці (розміри в мм): 1 – ванна; 2 – змійовик обігріву ($d_z = 25$ мм, $d_B = 22$ мм); 3 – холодна зона

Як видно з рис. 2 нами обрано просту геометрію змійовика обігріву, без вертикальних ділянок, для зменшення гідравлічних втрат тиску в системі обігріву, в цьому випадку висота ванни має бути малою для забезпечення рівномірності обігріву жиру по всьому його об'єму. Розміри ванни визначають геометричні параметри змійовика обігріву, які наведено на рис. 2, при цьому довжина змійовика становить:

$$l_3 = 2 \cdot (400 - 20) + 2 \cdot (400 - 2 \cdot 20) + 3 \cdot 3,14 \cdot 20 + 2 \cdot 50 =$$

$$= 1768 \text{ мм} \approx 1,77 \text{ м}$$

(тут враховано розмір з'єднувальних труб $l_c = 50$ мм, які з'єднують систему обігріву з резервуаром для теплоносія).

Площа перерізу течії теплоносія в змійовику становить:

$$S_m = \frac{\pi}{4} d_6^2,$$

$$S_m = \frac{3,14}{4} \cdot (22 \cdot 10^{-3})^2 = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі від змійовика до жиру:

$$S_3 = \pi \cdot d_3 \cdot l_3,$$

$$S_3 = 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,77 = 0,14 \text{ м}^2.$$

Таким чином ми отримали основні значення параметрів системи обігріву запропонованого апарата, що забезпечують необхідну продуктивність фритюрниці.

Висновки. Для підтвердження вибору даної системи, необхідних параметрів циркуляційного насосу, який забезпечує режим течії в змійовику обігріву і тим самим необхідну теплопередачу від теплоносія до жиру, в подальшому потрібно провести тепловий і гідравлічний розрахунки, обрати оптимальну концентрацію ВНТ, що дозволить істотно поліпшити теплофізичні показники теплоносія й відповідно експлуатаційні характеристики фритюрниці.

Список літератури

1. Черевко, О. І. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів [Текст] : навч. посібник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна ; Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 332 с.

2. Беляев, М. И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов [Текст] : монография / М. И. Беляев, П. Л. Пахомов. – Х. : ХИОП : Коммунист, 1991. – 160 с.

3. Соболевский, М. В. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов [Текст] / М. В. Соболевский, О. А. Муззовская, Г. С. Попелева. – М. : Химия, 1975. – 296 с.

4. Білецький, Е. В. Кремнійорганічні сполуки: ошадливість, ефективність [Текст] / Е. В. Білецький, О. В. Петренко // Харчова та переробна промисловість. – 2003. – № 4. – С. 18.

5. Сафонов, В. В. Застосування кремнійорганічного теплоносія в системі обігріву електричної сковороди з проміжним теплоносієм [Текст] / В. В. Сафонов, О. В. Петренко, Е. В. Білецький // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2007. – Вип. 1 (5). – С. 341–346.

6. Киптелея, Л. В. Пароконтактный способ тушения капусты [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Киптелея Л. В. – Х., 1985. – 183 с.

7. Білецький, Е. В. Розробка апарата для термостатування готових блюд з проміжним кремнійорганічним теплоносієм для малих підприємств харчування [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 : захищена 17.10.98 : затв. 17.01.99 / Білецький Е. В. – Х, 1998. – 155 с.

8. Пат. 51176 Україна, МКВ А 47 J 37/04, 37/12. Пристрій для жаріння у фритюрі кулінарних та кондитерських виробів [Текст] / Пахомов П. Л., Сафонов В. В., Петренко О. В. – № 2002010643 ; заявл. 25.01.02 ; опубл. 15.11.02, Бюл. № 11. – 2 с.

9. Пат. 23495 Україна, МПК А 47 J 37/10, 37/04. Універсальний жарильний пристрій з непрямым обігрівом [Текст] / Білецький Е. В., Петренко О. В., Сафонов В. В. – № u200700555 ; заявл. 19.01.07 ; опубл. 25 05.07, Бюл. № 7. – 4 с.

10. Production of carbon nanotubes from coal [Text] / J. Qiu [et al.] // Fuel processing technology. – 2004. – № 15. – P. 1663 – 1670.

11. Потапов, В. О. Дослідження теплофізичних властивостей суспензій з вуглецевими нанотрубками, отриманими з коксового пилу [Текст] / В. О. Потапов, С. О. Шевченко, О. І. Зеленський // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 221–226.

12. Шмалько, В. М. Образование углеродных наноструктур при коксовании углей [Текст] / Шмалько В. М. [и др.] // Углекимический журнал. – 2009. – № 3 – 4. – С. 37–42.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Потапов, Д.П. Семенюк, О.В. Петренко, С.О. Шевченко, 2011.