

## Секція 2. ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 641.546.22

### РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЧЕНИХ ПИРІЖКІВ

**В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко, С.В. Михайлова**

*Проведено аналіз процесів випікання пиріжків, що дозволило встановити їх принципові недоліки. Розроблено комплекс технологічного обладнання для виробництва печених пиріжків із застосуванням електроконтактного нагрівання. Технічною інновацією комплексу є застосування пристроїв для випікання, що працюють у комбінованому режимі інфрачервоного нагрівання з електроконтактним. Експериментальними дослідженнями встановлено, що більш інтенсивне нагрівання відбувається за умов електроконтактного способу. Отримано дані щодо зміни питомої електропровідності, що можуть бути корисними для відпрацювання раціональних режимів комбінованого випікання.*

**Ключові слова:** пиріжки, хлібобулочні вироби, комплекс, обладнання, електроконтактне нагрівання, інфрачервоне нагрівання, випікання.

### РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧЕНЫХ ПИРОЖКОВ

**В.М. Михайлов, И.В. Бабкина, А.А. Шевченко, С.В. Михайлова**

*Проведен анализ процессов выпекания пирожков, который позволил установить их принципиальные недостатки. Разработан комплекс технологического оборудования для производства печеных пирожков с применением электроконтактного нагрева. Технической инновацией комплекса является применение устройств для выпекания, работающих в комбинированном режиме инфракрасного нагрева с электроконтактным. Экспериментальными исследованиями установлено, что более интенсивный нагрев происходит в условиях электроконтактного способа. Получены данные по изменению удельной электропроводности, которые могут быть полезными для отработки оптимальных режимов комбинированного выпекания.*

**Ключевые слова:** пирожки, хлебобулочные изделия, комплекс, оборудование, электроконтактный нагрев, инфракрасный нагрев, выпекание.

## DEVELOPMENT OF THE COMPLEX OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF COOKIES PIES

V. Mikhaylov, I. Babkina, A. Shevchenko, S. Mikhaylova

*The processes of bakery products, namely baking buns, is analyzed. It allowed to specify the irressential drawbacks. The equipment for baking buns is characterized by low efficiency, endurance, thermal stress of heating surfaces during baking, and metal consumption. The corresponding processes and apparatuses are in effective and require improvement that is possible due to the use of electrical contact heating. In the framework of the defined task, the complex of technological equipment for the manufacture of baked buns with the use of electric contact heating is elaborated, and thermal influence on the samples of semi-products by means of this method is studied. In particular, highly technological equipment is chosen, the baking device with the electric contact heating is designed. This equipment resulted in a corresponding technological aggregate. Technical innovation of the aggregate is the application of the facilities fo rbaking, which work in a combined regime of infrared heating in combination with electric contact. Reduction of technological process duration, decrease of energy and metal consumption, high efficiency are among the major preferences of the device. Experimental investigations determined that when electric contact method was used, the heating was more intense than heating by means of heat transfer. It makes application of the first method more reasonable. The authors received data regarding the changes in specific electric transfer useful for working out of rational modes for the combined baking of buns with the use of electric contact heating.*

**Keywords:** cakes, bakery products, complex, equipment, electric contact heating, infrared heating, baking.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Хлібобулочні вироби, зокрема печена продукція одні з найпопулярніших продуктів харчування серед населення. Так, вироби з дріжджового тіста становлять близько 40% асортименту борошняної кондитерської продукції, що виробляється в Україні. Виробництво печених пиріжків зосереджене переважно на невеликих підприємствах харчової промисловості, у спеціалізованих цехах, на підприємствах ресторанного господарства та торгівлі. Одним із основних чинників виробництва високоякісної продукції за умов раціонального використання енергоресурсів є використання сучасних машин та апаратів, що забезпечують механізацію та автоматизацію процесів виробництва.

Проведений аналіз процесів виробництва хлібобулочних виробів, зокрема випікання пиріжків, дозволив встановити їх принципові недоліки. Зокрема, обладнання характеризується низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД), значною тривалістю, тепловою напругою нагрівальних поверхонь

під час випікання та великою металоємністю. Унаслідок цього такі процеси та відповідні апарати є малоєфективними та потребують удосконалення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Технологічні лінії, окреме обладнання, комплекси обладнання [1–8], що застосовуються у виробництві печених пиріжків складаються з просіювачів, дозувальних пристроїв, тістомісів, ділильних та формувальних пристроїв, шаф для вистоювання, термоагрегатів, допоміжного обладнання тощо. Зазначені пристрої та апарати більшою або меншою мірою мають наведені вище недоліки. Передусім енергоємними є теплові апарати.

Вирішення завдання з розробки високотехнологічного обладнання можливе за рахунок використання електроконтактного нагрівання [9–11]. Обґрунтування застосування ЕКН та його особливості полягають у тому, що під час контактного впливу електричним струмом електрична енергія перетворюється в теплову безпосередньо в напівфабрикаті, що дозволяє ефективно її використовувати насамперед для проведення теплових процесів. У той же час ЕКН не дозволяє нагріти поверхню виробу понад 100° С й, відповідно, отримати підсмажену скоринку лише за рахунок ЕКН є неможливим. Отже, виробництво пиріжків із застосуванням ЕКН може бути ефективним, але при цьому потребує комбінованої обробки із застосуванням, наприклад, ІЧ-нагрівання.

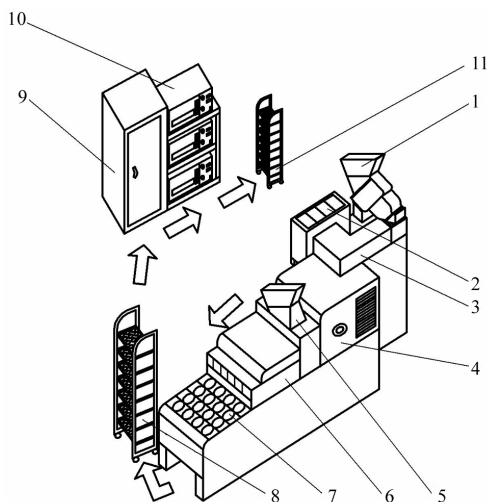
**Мета статті** – розробка комплексу технологічного обладнання для виробництва печених пиріжків із застосуванням ЕКН та дослідження теплового впливу цим методом.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для досягнення поставленої мети було виконано підбір високотехнологічного обладнання та спроектовано пристрій для випікання з ЕКН. Це обладнання склалося у відповідний технологічний комплекс (рис. 1). До його складу увійшли просіювач 1 та дозувальний автомат 2, від яких компоненти тіста транспортером 3 завантажують у тістомісильний агрегат 4. Начинку для пиріжків завантажують у бункер 5. У ділильно-формуальному пристрої 6 формуються напівфабрикати, що вкладаються на лоток 7. Сформовані напівфабрикати перекладають на вагонетку 8, яку зачочують до вистійної шафи 9. Після вистоювання напівфабрикати у спеціальних деках розміщують у пристроях для випікання 10.

Технічною інновацією в цьому комплексі є застосування пристроїв для випікання 10, що працюють у комбінованому режимі інфрачервоного (ІЧ) нагрівання з електроконтактним (ЕКН).

У такому пристрої рівномірне нагрівання забезпечується за рахунок створення повітряних потоків вентилятором. Нагріте повітря циркулює як над декою з напівфабрикатами, так і потрапляє до нижньої частини деки. Вихідні дані процесу випікання задаються та простежуються на пульті

керування – можливе як окреме вмикання ІЧ-нагріву та ЕКН, так і комбінована теплова обробка; потужність ІЧ-нагрівання та напруга ЕКН задаються спеціальними регуляторами; величина напруги простежується за вбудованим вольтметром, а сила струму – за амперметром. До напівфабрикатів подається електричний струм заданої напруги промислової частоти 50 Гц. Сформовані напівфабрикати, що заздалегідь розміщені на поверхні деки між різнополярними електродами встановлюють у середину пристрою таким чином, щоб контактні різнополярні шини потрапили у відповідні пази в полиці. Тривалість процесу випікання задають за допомогою таймера.

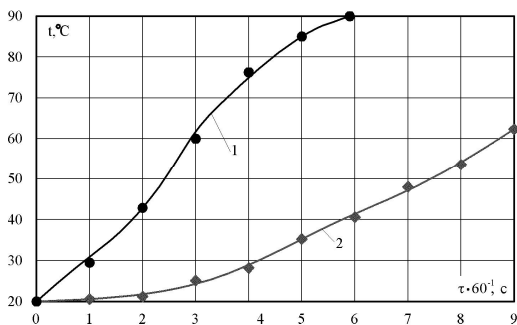


**Рис. 1. Комплекс технологічного обладнання для виробництва печених пиріжків: 1 – просіювач; 2 – дозувальний автомат; 3 – транспортер; 4 – тістомісильний агрегат; 5 – бункер; 6 – ділильно-формувальний пристрій; 7 – лоток; 8 – вагонетка; 9 – вистійна шафа; 10 – пристрої для випікання**

До основних переваг розробленого пристрою слід віднести скорочення тривалості технологічного процесу, зниження витрат енергії та металоємності, високий коефіцієнт корисної дії.

Для підтвердження ефективності ЕКН проведено експериментальне дослідження кінетики температури (від 20 до 90° С) під час ЕКН змінним струмом промислової частоти з напругою 40 В та випікання в жарильній шафі за температури 200° С. Отримані результати наведені на рис. 2. Так,

під час ЕКН температура починає інтенсивно зростати від початку процесу. Під час випікання у шафі температура збільшується з меншою швидкістю. При порівнянні на другій хвилині температура за ЕКН збільшується на  $22^{\circ}\text{C}$ , а за випікання у шафі – лише на  $2^{\circ}\text{C}$ . Таке повільне зростання температури під час випікання в жарильній шафі пояснюється високою інерційністю в умовах теплопередачі. У той же час в умовах ЕКН температура починає зростати одночасно та рівномірно за всім об'ємом зразка. Лише після 4-ї хвилини обробки температура зразка під час випікання у шафі починає зростати більш інтенсивно та на 6-й хвилині температура складає  $40^{\circ}\text{C}$ . У той ж час за ЕКН на 4-й хвилині температура складає близько  $75^{\circ}\text{C}$ , а на 6-й хвилині –  $90^{\circ}\text{C}$ . Отже, можна зробити висновок, що за умов ЕКН нагрівання проходить більш інтенсивно, ніж нагрівання теплопередачею, що зумовлює доцільність використання електроконтактного нагрівання.



**Рис. 2.** Кінетика температури зразків із дріжджового тіста під час теплової обробки: 1 – ЕКН змінним струмом промислової частоти з напругою 40 В; 2 – випікання в жарильній шафі за температури  $200^{\circ}\text{C}$

На рис. 3 представлена кінетика питомої електропровідності зразків під час ЕКН. На початку процесу електропровідність є мінімальною та становить близько  $8 \cdot 10^{-3} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ , далі протягом 4 хв. вона збільшується на 65%, та надалі інтенсивність її зростання зменшується. Максимальне значення питомої електропровідності становить  $24 \cdot 10^{-2} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$  десь на 4,5 хв. Отримані дані щодо зміни питомої електропровідності можуть бути корисними для відпрацювання раціональних режимів комбінованого випікання пірижків із застосуванням ЕКН (можливість підібрати напругу ЕКН із заданим часом нагрівання, розрахувати потужність ПЧ-нагрівання).

**Висновки.** Таким чином, зменшити тривалість процесів випікання та усунути інші недоліки можна шляхом застосування ЕКН. За результатами наукової роботи розроблено та вдосконалено комплекс технологічного обладнання для виробництва печених

пиріжків. Проведено попередні дослідження ЕКН, що можуть стати підґрунтям для розробки комбінованих способів на його основі. Розроблено пристрій комбінованого випікання пиріжків із ЕКН, що має вказані переваги. Подальші дослідження будуть направлені на апробацію розробки та відпрацювання режимів його роботи.

### Список джерел інформації / References

1. Хромеенков В. М. Оборудование хлебопекарного производства : учеб. для нач. проф. образования / В. М. Хромеенков. – М. : ИРПО : Академия, 2000. – 320 с.

Chromeenkov, V.M. (2000), *Equipment of bakery production [Oborudovanie hlebopekarnogo proizvodstva]*, IRPO, Academy, Moscow, 320 p.

2. Черевко О. І. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів : навч. посібник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 332 с.

Cherevko, O.I., Mikhaylov, V.M., Babkina, I.V. (2000), *Processes and equipment of frying of food products [Protsey ta aparaty zharinnia kharchovykh produktiv]*, KSATOF, Kharkiv, 332 p.

3. Юлін О. В. Теплові процеси та апарати на підприємствах громадського харчування : навч. посібник / О. В. Юлін, М. І. Пересічний, І. І. Тарасенко [та ін.]. – К. : ІСДЮ, 1995. – 176 с.

Ulin, O.V., Perecichniy, M.I., Tarasenko, I.I. [et al.] (1995), *Thermal processes and apparatus on ventures of catering [Teplovi protsey ta aparaty na pidpriyemstvakh hromadskoho kharchuvannia]*, ISDO, Kyiv, 176 p.

4. Калачев М. В. Малые предприятия для производства хлебобулочных и макаронных изделий : учеб. пособие для вузов / М. В. Калачев. – М. : Де Ли принт, 2008. – 288 с.

Kalachov, M.V. (2008), *Small enterprises for the production of bread and pasta [Malye stva hlebobulochnyh i makaronnyh izdeliy]*, De Li print, Moscow, 288 p.

5. Кострова И. Е. Малое хлебопекарное производство. Основные особенности / И. Е. Кострова. – СПб. : ГИОРД, 2001. – 116 с.

Kostrova, I.E. (2001), *Small production of bakery. Main features [Maloe hlebopekarnoe proizvodstvo. Osnovnyye osobennosti]*, St. Petersburg, GIORD, 116 p.

6. Полторац М. И. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной промышленности : справочник / М. И. Полторац, А. В. Володарский, М. Н. Сигал. – К : Урожай, 1989. – 199 с.

Poltorak, M.I. (1989), *Technological equipment of enterprises of the baking industry [Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy hlebopekarnoy promyshlennosti]*, Kyiv, Harvest, 199 p.

7. Пирожковый автомат АЖЗП-М [Электронный ресурс] // Оборудование для производства пирожков. – Режим доступа : <http://mbn800.narod.ru/pirozhki.html>

"Automatic machine for pies ARBP-M", Equipment for the production of pies ["Pirozhkovyy avtomat AZhZP-M", Oborudovanie dlya proizvodstva pirozhkov], available at: <http://mbn800.narod.ru/pirozhki.html>

8. Оборудование для пекарен [Электронный ресурс] // Оборудование для ресторанов. Тепловое, кухонное, технологическое оборудование для баров и кафе. – Режим доступа : <http://kproekt.com.ua/oborudovanie-dlya-pekaren.html>

"Equipment for bakeries", *Equipment for restaurants. Heating, Kitchen, technological equipment for bars and cafes* ["Oborudovanie dlya pekaren", *Oborudovanie dlya restoranov. Teplovoe, kuhonnoe, tehnologicheskoe oborudovanie dlya barov i kafe*], available at: <http://kproekt.com.ua/oborudovanie-dlya-pekaren.html>

9. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія. В 3 ч. Ч. 2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О. І. Черевко [та ін.] ; за заг. ред. О. І. Черевка, В. М. Михайлова. – Х. : ХДУХТ, 2012. – 151 с.

Cherevko, O.I., Mikhaylov, V.M. [et al.] (2012), *New technical solutions in the design of equipment for thermal processing of food raw materials* [Novi *tekhnichni rishennia v proektuvanni obladnannia dlia teplovoi obrobky kharchovoi syrovyny*], KSUFTT, Kharkiv, 151 p.

10. "Ohmic heating", *Britannica Online Encyclopedia*, available at: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/426067/ohmic-heating>

11. Ramaswamy, R., Balasubramaniam, V.M., S. Sastry, K., "Ohmic Heating of Foods", *Ohioline*, available at: <http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0004.html>

**Михайлов Валерій Михайлович**, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)336-74-92; e-mail: [mychailov@kharkov.com](mailto:mychailov@kharkov.com).

**Михайлов Валерий Михайлович**, д-р техн. наук, проф., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)336-74-92; e-mail: [mychailov@kharkov.com](mailto:mychailov@kharkov.com).

**Mikhaylov Valeriy**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes, apparatus and automation of food production, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkivska 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)336-74-92; e-mail: [mychailov@kharkov.com](mailto:mychailov@kharkov.com).

**Бабкіна Ірина Володимирівна**, канд. техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: [process229@ukr.net](mailto:process229@ukr.net).

**Бабкина Ирина Владимировна**, канд. техн. наук, проф., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: [process229@ukr.net](mailto:process229@ukr.net).

**Babkina Irina**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Processes, apparatus and automation of food production, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkivska 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

**Шевченко Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03, 0977370449; e-mail: process229@ukr.net.

**Шевченко Андрей Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03, 0977370449; e-mail: process229@ukr.net.

**Shevchenko Andrey**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Processes, apparatus and automation of food production, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkivska 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03, 0977370449; e-mail: process229@ukr.net.

**Михайлова Світлана Володимирівна**, канд. техн. наук, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03, 0508415699; e-mail: process229@ukr.net.

**Михайлова Светлана Владимировна**, канд. техн. наук, кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03, 0508415699; e-mail: process229@ukr.net.

**Mikhaylova Svetlana**, Candidate of Technical Sciences, Department of Processes, apparatus and automation of food production, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkivska 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03, 0508415699; e-mail: process229@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. О.І. Черевком.  
Отримано 15.03.2016. ХДУХТ, Харків.*