

В.М. Михайлов, д-р техн. наук

І.В. Бабкіна, канд. техн. наук

А.О. Шевченко, асист.

ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ТЕПЛОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ

Наведено результати експериментальних досліджень електричних (сила струму, напруга) та теплометричних (потужність нагрівання, температура) показників електроконтактного нагрівання. Обґрунтовано доцільність підтримування постійної напруги значенням до 42 В та отримано дані щодо інтенсифікації нагрівання продукту залежно від напруги.

Приведены результаты экспериментальных исследований электрических (сила тока, напряжение) и теплометрических (мощность нагрева, температура) показателей электроконтактного нагрева. Обоснована целесообразность поддержания постоянного напряжения значением до 42 В и получены данные по интенсификации нагрева продукта в зависимости от напряжения.

Brought are results of experimental researches of electric (strength of current, tension) and warm-metrical (power of heating, temperature) indexes of the electrocontact heating. Reasonable by expediency of maintenance of permanent tension a value to 42 V and got data on intensification of heating of product depending on tension.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Метод електроконтактного нагрівання (ЕКН) має низку переваг (відносно висока швидкість та ККД процесу, рівномірність нагрівання, простота апаратурного оформлення та ін.), що зумовлює доцільність поширення його використання під час виробництва кулінарної продукції. Здійснення ЕКН можливо двома способами: за умов постійної напруги та постійного значення сили струму. У першому випадку задається значення напруги та залежно від електропровідності зразка, що є непостійною в процесі нагрівання, сила струму змінюється. У другому випадку – навпаки задається сила струму, але при цьому виникає необхідність постійного регулювання напруги. У зв'язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування підтримування постійної напруги чи сили струму з точки зору безпечності та ефективності процесу, а також якості продукції, що виробляється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування ЕКН на підприємствах ресторанного господарства є недостатньо поширеним. Однією з причин цьому є обмежена кількість

малогабаритних апаратів для здійснення ЕКН. Бракує також інформації про електропровідні властивості кулінарних напівфабрикатів та раціональні параметри їх теплової обробки шляхом ЕКН. Відомі розробки з використанням ЕКН [1-3] та наведені у [4] здебільшого були направлені для використання на харчових підприємствах великої потужності, переважно під час виробництва ковбасних виробів.

Застосування ЕКН є перспективним у комбінації з іншими методами високотемпературного впливу на напівфабрикат. Так, у апаратах ПТО-0,1 та ПКС-0,18, конструкції та принцип роботи яких засновані на комбінуванні традиційного поверхневого нагрівання з електроконтактним [5; 6], інтенсифікація теплової обробки досягається за рахунок цілеспрямованого регулювання нагрівання центральних шарів напівфабрикату від ЕКН змінним електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц. При цьому прогрівання внутрішнього об'єму до температури кулінарної готовності відбувається протягом часу, який не перевищує тривалості формування скоринки на поверхні за рахунок поверхневого нагрівання. У той же час, для ефективного використання запропонованих способів та апаратів необхідно встановити раціональні параметри ЕКН, що вимагає проведення досліджень кінетики електричних (сила струму, напруга) та теплотричних (потужність нагрівання, температура) показників.

Мета та завдання статті. Метою роботи є визначення раціональних параметрів ЕКН шляхом дослідження електричних та теплотричних показників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час експериментальних досліджень зразки з натуральної січеної м'ясної маси нагрівали змінним електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц. Визначали зміну сили електричного струму при напрузі 40 В (1 спосіб), зміну напруги при незмінній силі струму 1,7 А (2 спосіб) та зміну потужності нагрівання. При цьому тривалість нагрівання від 20 до 90° С складає 270 с.

За даними рис. 1 встановлено, що за умови нагрівання зразків першим способом протягом 120 с від початку процесу спостерігається суттєве лінійне зростання сили струму від 0,6 до 2,0 А, тобто у 3,5 рази, а також потужності нагрівання – від 24 до 80 Вт. Протягом подальших 60 с швидкість зростання сили струму зменшується. Відмічається, що на 180 с процесу сила струму досягає максимального значення 2,4 А, що відповідає потужності 90 Вт, після чого починає падати і наприкінці досліджуваного процесу сила струму складає 1,7 А, а потужність – 70 Вт.

Дослідження кінетики напруги за умов постійної сили струму (2 спосіб) проведено при 1,7 А, що відповідає середньому значенню протягом досліджуваного періоду за 1 способом. За такого значення тривалість нагрівання зразка в межах досліджуваного діапазону температур також складає близько 270 с. Проте було відзначено, що для підтримання заданої сили струму напруга на початку процесу складала 110 В, що майже в 2,8 рази вище, ніж при реалізації першого способу. При цьому потужність нагрівання складала 190 Вт. Далі протягом 120 с напруга та потужність поступово зменшувалися, відповідно до 33 В та 55 Вт, після чого протягом наступних 120 с напруга підтримувалась в межах 29...34 В, що відповідало потужності 50...60 Вт, а наприкінці процесу напруга збільшилася до 40 В, а потужність – до 68 Вт.

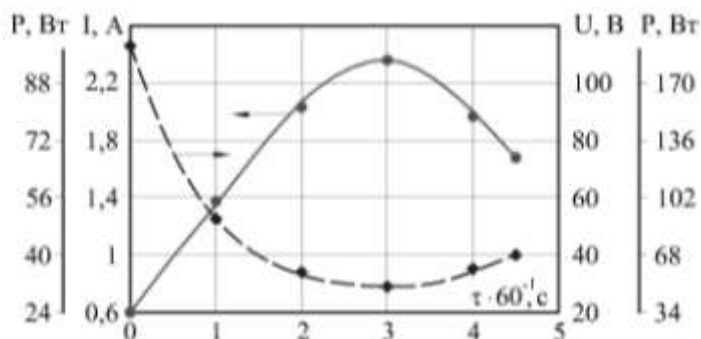


Рисунок 1 – Кінетика сили струму, напруги та потужності під час ЕКН:

- — сила струму та потужність (за постійної напруги 40 В);
- ♦-- — напруга та потужність (за постійної сили струму 1,7 А)

Характер отриманих залежностей зумовлений зміною електропровідних властивостей зразків під впливом зростання температури. Враховуючи збільшення електропровідності зразка з підвищенням температури на початковій стадії, у разі реалізації першого способу (за постійної напруги) відбувається зростання сили струму і потужності нагрівання, а реалізуюючи 2 спосіб (за постійного значення сили струму) – зменшення напруги і потужності нагрівання. Зміна електропровідності зразка у бік зменшення, що відбувається при досягненні температури 65...75° С, призводить до зворотних результатів.

На наш погляд, більш простим за реалізацією є перший спосіб. Це пояснюється тим, що під час його реалізації задається конкретне значення напруги, що можливо в межах регламентованої за технікою

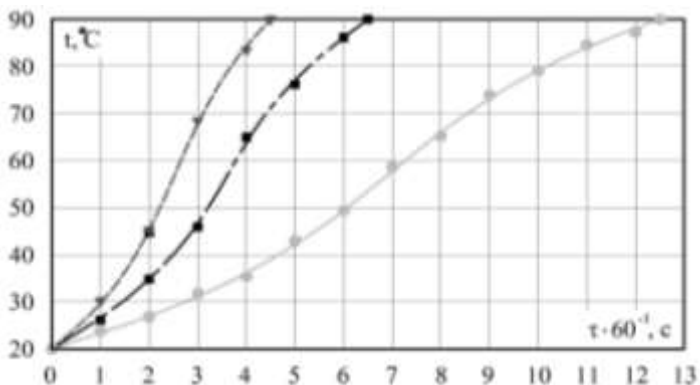
безпеки (до 42 В згідно з [7]), та не виникає необхідності її постійного регулювання протягом ЕКН. Реалізуючи процес за другим способом початкове значення напруги складало 110 В, що є недоцільним з точки зору безпечності. Окрім того, підтримання постійної сили струму вимагає технічного ускладнення за рахунок використання стабілізатора струму.

До того ж слід додати, що використання другого способу у комбінованих процесах жарення кулінарної продукції є менш раціональним. Це пояснюється тим, що досить висока потужність ЕКН на початку процесу зумовить інтенсивне нагрівання зразка і, відповідно, перебіг масообмінних процесів – перенесення вологи та жиру до поверхні зразка і вихід їх назовні. У випадку ж використання першого способу потужність нагрівання на початковій стадії невелика, тому суттєвих змін зі складовими зразка не буде відбуватися і масообмінні процеси матимуть повільний характер. Подальше поступове збільшення потужності нагрівання зумовить відповідне пришвидшення масообміну. Якщо такий спосіб буде застосовуватися у комбінації з високотемпературним поверхневим нагріванням іншими способами, то властивості поверхневих шарів за короткий час можуть суттєво змінитися і утворити опір виходу вологи та жиру на подальшій стадії, коли під впливом зростаючої потужності ЕКН пришвидшується масоперенесення усередині виробу.

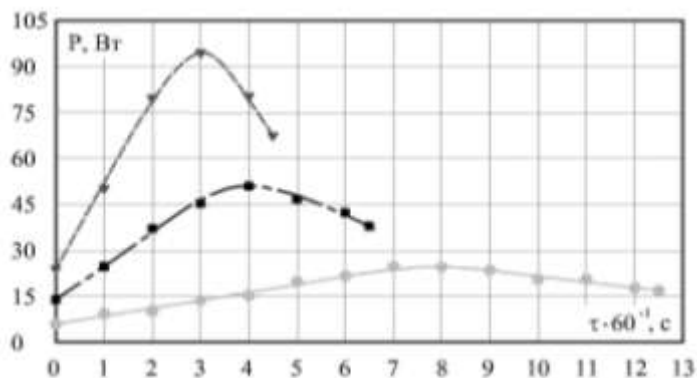
Для обраного способу нагрівання ЕКН з постійною напругою змінного електричного струму доцільно отримати результати щодо впливу напруги на кінетику температури зразків та потужності нагрівання. Такі дослідження проводились під час ЕКН у межах температурного інтервалу від 20 до 90° С зразки з натуральної січеної м'ясної маси змінним електричним струмом прямокутної форми частотою 50 Гц та напругою від 20 до 40 В (рис. 2).

На отриманих кінетичних залежностях за критичними точками перегину визначаються характерні етапи початкового періоду прогрівання, зростаючої та спадної швидкості нагрівання. Так, наприклад, спостерігається завершення періоду зростаючої швидкості нагрівання при 20 В – через 400 с процесу, що відповідає максимальному значенню потужності 25 Вт. При 30 В завершення цього періоду спостерігається через 240 с, що відповідає потужності 50 Вт, а при 40 В – через 180 с за потужності 95 Вт.

Відзначено, що застосування напруги 30 В дає можливість скоротити процес нагрівання порівняно з 20 В у 1,9 рази, застосування напруги 40 В – у 2,7 рази щодо 20 В, та у 1,4 рази – стосовно 30 В.



а)



б)

Рисунок 2 – Кінетика температури (а) та потужності нагрівання (б) в процесі ЕКН зразків із натуральної січеної м'ясної маси електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц:

— ▾ — – напруга 40 В; —■— – напруга 30 В; —●— – напруга 20 В

Такі дані свідчать про інтенсифікацію процесу ЕКН зразків під час підвищення напруги, що зумовлює збільшення потужності нагрівання. У той же час слід зазначити, що підвищення напруги вище 40...42 В є не доцільним з точки зору безпечності. Для випадку використання ЕКН у комбінованих процесах теплової обробки необхідним є встановлення раціональних значень напруги для конкретних видів продукції з урахуванням прогнозованих змін температури поверхневих та внутрішніх шарів продукту.

Висновки. Визначено характер функціональної залежності між силою струму та напругою за умов ЕКН і показано, що за постійної напруги з підвищенням температури спостерігається зростання сили

струму і потужності нагрівання, а за постійного значення сили струму – зменшення напруги і потужності нагрівання. Підтримування постійної напруги дає можливість проводити процес при регламентованих за технікою безпеки значеннях напруги (до 42 В) і забезпечити цілеспрямоване регулювання інтенсивності масоперенесення в умовах реалізації комбінованих процесів теплової обробки на основі поверхневих методів нагрівання та ЕКН.

Підвищення значення напруги змінного електричного струму до 40 В призводить до інтенсифікації нагрівання зразків у 1,4 рази стосовно нагрівання при 30 В, та у 2,7 рази щодо нагрівання при 20 В, що зумовлено збільшенням потужності. Для випадку використання ЕКН у комбінованих процесах теплової обробки необхідним є встановлення раціональних значень напруги для конкретних видів продукції з урахуванням прогнозованих змін температури поверхневих та внутрішніх шарів продукту.

Список літератури

1. А. с. 242699 СССР, МКИ А 22 С. Устройство для формирования колбасных изделий без оболочки и их коагуляции / Г. К. Бабанов, Н. В. Ткач, В. А. Глушенко, В. Д. Николаева, А. Г. Плиско, А. А. Охотов, В. В. Кулик, В. В. Рубаник, А. М. Березенко, Г. П. Яковенко, Н. Н. Сивец (СССР). – № 1195500/28-13 ; заявл. 10.11.67 ; опубл. 25.04.69, Бюл. № 15.

2. Пироговский Н. А. Устройство для формирования и электрокоагуляции колбасных изделий / Н. А. Пироговский, Ю. Р. Мамаджанов, В. М. Горбатов // Мясная промышленность. Реферативная информация. – 1985. – № 1–6.– С. 19–20.

3. Пат. 228444 ГДР, МКИ А 23 L 1/317, А 22 С 11/00. Способ и устройство для изготовления вареных колбас ; опубл. 16.10.85, Бюл. № 42.

4. Рогов И. А. Новые физические методы обработки мясopодуков / И. А. Рогов, А. В. Горбатов. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 303 с.

5. Пат. 37175 Україна, МПК А 23 L 1/025, А 47J 37/00. Багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів / В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна, О. Г. Дьяков, А. О. Шевченко (Україна). – № 200804522 ; заявл. 09.04.08 ; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22. – 4 с.

6. Пат. 58276 Україна, МПК А 23 L 1/025, А 47J 37/00. Пристрій комбінованого смаження січених кулінарних виробів / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, А. О. Шевченко, О. Г. Дьяков, О. А. Маяк (Україна). – № 2010 10660 ; заявл. 03.09.2010 ; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7. – 4 с.

7. ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ Электробезопасность. Термины и определения [Электронный ресурс] : РосТепло.RU. – Режим доступа : <http://www.rostplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=839>.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко, 2012.