

УДК 62-971:664.6/7

Серкіз О.Р., к.т.н., доц.,

Бойко М.В., ст. викл.,

Сокіл Н.І., студент

Національний університет
«Львівська політехніка» / Україна

Національний університет
«Львівська політехніка» / Україна

Національний університет
«Львівська політехніка» / Україна

ДОСЛІЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ БАРОТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ЗЛАКОВИХ СЕРЕДОВИЩ НА БАЗІ АВТОМАТУ ВИПІЧКИ ЗЕРНОВИХ ХЛІБЦІВ

***Анотація:** досліджено характеристики пристроїв баротермічної деструкції злакових середовищ на базі формуючо-випічного пристрою автомату випічки зернових хлібців. Отримано характеристики теплових режимів при використанні багато коміркових матрично-формуючих елементів та залежності температурного розширення взаємодіючих елементів для різних діапазонів температур. Визначено залежності між силою запирання матриці, що гарантує отримання якісного продукту та зусиллям приводу. Здійснено аналіз отриманих характеристик з метою вдосконалення параметрів та характеристик автомата.*

***Ключові слова:** автомат випічки, барометрична деструкція, зернові хлібці, використовувані пристрої, багатокомпонентні злакові середовища.*

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

До одного із пріоритетних наукових напрямків в процесі створення автоматичного обладнання харчових виробництв належать дослідження баротермічних процесів, при яких відбувається деструкція досліджуваного продукту з метою отримання його якісних характеристик та збереження смакових показників. Особливу увагу, при цьому приділяють запровадженню нових технологій та проектуванню обладнання, що дозволяє реалізовувати необхідні процеси.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Наявні наукові дослідження процесів в харчових технологіях об'єднані в такі групи, як механічні, гідромеханічні, масообмінні та теплові.

Стосовно висвітлення досліджень способів та технології деструкції злакових середовищ найбільш вагомими є праці [5-8,10-12], а опис автоматичного обладнання в котрому реалізуються характеристики всіх названих груп для випічки зернових хлібців методом вибуху слід відзначити роботи [1-5].

Формулювання цілей статті. Дослідити існуючі баротермічні залежності між окремими елементами та пристроями машини, що гарантують якісні деструктивні зміни злакових середовищ (продукту випічки) при дотриманні

технологій підготовчих операцій та якості самого злакового продукту. На основі досліджень виробити рекомендації з вдосконалення форм, геометрії, матеріалів та покрить деталей формуючо-випічного пристрою на основі використання законів термомеханіки та термодинаміки стосовно теплообмінних процесів в апаратах харчових виробництв.

Виклад основних матеріалів. Співставляючи наявні способи барометричної деструкції злакових середовищ та зразки обладнання на яких ці способи реалізуються, все більше викристалізуються причинно-наслідкові зв'язки, як між окремими елементами чи пристроями обладнання, так і між елементами обладнання та самим злаковим середовищем. Якщо надати вагу і тому факту, що злакові суміші, наприклад, пшениця-гречка, пшениця-рис, пшениця-кукурудза або інші їх комбінації «вимагають» від обладнання, хоч і не значних, але своїх індивідуальних налагоджень, в розумінні вибору індивідуальних баротермічних характеристик, часу спікання і т.д., котрі в свою чергу залежать від розмірів зерна, вологості, вмісту клейковини та інші, то стає очевидним, що між окремими елементами чи пристроями обладнання повинні виникати адаптивні зв'язки на засадах пасивної адаптації, або адаптації здійснюваної системою керування [3]. Так, як «горяча» екструзія [7], котрій піддається (очищена від домішок і зволожена) зернова суміш є складним хіміко-фізичним процесом, що включає: температурну обробку продукту під тиском; механічну деформацію продукту; «вибух» продукту у фронті ударного розрідження, то, відповідно, і акценти досліджень повинні бути розставлені саме на цих складових. Особливо ці дослідження набувають значної актуальності при використанні багатокоміркових матриць, що працюють з двома нагрівними плитами, котрі несуть аналогічну матриці кількість пуансонів. Отже, щоб забезпечити тиск при спіканні продукту, в камері організованій матрицею та рухомим і нерухомим пуансонами, то в очевидь їхні поверхні повинні бути прецизійними, бо в протилежному випадку, процес екструзії не відбудеться, вакуум в камері не буде створено, при відході одного з пуансонів, вода в ядрі зерна не закипить зерно не вибухне(не вспушиться), брикет хлібця не буде сформовано. Зерно просто «посипеться». Так, наприклад, при формуванні якісного зернового циліндричного брикету хлібця діаметром 90 мм і висотою 10 мм, діаметральний зазор між матрицею і пуансоном повинен не перевищувати 0,03 мм. Для однокоміркової матриці з одною парою пуансонів така задача є вирішувана, однак стосовно багатокоміркових матриць, то починають виникати проблеми пов'язані з використанням, як певних матеріалів під нагрівні плити, саму матрицю та пуансони, оскільки коефіцієнти лінійного та об'ємного розширення кожної з контактуючих пар навіть, якщо і однакові, то за рахунок різного конструктиву(коло, квадрат, зірочка і т.д.) та взаємного розташування, при нагріві до певної температури, можуть приводити до заклинювання. Тому, щоб спроектувати надійний формуючо-нагрівний пристрій в склад якого входять дві нагрівні плити та матриця, необхідно враховувати всі вищенаведені факти плюс потужність, форму та місцезнаходження нагрівних елементів, оскільки саме від даних факторів та теплоємності конструктивних базових елементів залежатиме продуктивність всього автомату.

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

В якості експериментальної установки використовується розроблений діючий зразок автомата випічки хлібців на базі гідро- та пневмоприводу з шестипозиційною матрицею та двома комплектами нагрівних пуансонів (рис. 1), один з яких нерухомий, а другий приводиться в рух через систему важелів (рис.2) від двох спарених гідроциліндрів. Робочий тиск гідростанції $P=25,0$ МПа, розхід $Q=24$ л/хв., діаметр робочих циліндрів 50 мм. Циліндри спаровані між собою через глухі кришки так, що шток одного циліндра впирається в коливну опору, а шток іншого з'єднаний з деталлю 6 ланкового механізму (рис.2). Нижня плита ланкового механізму 1 кріпиться до нерухої траверси станини, верхня 7 – через напрямні в лінійних підшипниках до нижньої плити з нагрівними елементами. Коефіцієнт підсилення такого двохланкового механізму, коли осі ланок близькі до розгорнутого кута між ними, становить $k=19$.



Рис.1. Шестипозиційна матриця з нагрівними пуансонами

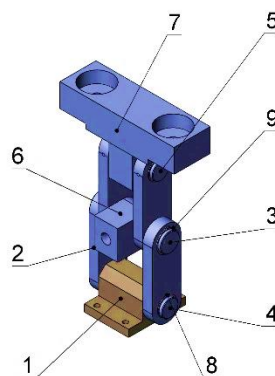


Рис.2. Ланковий механізм приводу нижньої плити з пуансонами

Методика проведення експерименту

Для отримання достовірних результатів методично сплановано проводити експеримент в декілька етапів:

1. Визначення коефіцієнтів передачі тепла, лінійного та об'ємного розширення контактуючих елементів формуючо-випічного пристрою (дві плити

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

з пуансонами, що розігріваються тенами та контактуючої з ними рухомої матриці). Терморегулятори, що керуються тенами поступово налагоджуються на значення конкретних температур з інтервалом в 20 градусів в діапазоні від 30...50 до 280 градусів. При досягненні вказаних температур пірометром фіксується температура в контрольних точках на плитах пуансонів та матриці. Результати вимірів заносяться в таблицю.

2. З моменту досягнення плитами з пуансонами температури 280 градусів фіксується координата часу та через кожних наступних 5 хвилин знімаються покази температури контрольних точок матриці для визначення моменту виходу пристрою на режим випічки. Орієнтовно 260 градусів. Тим самим визначається параметри конвектування обох плит. Результати вимірів заносяться в таблицю.

3. Повторюються дії пункту 1, тільки в контрольних точках вимірюють не температуру, а лінійне переміщення (розширення) деталей формуючо-випічного пристрою. Дані заносяться в таблицю. З метою заощадження обсягу викладення матеріалів в даній статті приведені лише графічні залежності побудовані на основі таблиць.

4. Змінюючи температуру на терморегуляторах, при знаходженні в режимі випічки, при стабілізованій уставці часу випічки знаходять діапазон температур, що гарантує якісний вихід продукції.

Засоби контролю

Для проведення експерименту використовувались наступні вимірювальні засоби:

- Терморегулятори Siemens 0...24V ; 500 град.; 0,1;(входять в склад пульта керування автоматом для керування нагрівом восьми тенів потужністю по 1,5 кВт кожен);
- Пірометр фірми Bosh -300...+600; +/- 2 град;
- Цифровий мультиметр DT9205A з термопарою;
- Індикаторна важільна головка КИ-0,01 з круговою шкалою;
- Штангенциркуль 0...250; 0,01;
- Температурні давачі PT-100, D=6mm.

Опис проведення експерименту(зняття показів)

На момент зняття показів температура навколишнього середовища в цеху становила +25 градусів, вологість 87%, протягу повітря в зоні автомату не було. На рисунках показаних нижче відображений процес зняття показів та вимірювальні засоби в процесі експерименту:

- Рис. 3, 4, 5. Графіки побудовані на основі таблиць заміру температури в контрольних точках. Точки A_m , B_n , C_k – точки розташовані на осях верхнього пуансонотримача, матриці та нижнього пуансонотримача, відповідно – крайня ліва, середня та крайня права.
- Рис.6. Гістограма залежності часу випічки від температури;
- Рис.7, 8. Вимірювання пірометром температури сформованого продукту та елементів випічного пристрою;
- Рис. 9. Вимірювання лінійного переміщення формоутворюючого пристрою в зоні напрямних колонок;
- Рис.10. Температурні поля матриці отримані при допомозі програмного забезпечення SolidWork.

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

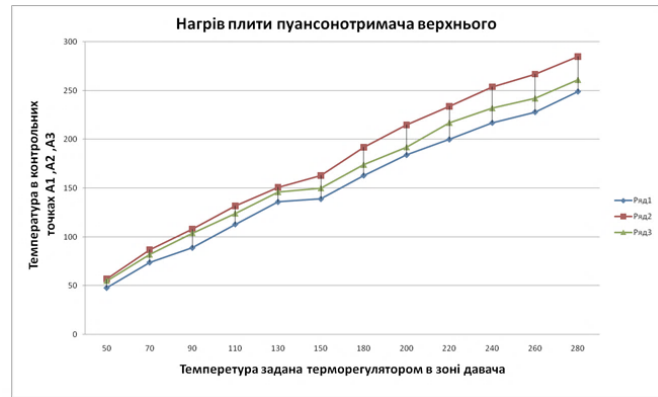


Рис.3. Графік нагріву плити пуансонотримача верхнього



Рис.4. Графік нагріву плити пуансонотримача нижнього



Рис.5. Графік нагріву матриці при взаємодії з пуансонами (контрольні точки B1, B2, B3).

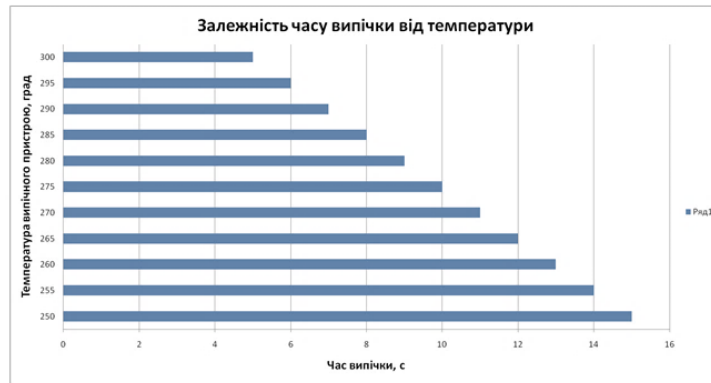


Рис.6. Гістограма залежності часу випічки від температури



Рис.7,8. Вимірювання температури хлібців відразу після випічки та зняття показів в контрольних точках А, Б, С з нагрівних плит та матриці в процесі виходу на температуру режиму випічки.

Рис.9. Світлина вимірювання лінійного переміщення формуючого пристрою в зоні напрямних колонок

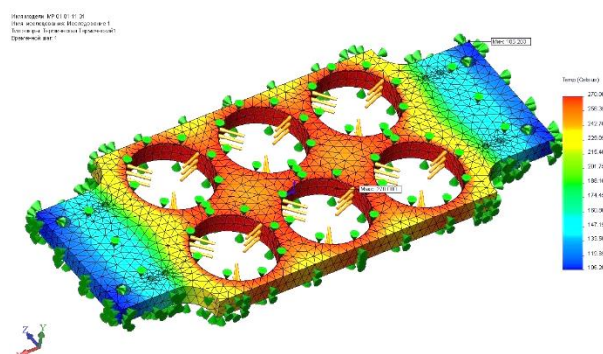


Рис.10. Візуалізація альтернативних температурних полів матриці, що отримана при допомозі програмного забезпечення SolidWork.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили:

1. Експериментально визначити алгоритм розігріву формуючо-випічного пристрою, встановити функціональні температурні залежності між матрицею та нагрівними пуансонами;
2. Отримати залежності деформації (температурного розширення) взаємодіючих елементів випічного пристрою для різних діапазонів температур;
3. Визначити діапазон температурних характеристик пристрою, що забезпечують вихід якісного продукту;
4. Визначити закони теплопередачі при використанні багатопозиційних матриць;
5. Визначити залежності між силою запирання матриці пуансонами, температурою нагріву та часом випічки продукту;
6. Визначити оптимальну продуктивність автомату, при забезпеченні якісної випічки;
7. Співставити результати експерименту з альтернативними розрахунками та візуалізованими результатами за допомогою програмного забезпечення SiolidWork.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Патент РФ № 2067833 «Устройство для переработки зерна», Автор: Минаев М.М., опубл. 21.03.2013.
- [2] Патент РФ № 2136156 «Силовой механизм устройства для переработки зерна и способ его работы», Автор: Минаев М.М., Минаева В.П., Минаев А.М., опубл. 20.03.2013.
- [3] Патент РФ № 2147139 «Система стабилизации температуры в рабочей камере устройства для производства зерна», Авторы: Сысуев В.А., Панкратов А.И., Савиных П.А., опубл. 24.03.2013.
- [4] Патент РФ № 2157073 «Установка для изготовления брикетов из зернового сырья», Авторы: Байда В.Л., Борисенко В.И., Михеев Г.И., Мошенский О.В., Очим В.Ф., Пименов В.М., Фоминева Г.Н., опубл. 24.03.2013.
- [5] Патент РФ № 2265373 «Вспученный пищевой крохмальный продукт, способ его изготовления (варианты) и устройства для того», Автор: Мэлфейт Джек Л. (США), опубл. 30.06.2000.
- [6] Патент РФ №2562715 «Способ барометрической деструкции многофазных сред и устройство для его осуществления», Автор: Колпаков А. В., опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25.
- [7] Патент РФ №2603913 «Способ производства сладких зерновых хлебцев», Автор: Ковальчук Т. Г., опубл. 10.12.2016.
- [8] Патент РФ №2704994 «Способ получения зерновых хлебцев», Автор: Ваншина Е.А., Ваншин В.В., опубл. 21.02.2019.
- [9] Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань: Навч. Посібник.- Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. - 624с.
- [10] Значек Р.Р. Формування асортименту та товарознавча оцінка зернових хлібців поліпшеної якості. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.15 – товарознавство харчових продуктів. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2019.
- [11] Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 3 кн. Кн. 1 / Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.Н. Панфилова, проф. В.Я. Грудупова. — Минск : БГАТУ, 2007. — 420 с.
- [12] Сирохман І.В. Товарознавство продовольчих товарів: підручник/ І.В. Сирохман. – Х.: Світ Книг, 2016. – 713с.

- [13] Стоцько З.А. Моделювання технологічних систем: навч. Посібник/ З.А. Стоцько.- 2-ге вид., перероб. і. доп. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. -188с.
- [14] Rice Cake Machine. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:www.newpop.co.kr
- [15] Rice Press Puff Machine. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:www.youtube.com/watch?v=NvqEFW-ng8s

RESEARCH OF BAROTHERMAL DESTRUCTION DEVICES OF MULTIPLE COMPOUND CEREALS ON THE BASE OF THE GRAIN BREAD BAKING AUTOMATIC

Serkiz O.R., Ph.D., Assoc.

Lviv Polytechnic National University /
Ukraine

Boyko M.V., Senior Lecturer

Lviv Polytechnic National University /
Ukraine

Sokil N.I., student

Lviv Polytechnic National University /
Ukraine

Abstract: *the characteristics of the devices of barothermal destruction of cereals on the basis of the forming and baking device of the automatic machine for baking grain cereals are investigated. Characteristics of thermal modes were obtained with the use of many cell matrix-forming elements and the dependence of the temperature expansion of the interacting elements for different temperature ranges. The dependence between the locking force of the matrix, which guarantees the receipt of quality product and the force of the drive, is determined. The obtained characteristics are analyzed in order to improve the parameters and characteristics of the machine.*

Keywords: *Baking machine, barometric destruction, cereals, devices used, multicomponent cereals.*

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Minaev, M.M. (2013). *Patent for invention No. 2067833. Russia. (in Russian).*
- [2] Minaev, M.M., & Minaeva, A.M. (2013). *Patent for invention No. 2136156. Russia. (in Russian).*
- [3] Sysuev, V.A., Pankratov, A.I., & Savinykh, P.A. (2013). *Patent for invention No. 2147139. Russia. (in Russian).*
- [4] Baida, V.L., Borisenko, V.I., Mikheev, G.I., Moshensky, O.V., Ochim, V.F., Pimenov, V.M., & Fomineva G.N. (2013). *Patent for invention No. 2157073. Russia. (in Russian).*
- [5] Malfoy, Jack L. (2000). *Patent for invention No. 2265373. USA. (in English).*
- [6] Kolpakov, A.V. (2015). *Patent for invention No. 2562715. Ukraine. (in Russian).*
- [7] Kovalchuk, T. G. (2016). *Patent for invention No. 2603913. Ukraine. (in Russian).*
- [8] Vanshina, E.A., & Vanshin, V.V. (2019). *Patent for invention No. 2704994. Russia. (in Russian).*
- [9] Dorozhovets, M. (2007). *Processing of measurement results: Educ. Guide. Lviv: Publisher of the National University "Lviv Polytechnic". (in Ukrainian).*
- [10] Znachek, R.R. (2019). *Formation of assortment and commodity evaluation of cereals of improved quality. - Manuscript. Thesis for a Candidate of Science Degree. Odessa National Academy of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa. (in Ukrainian).*

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

- [11] Panfilova, V.N., & Grudapova, V.Ya. (2007). *Machines and equipment for food production*. Minsk. (in Russian).
- [12] Sirokhman, I.V. (2013). *Commodity knowledge of food products*. Book of Books. (in Ukrainian).
- [13] Stotsko, Z.A. (2013). *Model of technological systems*. Lviv: View of the Lviv Polytechnic. (in Ukrainian).
- [14] *Rice Cake Machine*. (2019). Retrieved from www.newpop.co.kr (in English).
- [15] *Rice Press Puff Machine*. (2019). Retrieved from www.youtube.com/watch?v=NvqEFW-ng8s (in English).

Стаття надійшла до редакції 29.11.2019