

## IMPROVING THE CHAMBER FOR THERMAL TREATMENT OF SAUSAGE PRODUCTS

I. Babanov, O. Babanova, S. Beseda

*National University of Food Technologies*

A. Shevchenko

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

---

**Key words:**

*Air-flue mixture  
Manufactured meats  
Heat chamber  
Conditioner  
Smoketender unit*

**Article history:**

Received 18.09.2017  
Received in revised form  
06.10.2017  
Accepted 24.10.2017

**Corresponding author:**

I. Babanov  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The results of experimental studies of the fields of velocity and temperature in a thermocouple with a pulsating flow of heat carrier for the processing of sausage products are presented. On the basis of the obtained data, the most effective form of supply of smoke-air mixture is established. The perspective of a local approach is shown for the development of measures to improve the efficiency of the technological process. It is known that the working mixture used in the heat treatment chamber for sausage products is a heterogeneous binary system. The processes of heat exchange are accompanied by condensation of vapors from moist air on the surface of products or evaporation of the liquid. However, the presence of the working mixture flow influences the nature of the mixture flow in the boundary layer as well as the intensity of the processes of heat and mass transfer, in such a way that the convective heat transfer for this type of flow is predominant.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-7

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ КАМЕРИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, С.Д. Беседа

*Національний університет харчових технологій*

**А.О. Шевченко**

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті наведено результати експериментальних досліджень полів швидкості і температури в термокамері з пульсуючою подачею теплоносія для оброблення ковбасних виробів. На основі аналізу отриманих даних встановлено найбільш ефективну форму подачі димоповітряної суміші. Показано перспективність локального підходу для розробки заходів щодо підвищення ефективності технологічного процесу. Відомо, що використовувана в камері теплового оброблення ковбасних виробів робоча суміш являє собою гетерогенну бінарну систему. Процеси теплообміну супроводжуються конденса-*

*цією пари з вологого повітря на поверхні виробів або випаровуванням рідини. Однак наявність потоку робочої суміші впливає на характер протікання суміші в граничному шарі та інтенсивність процесів тепло- і масопереносу таким чином, що преваючим є конвективний теплообмін для даного типу течії.*

**Ключові слова:** димоповітряна суміш, ковбасні вироби, термокамера, кондиціонер, димогенератор.

**Постановка проблеми.** Однією з необхідних умов підтримання якості і зменшення втрат маси ковбасних виробів при термообробленні повітряним, пароповітряним і димоповітряним середовищами є рівномірне розподілення температурних, вологістних і швидкісних полів теплопередаючого середовища в робочому об'ємі камери. Рівномірність розподілення теплопередаючого середовища залежить від способу подачі і конструкції системи повітророзподілення.

Основні причини цього положення пов'язані з недоліками при проектуванні камер теплового оброблення та надійністю роботи їх, відсутністю організованого рівномірного повітророзподілення, а також наявністю різноманіття технічних засобів для копчення і сушіння ковбасних виробів (автокоптильні камери шахтного і тунельного типу; сушарки з різними системами повітророзподілення).

Раціональним удосконаленням технології виробництва ковбасних виробів є об'єднання процесів теплового оброблення в одній камері і застосування енергозощадних засобів.

Запропонований спосіб ведення процесу теплового оброблення ковбасних виробів має суттєві переваги порівняно з традиційними способами. Попередні підрахунки і проведені дослідження доводять, що скорочується тривалість робочого циклу на 10—15%, знижуються енергетичні витрати приблизно на 20%, знижуються втрати готового продукту від усушки на 0,3%, підвищується продуктивність праці і зменшується трудовитрати. Інтенсивність процесів тепломасообміну може бути збільшена на 30% за рахунок посилення турбулентності потоків димоповітряної і повітряної (робочої) суміші в зоні оброблення ковбасних виробів.

**Метою статті є** оцінювання ефективності застосовуваних методів і систем повітророзподілення, а також розроблення рекомендацій щодо раціонального їх вибору для теплових апаратів м'ясопереробної промисловості.

**Викладення основних результатів досліджень.** Термокамера для теплового оброблення ковбасних виробів містить теплоізольовану термокамеру, транспортер всередині камери для переміщення рам з виробами, кондиціонер і димогенератор, а також систему пульсуючого повітророзподілення, яка складається з вентилятора, припливного повітропровода, двох повітророзподільних каналів, механізму, що перемикає подачу повітряного або димоповітряного середовища в повітророзподільні канали, заслонку і витяжного каналу.

При тепловому обробленні ковбасних виробів виконується послідовне оброблення в режимах утеплення, копчення та сушіння.

При проведенні утеплення вентилятором робоча суміш подається в повітророзподільні канали. При цьому робоча суміш проходить через кондиціонер

і систему пульсуючого повітророзподілення, обдуваючи вироби на рамах і через відсмоктуючий повітрохід направляє у вентилятор на рециркуляцію. При копченні задані параметри димоповітряного середовища підтримуються шляхом зміни кількісного співвідношення повітря, попередньо опрацьованого в кондиціонері, димоповітряної суміші, яка подається від димогенератора, і димоповітряної суміші, яка відсмоктується з термокамери. Потоки повітря і димоповітряної суміші змішуються в приточному повітроході (безпосередньо за вентилятором). При сушінні працює тільки кондиціонер, який забезпечує задані параметри повітряного середовища шляхом зміни кількісного співвідношення внутрішнього (рециркуляційного) повітря і повітря, опрацьованого в кондиціонері.

Система пульсуючого повітророзподілення працює таким чином: робоча суміш вентилятором подається в припливний повітропровід, потім у повітророзподільні канали. Повітророзподільчі канали обладнані заслінками, з'єднаними з механізмом переключення ланцюговою передачею. Механізм переключення по черзі відкриває заслінки, створюючи таким чином пульсуючі припливні струмені, що подаються в зону розміщення виробів. Відбір відпрацьованого середовища через витяжний канал здійснюється постійно. Відпрацьоване середовище змішується з повітрям, що виходить з кондиціонера, або димоповітряним середовищем, що подається від димогенератора, а потім вентилятором знову подається до повітророзподільних каналів.

Задані параметри середовища і технологічні режими регулюються автоматично.

Повітророзподільчі канали виконані у вигляді повітроходів прямокутного перетину, який не змінюється по довжині термокамери, і розташовані у верхній зоні камери. Витяжний канал виконаний також у вигляді повітроходу постійного прямокутного перетину і розміщений у верхній зоні камери (схема повітророзподілення «зверху–догори»). Повітряне або димоповітряне середовище в термокамеру подається через круглі сопла конічної форми з діаметром вихідного отвору  $d_{\text{вих}} = 60$  мм. Сопла в повітророзподільних каналах розташовані в один ряд (по 60 шт. в кожному каналі) так, що припливні струмені входять в робочу зону (зона розташування виробів) знизу. У витяжному каналі розміщені плоскі сопла круглої форми, які мають діаметр вхідного отвору  $d_{\text{вх}} = 80$  мм. Через сопла, розташовані в два ряди (по 60 шт. в кожному ряді), відбувається забір відпрацьованої повітряного або димоповітряного середовища знизу на гору. Відповідно, рух циркуляційних потоків у робочій зоні здійснюється за схемою «знизу–догори» (потоки рухаються вздовж ковбасних батонів).

Для дослідження системи повітророзподілення були виміряні швидкість руху і температура повітряної й димоповітряного середовища на подачі і в найбільш характерних точках робочої зони термокамери.

Максимальна швидкість руху припливного середовища при відкритій заслінці в середньому складає 10—11 м/с, мінімальна (при закритій заслінці) — 1—2 м/с. В момент відкривання заслінки в лівому повітророзподільному каналі швидкість руху мінімальна, а на виході із сопел правого повітророзподільного каналу максимальна і навпаки. При цьому швидкість руху

припливного середовища змінюється за синусоїдальним законом, причому вершини синусоїд зсунуті на  $90^\circ$  (коли в лівому повітророзподільному каналі заслінка відкрита, а в правому — закрита). Швидкість руху відпрацьованого повітряного і димоповітряного середовища на вході в сопла витяжного каналу змінюються також за синусоїдальним законом, але із значно меншою амплітудою коливань. Відхилення поточного значення швидкості від середнього значення на початку не перевищує 3%, а в кінці його — 1%.

Попередньо термокамера умовно була розділена на три зони: перша — розповсюдження припливного потоку до дотикання з виробами (зона притоку); друга — розповсюдження потоку у поверхні виробів (робоча зона); третя — розповсюдження потоку після дотику з виробами (зона витяжки).

Найбільший інтерес являє характер руху потоку в робочій зоні термокамери. Але на характер його руху й розподілення в робочій зоні безпосередньо впливають швидкість і напрям руху потоку в зоні притоку. Тому вимірювання швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища в цих зонах проводили з урахуванням особливостей кожної з них.

У зоні притоку вимірювали: швидкість руху припливного середовища на виході з сопла; швидкість руху середовища на відстані 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 м від кромки сопла по центру і по ширині струменя; швидкість руху середовища на виході із зони на рівні нижньої площини рами з виробами.

У робочій зоні вимірювали: швидкість руху середовища в об'ємі однієї рами з виробами; швидкість руху середовища по довжині зони; швидкість руху середовища по ширині зони; швидкість руху середовища по висоті зони.

У результаті проведених вимірювань визначена загальна картина розподілення циркуляційних потоків в об'ємі термокамери. Після виходу з сопла припливний струмінь поступово розширюється за рахунок ежекції оточуючого середовища і на певній відстані від сопла зливається зі струменями, що витікають з інших сопл. Утворений потік насталяється на бічну стінку камери, потім на підлогу і змінює напрям руху. Далі потік проходить через зону розміщення виробів і видаляється через сопла витяжного каналу.

Середня швидкість  $W_0$  припливного середовища зменшується по довжині термокамери, що пояснюється постійним поперечним перерізом повітророзподільних каналів. Однак це зменшення незначне (не більше 0,5 м/с), при цьому середня швидкість руху середовища на вході в робочу зону рівна 0,35 м/с і майже не змінюється по довжині термокамери; швидкість на виході з робочої зони зменшується від 0,3 до 0,2 м/с. менше значення  $W_{\text{вих.р.з.}}$  порівняно з  $W_{\text{вих.р.з.}}$  пояснюється втратою напору внаслідок опору виробу.

Нами отримано зміну швидкості руху середовища в об'ємі термокамери:  $W_{\text{д.р.з.}}$  — по довжині робочої зони;  $W_{\text{в.р.з.}}$  — по висоті робочої зони;  $W_{\text{ш.р.з.}}$  — по ширині робочої зони. Середня швидкість  $W_{\text{д.р.з.}}$  змінюється від 0,35 до 0,25 м/с (зменшується по довжині робочої зони), швидкість  $W_{\text{в.р.з.}}$  зменшується в міру проходження зони розміщення продукту також від 0,35 до 0,25 м/с (у напрямку до зони витяжки), а швидкість  $W_{\text{ш.р.з.}}$  знаходиться в межах 0,28—0,33 м/с і незначно зменшується по краях робочої зони внаслідок впливу зворотних потоків, що виникають поблизу зон розкриття припливних струменів.

Таким чином, при вимірюванні середньої швидкості припливного повітряного або димоповітряного середовища, що подається в термокамеру, від 5,8 до 6,3 м/с швидкість його руху по довжині і висоті робочої зони знаходиться в межах 0,25—0,35 м/с, а по ширині — 0,28—0,33 м/с. Відповідно, при системі пульсаційного повітророзподілення досягаються рівномірні поля руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, тому що максимальна зміна швидкості по довжині робочої зони, рівної 18 м, і її висоті, рівній 1,2 м, не перевищує 0,1 м/с (по ширині робочої зони, рівної 1,8 м, зміна швидкості складає всього лише 0,05 м/с).

Враховуючи, що швидкість 0,35 м/с спостерігається на нижньому рівні робочої зони, а швидкість 0,25 м/с — у верхньому рівні робочої зони, можна прийняти, що система пульсаційного повітророзподілення підтримує швидкість руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні, рівній  $W_{p.z.} = 0,3$  м/с, при діапазоні зміни  $\pm 0,05$  м/с.

На основі отриманих експериментальних даних визначені основні показники системи повітророзподілення: повітряне навантаження, ступінь рівномірності розподілення полів руху середовища в робочій зоні термокамери і ефективність використання припливного середовища.

Повітряне навантаження на систему повітророзподілення характеризується кратністю повітрообміну  $n_v$  (год<sup>-1</sup>) і питомим повітряним навантаженням  $V_{пит}$  (м<sup>3</sup>/(м·год)):

$$n_v = \frac{V_{год}}{V}; \quad (1)$$

$$V_{пит} = \frac{V_{пит}}{F}, \quad (2)$$

де  $V_{год}$  — витрата повітряного (димоповітряного) середовища, м<sup>3</sup>/год;  $V$  — об'єм термокамери, м<sup>3</sup>;  $F$  — площа термокамери, м<sup>2</sup>.

За відомим значенням  $V_{год}$ ,  $V$  та  $F$  визначаємо:  $n_v = 46$  год<sup>-1</sup>;  $V_{пит} = 138$  м<sup>3</sup>/(м·год).

Для порівняльного аналізу отриманих показників були визначені кратність повітрообміну  $n_v$  і питоме повітряне навантаження  $V_{пит}$  для систем повітророзподілення припливного середовища через перфоровані панелі прямокутного перетину конструкції ЛЮТ і перфоровані панелі прямокутного перетину, розміщені над кожним рядом рам. Вказані системи характеризуються найбільш рівномірним розподілом повітряних потоків порівняно з іншими відомими системами. У системах, що розглядаються швидкість руху середовища в робочій зоні на рівні 0,3 м/с може бути досягнута при кратності повітрообміну, відповідно, 64 год<sup>-1</sup> і 86 год<sup>-1</sup> і питомому повітряному навантаженні, відповідно, 192 м<sup>3</sup>/(м·год) і 258 м<sup>3</sup>/(м·год). Таким чином, кратність повітрообміну і питоме повітряне навантаження на систему повітророзподілення через перфоровані канали на 39% більше відповідних показників системи пульсаційного повітророзподілення. Для системи повітророзподілення через перфоровані панелі значення показників  $n_v$  і  $V_{пит}$  збільшується на 87%. Відповідно, система пульсаційного повітророзподілення характеризується

меншими енерговитратами на розподілення середовища із заданою швидкістю руху в робочому об'ємі термокамери.

Ступінь рівномірності розподілення полів руху повітряного і димоповітряного середовища характеризується коефіцієнтом нерівномірності по швидкості:

$$K_w = \frac{\sigma_w}{W_{p.з.}} \quad (3)$$

де  $\sigma_w$  — середньоквадратичне відхилення швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища;  $W_{p.з.}$  — середня швидкість руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, м/с.

Середньоквадратичне відхилення швидкості повітряного і димоповітряного середовища визначається за формулою:

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\sum (W_i - W_{p.з.})^2}{N - 1}}, \quad (4)$$

де  $W_i$  — поточне значення швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, м/с;  $W_{p.з.} = 0,3$  м/с;  $N$  — кількість вимірів.

Підставляючи в формулу (4) значення швидкості  $W_{p.з.}$ , а також значення  $W_i$ , виміряні дослідним шляхом, знаходимо  $\sigma_w = 0,12$ . При цьому  $K_w = 0,4$ .

При розподіленні повітряного середовища через перфоровані канали і панелі прямокутного перетину коефіцієнт нерівномірності  $K_w$  дорівнює 0,5—0,7 [2]. Відповідно, середньоквадратичне відхилення  $\sigma_w$  складає 0,15—0,21 (при  $W_{p.з.} = 0,3$  м/с). Таким чином, система пульсаційного повітророзподілення дає змогу отримати більш рівномірне розподілення повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери порівняно із системами повітророзподілення через перфоровані канали і панелі.

Ефективність використання припливного середовища в робочій зоні термокамери визначали з допомогою коефіцієнта повітрообміну:

$$K_B = \frac{t_{\text{вих}} - t_o}{t_{p.з.} - t_o}, \quad (5)$$

де  $t_{\text{вих}}$  — середня температура відпрацьованого середовища на виході з термокамери (на вході в сопла витяжного каналу), °С;  $t_o$  — середня температура припливного середовища на вході в термокамеру (на виході із сопел повітророзподільних каналів), °С;  $t_{p.з.}$  — середня температура середовища в робочій зоні термокамери, °С.

За експериментальними даними визначаємо, що  $K_B = 1,15$ . Отримане значення коефіцієнта повітрообміну свідчить про високу ефективність використання припливного середовища в робочій зоні термокамери при системі пульсаційного повітророзподілення і знаходиться в межах, які характеризують найбільш досконалі системи аналогічного призначення.

### **Висновки**

На основі експериментальних досліджень, виконаних у термокамері, яка обладнана системою пульсаційного повітрярозподілення, можна стверджувати,

що досліджувана система повітророзподілення дає змогу зменшити кратність повітрообміну і питома повітряне навантаження, а, відповідно, і витрату електроенергії на розподілення повітряного і димоповітряного середовища в робочому об'ємі термокамери, а також енерговитрати на його обробку в кондиціонуючій установці (безпосередньо в кондиціонері або димогенераторі). Оброблення ковбасних виробів повітряним або димоповітряним середовищем у термокамері за схемою «згори–на гору» забезпечує рівномірне розподілення полів руху і, як наслідок, температурних і вологісних полів. На основі зроблених висновків систему пульсаційного повітророзподілення можливо рекомендувати до впровадження в термокамерах та інших апаратах для теплового оброблення ковбасних виробів.

### **Література**

1. *Бражников А.М.* Кондиционирование воздуха на предприятиях мясной и молочной промышленности / А.М. Бражников, Н.Д. Малова. — Москва : Пищевая промышленность, 1979 — С. 265.
2. *Бражников А.М.* Теория термической обработки мясopодуКТов/ А.М. Бражников. — Москва : Агрoпромиздат, 1987. — 270 с.
3. Тепловая обработка колбасных изделий в термокамере с пульсационным воздухо-распределением / Э.Я. Эпик, И.Г. Бабанов // Промтеплотехника, 1990. — № 1. — С. 37—42.
4. *Бабанов І.Г.* Дослідження процесів теплової обробки сирокочнених ковбас в потоці при пульсуючій подачі робочої суміші / І.Г. Бабанов // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2012. — № 43. — С. 44—47.
5. Пат. Україна, МПК А22С 11/00. Пристрій для теплової обробки ковбасних виробів / І.Г. Бабанов, С.Д. Беседа — № 89046; заявл. 28.10.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.
6. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, В.М. Михайлов, А.О. Шевченко // Scientific Works of University of Food Technologies. — Plovdiv, 2015. — V. LXII. — P. 763—766.
7. Пат. Україна, МПК А22С 11/00. Пристрій для теплової обробки ковбасних виробів / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова — № 116506; заявл. 30.11.2016; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10.