

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

# ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

НАУКОВИЙ  
ЖУРНАЛ

---

Заснований у 1965 р.

**№ 4**

Київ НУХТ 2005

**М.І. СОРОКОЛІТ, Г.К. БАБАНОВ**, кандидати технічних наук

**І.М. МЕЛЬНИЧЕНКО**

**В.М. ТАРАН**, доктор технічних наук

*Національний університет харчових технологій*

## **РЕКОМПЕНСАЦІЯ І СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У КАМЕРАХ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ М'ЯСОПРОДУКТІВ**

*Обґрунтовано один із способів стабілізації режиму термічної обробки м'ясопродуктів, а саме завдяки взаємній компенсації впливу на теплообмінний процес у термокамері температури і швидкості руху нагрівної пароповітряної суміші.*

*Обосновано один из способов стабилизации режима термической обработки мясопродуктов, а именно благодаря взаимной компенсации влияния на теплообменный процесс в термокамере температуры и скорости движения греющей паровоздушной смеси.*

Основними завданнями великих і малих підприємств м'ясної промисловості є максимально ефективна переробка продукції тваринництва з постійним розширенням асортименту і поліпшенням якості готових виробів, що можливо лише за умови невинного удосконалення, інтенсифікації і оптимізації виробничих процесів. Певною мірою це стосується і технологій м'ясопродуктів, для яких одним з основних етапів є термічна обробка.

Термічна обробка м'ясопродуктів (ковбасних виробів) проводиться в спеціальних установках періодичної і безперервної дії. Усі вони мають певні переваги і недоліки. В установках періодичної дії, про які йтиметься далі, підсушування, засмажування, варіння й

охолодження продукту здійснюються послідовно в одному і тому ж об'ємі термокамери у стаціонарному режимі.

Термокамери періодичної дії розрізняються об'ємом, конструкціями окремих вузлів, технологічними параметрами тощо, але мають при цьому загальний недолік. Дослідження у виробничих умовах показали, що в існуючих термокамерах важко досягти рівномірної обробки усього масиву виробів в об'ємі камери, а це призводить до нерациональної витрати енергоресурсів та недоцільної надлишкової обробки певної кількості продукту, що негативно впливає на тривалість процесу і якості продукції та, як наслідок, погіршує техніко-економічні показники виробництва.

Однією з причин цього явища є поступове зниження температури термоагента в міру проходження його

© М.І. Сороколит, Г.К. Бабанов, І.М. Мельниченко, В.М. Таран, 2005

з практично постійною швидкістю крізь масив оброблених виробів — інтенсивність термообробки їх падає у напрямку потоку термоагента. Впливає на це також наявність застійних зон в об'ємі термокамери.

Відомо (Пелеєв А.И., Бражников А.М., Гаєрилова В.А. Тепловое оборудование колбасного производства. — М.: Пищ. пром-сть, 1989. — 382 с.), що швидкість прогрівання продукту залежить від потужності теплового потоку, напрямленого від нагрівного середовища до його поверхні:

$$q = \alpha(t_c - t_n), \quad (1)$$

де  $q$  — тепловий потік, Вт/(м<sup>2</sup> · год.);  $\alpha$  — коефіцієнт тепловіддачі від нагрівного середовища до продукту, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $t_c$  і  $t_n$  — відповідно температура нагрівного середовища і поверхні продукту, К.

Очевидно, що при проходженні пароповітряної суміші крізь масив виробів у об'ємі камери температура її  $t_c$  поступово знижується внаслідок передачі теплоти продукту, а це призводить до зменшення потужності теплового потоку. В результаті виникає нерівномірність теплової обробки виробів у напрямку руху нагрівної суміші.

Реальною можливістю компенсувати втрату впливу нагрівної суміші є підвищення коефіцієнта а завдяки рівномірному збільшенню швидкості потоку відповідно до формули

$$\alpha = BKv^{0,6}d^{0,4}(1 + 1,9x), \quad (2)$$

де  $B$  — постійна, що залежить від температури повітря;  $K$  — поправковий коефіцієнт, залежний від розмірів оброблених виробів;  $v$  — швидкість руху пароповітряної суміші, м/с;  $d$  — характерний розмір виробу, м;  $x$  — вологовміст повітря, кг/кг. Цього можна досягти взаємною компенсацією  $t_c$  і  $v$  завдяки деяким особливостям конструкції термокамери: по-перше, створенням організаційного напрямленого потоку нагрівного агента; по-друге, забезпеченням поряд із зниженням температури потоку відповідного рівномірного зростання його швидкості. Отже, тепловий процес буде мати динамічний фактор взаємної компенсації впливу на стабілізацію теплового потоку: у напрямку руху потоку швидкість компенсує зниження його температури, а у напрямку проти руху — температура компенсує зниження швидкості.

Принцип здійснення процесу на прикладі спрощеного зображення форми термокамери (поперечний переріз) наведено на *рисунку*.

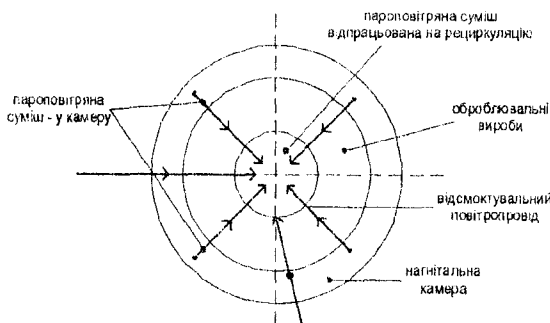


Схема руху пароповітряної нагрівної суміші

Робочий об'єм камери має форму, наближену до циліндричної. Термообробка продукту здійснюється циркулюючим термоагентом, який нагнітається із нагнітальної у робочу камеру рівномірно по її внутрішній циліндричній (умовно) поверхні, проходить рівномірним потоком крізь масив оброблених виробів до центрального відсмоктувального повітропроводу і через перфорації в ньому відсмоктується вентилятором на рециркуляцію. При цьому швидкість руху термоагента в початковий період контакту з продуктом, м/с,

$$v_1 = \frac{Q}{2\pi RL}, \quad (3)$$

де  $v_1$  — швидкість руху термоагента, м/с;  $Q$  — витрата термоагента, м<sup>3</sup>/с;  $L$  — довжина камери, м;  $R$  — радіус умовного кола, що дорівнює довжині периметра масиву виробів у його поперечному перерізі, м.

Температура термоагента в цей момент  $t_{c1}$  буде дорівнювати температурі його на вході в камеру. Інтенсивність тепловіддачі, що характеризує інтенсивність термообробки, буде визначатись функцією  $\alpha_1 = f(t_{c1}^0 \cdot v_1)$ . З наближенням до центрального відсмоктувального повітропроводу температура і швидкість потоку термоагента поступово змінюються і на вході в отвори його перфорації будуть  $t_{c2}^0$  і  $v_2$ , а інтенсивність тепловіддачі визначиться як функція  $\alpha_2 = f(t_{c2}^0 \cdot v_2)$ . При цьому  $t_{c2} < t_{c1}$ , а  $v_2 > v_1$ , тобто температура термоагента зменшиться, а швидкість його збільшиться.

Швидкість на вході у відсмоктувальний повітропровід визначиться за формулою

$$v_2 = \frac{Q}{2\pi rL}, \quad (4)$$

де  $2\pi r$  — зведена довжина зовнішнього кола поперечного перерізу відсмоктувального повітропроводу, м;  $r$  — радіус зведеного кола, м (визначається залежно від геометричної форми повітропроводу);  $L$  — довжина відсмоктувального повітропроводу, м.

Числові значення параметрів  $t_{c1}$  і  $t_{c2}$  беруть із технологічного регламенту залежно від виду оброблених продуктів і використовують при розрахунках конструктивних елементів термокамери і процесів у них.

Швидкість нагрівного агента змінюється прямо пропорційно пройденій відстані від входу в об'єм камери до виходу з неї через відсмоктувальний повітропровід і обернено пропорційно відстані до відсмоктувального повітропроводу. В загальному вигляді це можна записати так:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{Q}{2\pi RL} = \frac{r_x}{R} = \frac{R - S_x}{R} = 1 - \frac{S_x}{R}, \quad (5)$$

де  $r_x$  — поточний радіус кола, для якого визначається швидкість термоагента ( $r_x$  змінюється в межах від  $R$  до  $r$ );  $S_x$  — поточна відстань пройдена термоагентом ( $S_x$  змінюється в межах від нуля до  $R - r$ ).

Звідси можна визначати відповідні значення геометричних розмірів конструктивних елементів камери і швидкості нагрівного агента в будь-яких точках камери. При виборі параметрів швидкості потоку пароповітряної суміші можна орієнтуватись на значення 1–3 м/с. Геометричні розміри камери беруть залежно від масштабів виробництва, але співвідношення розмірів конструктивних елементів мають відповідати наведеним формулам. При цьому конструктивні розміри (співвідношення) камери і відсмоктувального повітропроводу мають забезпечити умову рівності в усьому об'ємі камери потужності теплового потоку  $q_x = \text{const}$ .

## ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

**Висновки.** Розраховані й сконструйовані за цим принципом термокамери простіші за існуючі аналоги і дають змогу скоротити тривалість обробки ковбасних виробів, підвищити продуктивність, знизити витрату енергоресурсів і собівартість продукції. На думку авторів, такі термокамери можуть мати перспективу використання в умовах малих підприємств з виробництва м'ясопродуктів. Згідно з попередніми розрахунками на скороченні лише енергоресурсів можна досягти не менше ніж 15 % економії.

*Одержана редколегією 07.09.05 р.*