

Автореферат
№ 51

ОДЕСЬКИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

На правах рукопису

МЕЛІБА КРИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

РЕЖИМИ ТА АПАРАТИ ПОТОКОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ОБРОБКИ ТІЛШОК КУРЕЙ

Спеціальність: 05.04.03 - Машини і апарати холодної та криогенної техніки і систем кондиціонування.

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

xv 1060
ІНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
бібліотека

Одеса - 1993

Роботу виконано в Одеському інституті низькотемпературної техніки та енергетики.

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
доцент В. П. Сніщенко.

Офіційні опоненти - д.т.н., професор, академік
АНТК України М. А. Гриниш
- к.т.н., ст. наук. сп.
А. М. Чернозубов

Провідна організація - Інженерно - технологічний
інститут "Біотехніка"

Захист дисертації відбудеться "25" жовтня 1993 р.
о 14 годині на засіданні спеціалізованої Ради К.088.27.01.
Одеського інституту низькотемпературної техніки та енергетики
за адресою:

70100, м. Одеса, вул. Петра Великого, 1/3, ОІНТЕ.

Автореферат розіслано "25" вересня 1993 р.

Лист	№ докум.	Поліція	Дата
Секретар	Ради		

Р. К. Нікульшин

Загальна характеристика роботи

Актуальність проблеми.

Висока якість м'яса птиці в поєднанні з швидкими темпами його відтворення, швидкостиглість сировини та можлива індустріалізація всього процесу вирощування та переробки обумовили стійку тенденцію росту виробництва та споживання м'яса домашніх птахів у всіх країнах світу. Шляхом розвитку птахівництва вирішувались проблеми задоволення потреб населення продуктами харчування у Франції, Німеччині, США. У зв'язку з цим актуальною проблемою є необхідність розвитку холодильної технології переробки продуктів птахівництва, яка нерозривно пов'язана з розробкою способів, інтенсивних процесів і режимів холодильної обробки з метою зниження втрат сировини від усушки, максимально можливого збереження якості продукції, економії енергоресурсів та впровадження сучасних форм обслуговування в торгівлі. Досвід розвитку холодильної технології птахопереробних підприємств у розвинутих країнах світу показує, що головним напрямком вирішення цих задач є пошукна холодна обробка попередньо упакованих тушок птиці в потокових конвейєрних швидкоморозильних апаратах спірального типу.

Конструювання такого обладнання потребує знання закономірностей протікання теплообміну між продуктом і охолоджуючим середовищем. Задачі проектування можливо вирішити тільки при достовірній інформації про тривалість процесу холодильної обробки, динаміку зміни теплових потоків з поверхні продукту, закони формування в часі температурних профілів та середньоевталпійної температури об'єкту. Ця інформація важлива і для вибору технологічних режимів при використанні для холодильної обробки універсального швидкоморозильного обладнання, а також при розробці нормативно-технічної документації, технологічних інструкцій, нових технологічних ліній, систем технологічного контролю.

Метою роботи є розробка методик для визначення динаміки зміни характеристик процесу теплообміну під час холодильної обробки упакованих тушок курей в повітряному середовищі, розробка конструктивних та технологічних характеристик і вихідних вимог на універсальні швидкоморозильні апарати потокового типу різної продуктивності. В зв'язку з цим вирішувались наступні основні завдання:

- проведення експериментальних досліджень по визначенню основних геометричних характеристик тушок курей для виявлення їх впливу на процес теплообміну;
- створення методики прогнозування теплофізичних властивостей (ТФВ) м'яса і шкіри курей на базі існуючих експериментальних да-

них та апробованих математичних моделей;

- проведення експериментальних досліджень процесу теплообміну під час заморожування упакованих тушок курей в повітряному середовищі для визначення теплових потоків та температурних полів по його товщині;

- розробка математичних моделей для опису і моделювання характеристик процесу теплообміну під час холодильної обробки м'яса курей з урахуванням особливостей продукту, його ТФВ, виду упаковки та технологічних режимів охолоджуючого середовища;

- реалізація рішення математичної моделі на ЕОМ, підтвердження адекватності результатів моделювання експериментальним дослідженням;

- встановлення відносного впливу параметрів охолоджуючого середовища, маси курки, особливостей її упаковки на тривалість процесу термообробки та теплове навантаження на холодильну установку;

- розробка методики розрахунку основних технічних та технологічних параметрів швидкоморозильного обладнання, підготовка відповідних вимог на серію апаратів.

Наукова новизна роботи визначається тим, що в ній вперше розроблена математична модель для визначення в режимі реального часу динаміки зміни характеристик процесу теплообміну (температурних полів, питомих теплових потоків з поверхні, частки вимороженої води, межі просування фронту початку кристалізації води, середньоентальпійної температури) під час холодильної обробки тіла геометрично складної форми з внутрішньою порожниною. Вперше одержані залежності для визначення основних геометричних характеристик тушок курей, емпіричних властивостей сухих компонент м'яса та шкіри і запропонована методика прогнозування ТФВ м'яса і шкіри курей з урахуванням їх залежності від температури та компонентного складу.

Наукове допущення, яке захищається у роботі:

Рішення одновимірної нелінійної нестационарної крайової задачі теплопровідності з коефіцієнтом форми як інтерполяційним параметром та двома граничними умовами третього роду описує динаміку зміни характеристик процесу холодильної обробки тушки курки - тіла складної геометричної форми з внутрішньою порожниною.

Під час вирішення поставлених завдань одержані такі наукові результати роботи:

1. Одержані експериментальні дані та залежності для розрахунку основних геометричних характеристик тушок курей масою до 2 кг.
2. Розроблена методика прогнозування теплосмості, густини,

теплопровідності, ентальпії, частки вимороженої води м'яса і шкіри курей в залежності від температури та компонентного складу.

3. На основі результатів розрахунків за залежностями, одержаними під час рішення нелінійної нестационарної несиметричної задачі теплопровідності для продукту у вигляді нескінченної пластини з коефіцієнтом гомохронності системи пластина-реальний продукт, шляхом порівняння з експериментальними даними обґрунтовано і вибрано коефіцієнт форми тушки курки, який в середньому дорівнює 0.55.

4. Розроблена методика розрахунку процесу холодильної обробки тушок курей на базі рішення нелінійної інтерполяційної несиметричної нестационарної крайової задачі теплопровідності з двома граничними умовами третього роду, з інтерполяційним коефіцієнтом $\Gamma=0.81$, яка адекватно порівняна з даними експериментальних досліджень описує динаміку зміни температурних профілів, питомих теплових потоків, середньоентальпійної температури, межі просування фронту початку кристалізації і розраховує тривалість процесу та дозволяє прогнозувати ці величини.

5. Визначено вплив режимів охолоджуючого середовища, маси птиці, способу її упаковки, розміру повітряного прошарку на тривалість процесу холодильної обробки і теплове навантаження на охолоджуюче устаткування.

6. Розроблено вихідні вимоги на проектування швидкозаморожувачих апаратів різної продуктивності для поточної холодильної обробки упакованих тушок птиці (курей, бройлерів).

Практична цінність роботи визначається тим, що запропонований метод дозволяє з прийнятною для практичних розрахунків точністю прогнозувати динаміку процесу холодильної обробки упакованих тушок птиці з урахуванням особливостей продукту, його упаковки та характеристик охолоджуючого середовища. Одержані результати відносно тривалості процесів та теплового навантаження необхідні під час конструювання обладнання, розробки нормативно-технічної документації, систем технологічного контролю, проектів реконструкції охолоджуючих систем та вибору режимів експлуатації універсальних швидкоморозильних апаратів.

Одержані результати, методика розрахунку передані УНВІП "Холод" (м. Одеса) і СКІБ "Ковчаль Плая" (м. Львів) для розробки конструкторської документації та виготовлення по замовленню республіканського галузевого кон'єрду м'ясної промисловості "Україясо" універсального швидкоморозильного апарату поточної холодильної

обробки птахів.

Результати розрахунків та методика їх проведення використані ГНВО "Салют" (м. Одеса) під час розробки проекту реконструкції охолоджуючої системи Чорноморської птахофабрики.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались та обговорювались на Всесоюзній науково-практичній конференції "Шляхи інтенсифікації виробництва з використанням штучного холоду в галузях АПК, торгівлі та на транспорті" (м. Одеса, 1989 р.), Республіканській науково-практичній конференції "Інтенсифікація технології та удосконалення обладнання переробних галузей АПК" (м. Київ, 1989 р.), Республіканській науково-технічній конференції "Розробка та впровадження вискоелективних ресурсозберігаючих технологій, обладнання та нових видів харчових продуктів в харчову та переробні галузі АПК" (м. Київ, 1991 р.), Всесоюзній науково-технічній конференції "Холод - народному господарству" (м. Санкт-Петербург, 1991 р.), Міжреспубліканській науково-практичній конференції "Удосконалення холодильної техніки та технології для ефективного збереження і переробки сільськогосподарської продукції" (м. Краснодар, 1992 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано в одинадцяти статтях та тезах доповідей.

Структура і об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти глав, висновків, загальним об'ємом 185 сторінок, включаючи 21 малюнок, 17 таблиць та додатки на 37 сторінках. Список літератури включає 144 найменування, з яких 36 іноземні.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані головна мета та завдання дослідження, наукове положення, яке захищається в роботі, наукова новизна та практична цінність роботи.

У першій главі дисертації проведено аналіз способів і режимів холодильної обробки м'яса птиці, проведено обґрунтування конкурентоспроможності використання повітряного способу охолодження чи заморожування упакованих тушок птиці. Проаналізовано сучасні тенденції в розвитку техніки та холодильної технології обробки птицепродуктів в повітряному середовищі. Відзначено, що найбільш перспективними є поточні універсальні швидкоморозильні апарати тунельного або спірального типу, проектування яких потребує детального опису протікання процесів теплообміну під час холодильної обробки.

Вирішенню цих питань присвячено праці багатьох вчених: А.Г.Фікіліна, І.Г.Алямовського, М.О.Головкіна, І.Г.Чумака, Д.Г.Рютова, О.М.Бражнікова, О.В.Ликова, Д.Дж.Кліланда, Г.Г.Фема, К.Ліларда, К.П.Венгер та інших. Майже всі дослідження спрямовані тільки на визначення тривалості процесу або шляхом проведення експериментальних досліджень з їх обробкою, або рішення рівняння Р.Планка різних модифікація. Деякі праці направлені на рішення рівняння теплопровідності з граничними умовами другого і третього роду в лінійні постановці, тобто використанням постійних ТФВ продукту. В цілому визначено, що відсутні моделі, які дозволяють з прийнятною для практичних розрахунків точністю описувати динаміку характерних величин процесу теплообміну під час холодильної обробки тушок птиці, і для вирішення цієї задачі потрібно розв'язати нелінійну інтерполяційну крайову задачу нестационарної теплопровідності в масштабі реального часу з детальним описом ТФВ продукту в залежності від температури та компонентного складу.

В зв'язку з цим проведено аналіз існуючих методів розрахунку ТФВ м'яса та шкіри куря і показано, що незважаючи на наявність апробованих методик розрахунків ТФВ м'яса різних видів тварин, вони не використані для прогнозування ТФВ м'яса птиці.

Проведення літературного огляду та патентних пошук дозволили сформулювати основні задачі дослідження.

Друга глава присвячена експериментальному дослідженню основних геометричних характеристик тушок куря та прогнозуванню ТФВ їх м'яса та шкіри.

На базі одержаних результатів експериментальних досліджень запропоновані залежності для розрахунку площі зовнішньої поверхні (F), об'єму порожниці (V), товщини грудного м'яса (R) та інших геометричних параметрів:

$$S = (130.659 + m (944.084 - 192.466 m)) / 10^{-4};$$

$$V = (218.4 - m (14.2639 - 57.878 m)) / 10^{-6};$$

$$R = 9.717 \cdot 10^{-4} + m (0.019 - 0.00289 m).$$

На основі відомих в літературі експериментальних даних густини м'яса та шкіри прогнозовано зворотним розрахунком залежності густини їх сухої складової від температури:

$$\rho_{\text{м}}^{\text{сух}}(T) = 1295.45 - 0.349 (T - 290);$$

$$\rho_{\text{с}}^{\text{сух}}(T) = 1054.21 - 0.349 (T - 290).$$

Таким же чином одержані залежності для теплопровідності сухих складових м'яса і шкіри та їх теплоємностей:

$$\lambda_{\text{с}}^{\text{сух}}(T) = 0.0321 + 3.0 \cdot 10^{-4} (T - 290);$$

$$\lambda^w(T) = 0.01292 + 3.0 \cdot 10^{-4}(T - 290);$$

$$c_c^w(T) = 1605 + 1.75 (2-273.15) 10^{-3}.$$

М'ясо розглядали як систему із чотирьох компонентів - суха складова, вода, лід та нерозчинені гази.

Зробивши припущення про аддитивність питомих об'ємів компонентів в формуванні питомого об'єму суміші, розроблено методику розрахунків ТФВ. Допустима похибка при визначенні густини досягається шляхом окремого розрахунку питомих об'ємів підсистем вода-газ, вода-лід-газ

$$\frac{1}{\rho(T)} = \frac{W_c}{\rho_c(T)} + \frac{W_w}{\rho_{w-g}(T)}, \quad \text{при } T > T_{kr}$$

$$\frac{1}{\rho(T)} = \frac{W_c}{\rho_c(T)} + \frac{W_w}{\rho_{w-g-l}(T)}, \quad \text{при } T < T_{kr}$$

де

$$\frac{1}{\rho_{w-g}(T)} = \frac{1 - W_g}{\rho_w(T)} + \frac{W_g}{\rho_g(T)}, \quad \text{при } T > T_{kr}$$

$$\frac{1}{\rho_{w-g-l}(T)} = \frac{\omega(T) (1 - \xi(T))}{\rho_l(T)} + \frac{(1 - \omega(T)) (1 - \xi(T))}{\rho_w(T)} + \frac{W_g(T)}{\rho_g(T)} \quad \text{при } T < T_{kr}$$

Аддитивні співвідношення для визначення коефіцієнту теплопровідності мають вигляд:

$$\frac{\lambda(T)}{\rho(T)} = \frac{\lambda_c(T) W_c}{\rho_c(T)} + \frac{\lambda_{w-g}(T) W_w}{\rho_{w-g}(T)}, \quad \text{при } T > T_{kr}$$

$$\frac{\lambda(T)}{\rho(T)} = \frac{\lambda_c(T) W_c}{\rho_c(T)} + \frac{\lambda_{w-g-l}(T) W_w}{\rho_{w-g-l}(T)}, \quad \text{при } T < T_{kr}$$

де

$$\frac{1}{\lambda_{w-g}(T) \rho_{w-g}(T)} = \frac{1 - W_g}{\lambda_w(T) \rho_w(T)} + \frac{W_g}{\lambda_g(T) \rho_g(T)}, \quad \text{при } T > T_{kr}$$

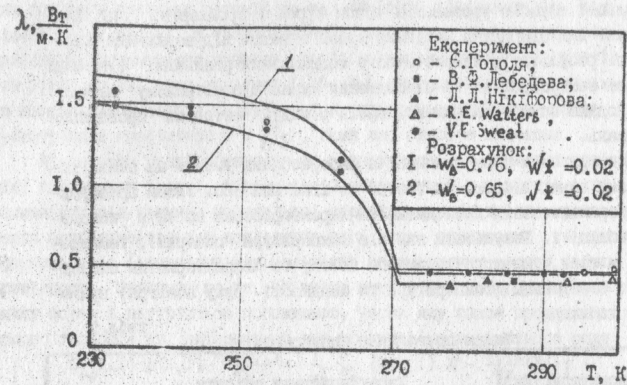
$$\frac{1}{\lambda_{w-g-l}(T) \rho_{w-g-l}(T)} = \frac{\omega(T) (1 - \xi(T))}{\lambda_l(T) \rho_l(T)} + \frac{(1 - \omega(T)) (1 - \xi(T))}{\lambda_w(T) \rho_w(T)} + \frac{W_g(T)}{\lambda_g(T) \rho_g(T)} \quad \text{при } T < T_{kr}$$

Ізобарна ефективна, з урахуванням тепла фазового переходу вода-лід, питома теплоємність визначалась співвідношенням

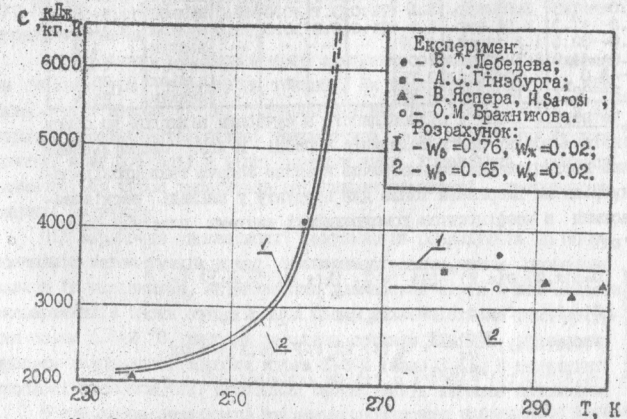
$$C(T) = C_c(T) W_c + W_w (1 - \omega(T)) C_w(T) + W_w \omega(T) C_l(T) - W_w L(T) \frac{d\omega}{dT}$$

У методиці використано залежність В.П.Латішева для визначення динаміки кристалізації води в м'ясних продуктах та прийнято допущення на базі чисельних згоджень розрахункових величин ТФВ з даними експериментальних досліджень, що в м'ясі (шкірі) курей максимальна доля нерозчиненого газу складає величини порядку $2 \cdot 10^{-6}$ при $T > T_{kr}$ і збільшується до $4 \cdot 10^{-6}$ при $T < T_{kr}$.

Порівняння розрахункових та експериментальних даних ТФВ зображено на малюнках 1,2 і засвідчує про можливість використання такої методики для їх прогнозування з достатньою для практичних розра-



Мал.1. Залежність теплопровідності м'яса курей від температури.



Мал.2. Залежність теплоємності м'яса курей від температури

хувків точністю.

Третя глава присвячена експериментальному дослідженню процесу холодильної обробки упакованих тушок курей і бройлерів, які були проведені для одержання надійних даних з метою підтвердження адекватності результатів математичного моделювання реальним фізичним процесам заморожування та охолодження курей в повітряному середовищі. Подано опис експериментального стенду, методики проведення досліджень.

Експерименти були виконані в лабораторних умовах на базі холодильних камер Frigero HC 700/50 та ІІКА КТК-300. Умови проведення експериментальних досліджень та характеристики об'єкту наведені в таблиці 1. Результати вимірів температури поверхні, температури в м'язах, питомого теплового потоку та характеристик охолоджуючого середовища (температури та швидкості руху повітря) приведені в таблицях.

Умови проведення експериментів табл.1

N	Характеристика охол. середов.		Характеристика об'єкту							
	t _c , °C	v, м/с	Вид птиці	m, кг	W _n ^M , %	W _ж ^M , %	W _n ^Ш , %	W _ж ^Ш , %	упаков	t _n , °C
1	-16.5+-18.2	4.2	кур.	1.1	75.1	2.0	51.0	23.8	вакуум	9.6+-29.1
2	-16.5+-18.3	4.2	кур.	1.1	75.0	2.3	51.6	23.2	вакуум	8.6+-29.2
3	-16.0+-17.3	3.0	кур.	1.1	72.0	3.1	40.0	40.0	кульок	12.8+-32.2
4	-16.2+-17.3	4.0	кур.	1.1	71.0	2.8	50.0	30.0	кульок	8.2+-33.8
5	-38.0+-32.6	1.83	бройл	1.07	-	-	-	-	ваккум	1.2
6	-39.9+-41.2	2.72	бройл	1.0	-	-	-	-	ваккум	26.8
7	-48.0	2.55	бройл	0.75	-	-	-	-	кульок	23.1
8	-34.2+-32.2	3.12	бройл	0.85	-	-	-	-	ваккум	25.4

В четвертій главі у відповідності з сучасним підходом до опису і знесів теплообміну при холодильній обробці м'яса сформульована нелінійна нестационарна несиметрична крайова задача теплопровідності з внутрішніми джерелами тепла для продукту у вигляді нескінченної пластини з коефіцієнтом гомохронності системи пластини-реальний об'єкт

$$\begin{cases} C_{\Phi}(x, T) \rho(x, T) \frac{\partial T(x, T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x, T) \frac{\partial T(x, T)}{\partial x} \right]; \\ T(x, 0) = f(x); \quad x \in [0, R]; \quad \tau > 0; \\ T(0, T(0, \tau)) \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} + \alpha_0(\tau) [T_n(\tau) - T(0, \tau)] = 0; \\ -\lambda(R, T(R, \tau)) \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial x} + \alpha_n(\tau) [T_n(\tau) - T(R, \tau)] = 0. \end{cases}$$

Рішення якої проведено в рамках явно-неліній кінцево-різницевої схеми з локальними усередненнями ТФВ продукту в оточенні кожного (i, j)-го вузла інтегрування за дев'ятиточечним шаблоном у ві-

слк τ-x. Чисельні порівняння результатів розрахунків температурних полів та теплових потоків по залежностям, одержаним під час рішення цієї задачі, з експериментальними даними різних авторів дозволили обґрунтовано вибрати коефіцієнт форми Φ (гомохронності) для тушок курей, який дорівнює 0.55. В підтвердження цієї величини шляхом використання залежностей першої глави одержано також геометричний коефіцієнт $\Phi = \frac{V}{S \cdot R}$, який має близьке значення.

Враховуючи деякі обмеження та незручності в використанні цієї постановки задачі, пов'язані із змінністю Φ в процесі, його залежністю від режимів холодильної обробки, необхідністю проведення експериментальних досліджень для його визначення та ін. сформульовано інтерполяційну нелінійну несиметричну задачу теплопровідності. Зважаючи на те, що тушка курці має складну геометричну форму з внутрішньою порожниною, через яку також проходить процес теплообміну, використано дві граничні умови третього роду

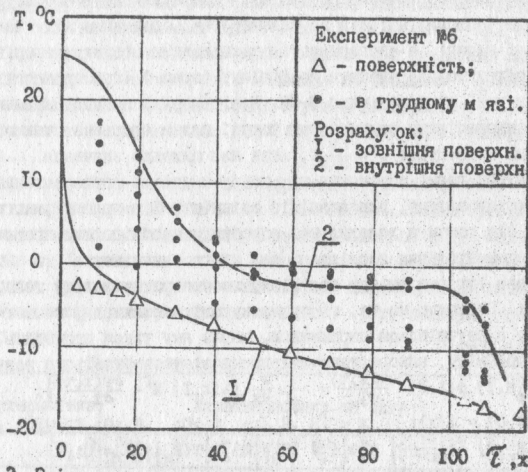
$$\begin{cases} C_{\Phi}(x, T) \rho(x, T) \frac{\partial T(x, T)}{\partial t} = \frac{1}{\Gamma} \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x, T) \chi^{\Gamma} \frac{\partial T(x, T)}{\partial x} \right]; \\ T(x, 0) = f(x); \quad x \in [R_1, R_2]; \quad \tau > 0; \quad R > 0; \\ -\lambda(R_2, T) \frac{\partial T(R_2, T)}{\partial x} + \alpha_1(\tau) [T_{c_1}(\tau) - T(R_2, \tau)] = 0; \\ \lambda(R_1, T) \frac{\partial T(R_1, T)}{\partial x} + \alpha_2(\tau) [T_{c_2}(\tau) - T(R_1, \tau)] = 0. \end{cases}$$

Тут інтерполяційний коефіцієнт $\Gamma = \frac{1}{\Phi} - 1 = 0.81$. Рішення задачі проведено тим же методом.

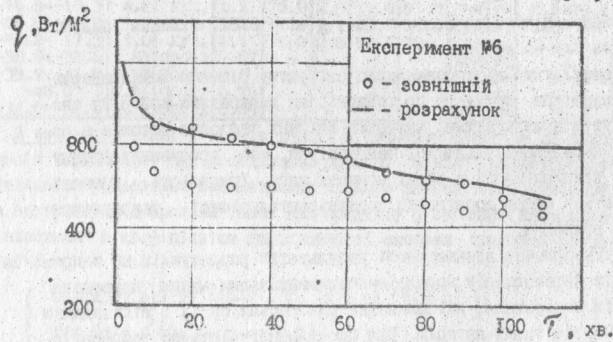
В результаті запропонованого алгоритму рішення можна одержати температури продукту по товщині, як дискретний набір їх значень в усіх вузлах сітки, значення питомих теплових потоків з поверхні, середньоентальпійної температури, меж просування фронту початку кристалізації в різні моменти часу. Тривалість процесу визначається часом досягнення середньоентальпійної температури заданої величини.

Підтвердження адекватності результатів розрахунків по запропонованій математичній моделі експериментальним даним проведено шляхом їх порівняння, які виконано для восьми серій і шістнадцяти експериментів інших авторів. При цьому розбіжність по температурним полям 1.5-2 °C, питомим тепловим потокам 10-15 %, тривалості процесу холодильної обробки курей 5-6 % (мал. 3,4). В результаті зроблені висновки, які дозволили сформулювати наукове положення.

П'ята глава присвячена практичним питанням. На основі розробленої математичної моделі з метою підготовки інформаційної бази для конструювання швидкооморозного обладнання, розробки нових технологічних процесів та ліній проведено обчислювальні

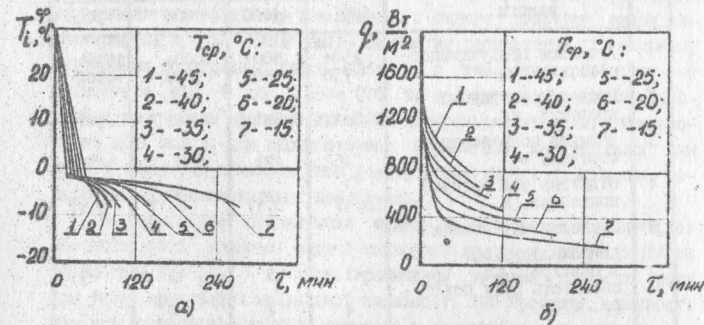


Мал. 3. Зміна температури грудного м'яса курки при заморожуванні



Мал. 4. Зміна питомого теплового потоку з поверхні тушки курки під час заморожування

експеримент для визначення впливу технологічних режимів холодної обробки, маси птиці, способу її упаковки, розміру повітряного прошарку між продуктом та упаковкою на теплове навантаження та тривалість процесу. Результати моделювання представлені у вигляді графіків, наприклад малюнок 5.



Мал. 5. Залежність середньоентальпійної \bar{I} (а) і питомого теплового потоку з поверхні тушки (б) від $T_{сп}$ під час заморожування упакованої тушки курки в повітряному середовищі ($v_{сп} = 4 \text{ м/с}$; $m = 1 \text{ кг}$).

Одержані результати та розроблена методика розрахунку основних технічних та технологічних параметрів швидкозаморозильного обладнання для реалізації потокової холодильної обробки м'яса курей (бройлєрів) дозволили виконати попередні проробки та вихідні вимоги на спіральні швидкозаморозильні апарати різної продуктивності (табл. 2).

У додатках наведені розрахункові величини ТОВ м'яса і шкіри курей, основні модулі програм розрахунку процесів холодильної обробки упакованих і неупакованих тушок курей, таблиці розрахунків деяких режимів, свідоцтва про впровадження результатів роботи.

ВИСНОВКИ

1. Холодильна обробка упакованих тушок курей в повітряному середовищі з допомогою поточкових швидкозаморозильних апаратів відповідає сучасним технологічним вимогам на цей процес.
2. Використання одержаних залежностей для геометричних характеристик тушок курей дозволяє розраховувати їх коефіцієнти форми (гомохронності) та інтерполяційний параметр.

Вихідні вимоги на універсальні швидкоморозильні апарати для холодильної обробки упакованих тушок курей

Таблиця 2.

№ п/п	Назва характерної вимоги	Номинальна продуктивність, тушок за годину			
		500	1000	2000	3000
1	Діапазон продуктивності, кг/год.	250+ +750	500+ +1500	1000+ +3000	1500+ +4500
2	Маса оброблюваного продукту, кг.	0.5+1.5	0.5+1.5	0.5+1.5	0.5+1.5
3	Довжина конвейєрної стрічки, м	245	491	983	1475
4	Відстань між витками конвейєра, м.	0.17	0.17	0.17	0.17
5	Технологічні режими для охолодження: t повітря, °C; швидкість руху повітря, м/с; для заморожування: t повітря, °C; швидкість руху повітря, м/с;	-3	-3	-3	-3
		4	4	4	4
		-30	-30	-30	-30
		4	4	4	4
6	Діапазон зміни тривалості холодильної обробки: охолодження, хв.; заморожування, хв.	70+170	70+170	70+170	70+170
		70+250	70+250	70+250	70+250
7	Діапазон регулювання швидкості руху конвейєра, м/хв	0.95+ +0.266	2.075+ +7.14	4.16+ +14.04	6.25+ +21.07
8	Площа теплообмінної поверхні повітроохолодника, F, м ² : для пластинчастого оброблення (k=11,6 Вт/(м ² ·K)); для біметалевого оброблення (k=20 Вт/(м ² ·K));	1181	2347	4672	7008
		685	1360	2710	4065
9	Необхідна продуктивність вентиляторів, м ³ /с, (приблизно)	31.9	88.6	176.6	264.9
10	Максимальна необхідна холодовидатність, Q, кВт: to = -40°C;	97.9	272	542	813

3. Опрацьована математична модель ТФВ м'яса і шкіри курей може використовуватись для прогнозування густини, теплопровідності, теплоємності, частки вимороженої води в залежності від співвідношення складових компонент (вода, лід, газ, сухі компоненти) та температури.

4. Математична модель холодильної обробки тушок курей на основі рішення нелінійної нестационарної задачі теплопровідності для продукту у вигляді нескінченної пластини з використанням усередненого коефіцієнту гомохроннос і описує динаміку зміни характеристик процесу теплообміну адекватно результатам їх експериментальних досліджень. Але в зв'язку з тим, що коефіцієнт Φ змінюється від 1 до 0.45 + 0.5, та залежить від режимних параметрів протікання процесу (динаміки виморожування води) використання цієї моделі для прогнозування параметрів характерних цих процесам має ряд обмежень, пов'язаних необхідністю проведення додаткових експериментальних досліджень.

5. Апробована математична модель на базі рішення одномірної нестационарної крайової задачі теплопровідності з інтерполяційним параметром $\Gamma = \frac{v}{gR} - 1$, двома граничними умовами третього роду при умові врахування нелінійної залежності ТФВ продукту, наявності фазових переходів вода-лід дозволяє з достатньою для практичних розрахунків точністю прогнозувати динаміку процесів холодильної обробки тушок різних видів птиці об'єктиві складної геометричної форми з порожниною (для курей $\Gamma = 0.81$).

6. Розроблені методи прогнозування характеристик процесів теплообміну під час холодильної обробки штучних упакованих тушок курей та визначення основних технічних та технологічних характеристик потокових швидкоморозильних апаратів і вихідних вимог для їх конструювання можуть використовуватись під час розробки нормативно-технічної документації та елементів систем технологічного контролю і управління процесами.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах:

1. Чумак І.Г., Онищенко В.П., Головський С.Е., Желіба Ю.А. Теплообмен при холодильной обработке разделанного говяжьего мяса и птицы, упакованных в пленку. - В кн.: Всесоюзная научно-практическая конференция "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях АПК, торговле и на транспорте". (г. Одесса, 1989 г.): Тез. докл. - Одесса: ОТИП. - 1989. - с.18.
2. Онищенко В.П., Головський С.Е., Желіба Ю.А. Математическое моделирование процессов холодильной обработки упакованного разделанного мяса и тушек птицы. - В кн.: Респ. науч.-практ. конф. "Интенсификация технологии и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК". (г. Киев, 1989 г.): Тез. докл. - Киев: КТИП. - 1989. - с.21 - 22.
3. Головський С.Е., Желіба Ю.А., Онищенко В.П. Технологические аспек-

- пекты проектирования поточного скороморозильного оборудования. - В кн.: Респ. научно-техн. конф. "Разработка и внедрение высокоэффек. ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК". (г. Киев, 1991): Тез. докл. - Киев: КТИШ. - 1991. - с. 485-486.
4. Желиба Ю.А., Головский С.Е. Моделирование теплофизических свойств мяса и кожи различных видов птицы. - В кн.: Респ. научно-техн. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК". (г. Киев, 1991): Тез. докл. - Киев: КТИШ. - 1991. - с. 501-502.
5. Соколов В.А., Желиба Ю.А., Чечет В.И., Аль Загхал Халед Аккумуляторы холода в системах хладоснабжения предприятия птицеперерабатывающей промышленности. - В кн.: Всесоюз. научно-практ. конф. "Холод - народному хозяйству". (г. Санкт Петербург, 1991): Тез. докл. - Санкт Петербург: СПТИШ. - 1991. - с. 120-121.
6. Головский С.Е., Желиба Ю.А., Чумак И.Г. Технология поточной холодильной обработки разделанного упакованного мяса. - В кн.: Всесоюз. научно-практ. конф. "Холод - народному хозяйству". (г. Санкт Петербург, 1991): Тез. докл. - Санкт Петербург: СПТИШ. - 1991. - с. 117.
7. Желиба Ю.А., Соколов В.А., Онищенко В.П. Холодильная обработка упакованных тушек птицы в воздушных поточных скороморозильных аппаратах. - В кн.: Всесоюз. научно-практ. конф. "Холод - народному хозяйству". (г. Санкт Петербург, 1991): Тез. докл. - Санкт Петербург: СПТИШ. - 1991. - с. 117-118.
8. Онищенко В.П., Головский С.Е., Желиба Ю.А. Теплообмен при холодильной обработке разделанного и упакованного мяса. Обзорная инф. - М.: АгроНИИТЭИММП. 1992. - 28 с.
9. Чумак И.Г., Головский С.Е., Желиба Ю.А. Состояние вопроса о проектировании поточных скороморозильных аппаратов для упакованных пищевых продуктов. - В кн.: Межресп. научно-практ. конф. "Совершенствование холодильной техники и технологии для эффективного хранения и переработки сельскохозяйственной продукции". (г. Краснодар, 1992): Тез. докл. - Краснодар: КрПИ. - 1992. - с. 26.
10. Желиба Ю.А., Онищенко В.П., Головский С.Е., Прогнозирование теплофизических свойств мяса кур. - В кн.: Межресп. научно-практ. конф. "Совершенствование холодильной техники и технологии для эффективного хранения и переработки сельскохозяйственной продукции". (г. Краснодар, 1992): Тез. докл. - Краснодар: КрПИ. - 1992. - с. 39+40.
11. Чумак И.Г., Онищенко В.П., Желиба Ю.А., Головский С.Е. Создание систем технологического контроля процессов холодильной обработки и хранения мяса. - М.: АгроНИИТЭИММП. - 1992. - 24 с.

Умовні позначення

ρ - густина, t, T - температура, λ - коефіцієнт теплопровідності, C - теплоємність, m - маса, W - відносна частка речовини в продукті, L - прихована теплота фазового переходу, $\Delta \xi$ - кількість нероз'яненого газу, ω - частка вимороженої води, v - швидкість руху повітря, x - координата, t - час, R - характерний розмір, Φ - коефіцієнт форми, Γ - інтерполяційний параметр, α - коефіцієнт тепловіддачі;

Індекси: с - суха складова, в - вода, г - газ, л - лід, кр - кри. скочічна різниця, ср - середовище, м - м'ясо, ш - шкіра, ж - ж.р. п - початкова, еф - ефективна, 1, 2 - внутрішня і зовнішня поверхня.

М.С.Савва