

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ЛЕБЕДИНЕЦЬ ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 641.521:641.53.92.004.15

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ  
ПРОДУКТІВ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯМ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних  
та фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2003

Дисертацією є рукопис.  
Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

- Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
**Михайлов Валерій Михайлович**,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі, доцент кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Пахомов Павло Леонідович**,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі, професор кафедри холодильної та торговельної техніки
- кандидат технічних наук, доцент  
**Дорошук Володимир Петрович**,  
Національний університет харчових технологій,  
доцент кафедри машин та апаратів харчових виробництв
- Провідна установа: Донецький державний університет економіки і торгівлі  
ім. М.Туган-Барановського Міністерства освіти і науки  
України, м. Донецьк, кафедра обладнання харчових  
виробництв

Захист відбудеться “18” квітня 2003 р. об 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків-51.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків-51.

Автореферат розісланий 18 березня 2003 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Синєкоп М.С.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Внаслідок відсутності власних дешевих джерел теплоти досить суттєвою для України є енергетична проблема, тому важливим завданням у всіх галузях виробництва, зокрема харчовій, є енерго- та ресурсозбереження, вирішення якого можливо на основі вдосконалення технологічних процесів та обладнання з урахуванням передових науково-технічних досягнень.

Серед основних технологічних процесів виробництва продуктів харчування одне з найголовніших місць займає теплова обробка харчових продуктів, яка відрізняється великою енергоємністю. Традиційним способом теплової обробки властива низка недоліків, головними з яких є великі тривалість та трудомісткість процесу, енерго- та ресурсомісткість, недостатньо висока якість готових виробів.

Використання електрофізичних способів нагрівання, зокрема ІЧ-випромінювання для теплової обробки харчової продукції, дає можливість істотно інтенсифікувати процес, зменшити енерговитрати, підвищити якість виробів та поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці. Однак цьому виду нагрівання також притаманні деякі суттєві недоліки, зокрема відбивання значної частки променистої енергії та її розсіювання в робочому та навколишньому середовищі, що суттєво знижує ефективність використання ІЧ-випромінювання.

У зв'язку з цим актуальним науковим завданням є розробка більш ефективних енерго- і ресурсозберігаючих процесів та обладнання для теплової обробки харчових продуктів, що можливо за рахунок створення умов для більш раціонального використання променистої енергії на основі нагрівання ІЧ-випромінюванням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана із заходами по виконанню “Національної енергетичної програми України до 2010 року” та виконувалася у відповідності з тематичними планами наукових досліджень кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДУХТ у межах держбюджетних тем № 5-97-2000Б “Розробка та дослідження процесів та апаратів для переробки сільськогосподарської сировини”, № 7-01-05В “Інтенсифікація процесів переробки харчової сировини”.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка та реалізація напрямків проектування високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих процесів та обладнання для теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням.

Виходячи з мети дисертаційної роботи, необхідно було вирішити наступні задачі:

-теоретично обґрунтувати підвищення ефективності нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-дослідити теплотехнічні показники зовнішнього та внутрішнього теплоперенесення при нагріванні харчових продуктів ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-вивчити кінетику температури, маси кулінарних виробів під час нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-розробити та дослідити комбінований спосіб теплової обробки харчових продуктів з використанням етапів нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-дослідити адсорбційні властивості рослинного наповнювача з сушеної люцерни (РНСЛ), оптичні та теплофізичні властивості фаршів та виробів з його використанням;

-розробити процес виробництва м'ясорослинних січених виробів, дослідити показники їх якості;

-сконструювати форму відбивачів і встановити точки раціонального розміщення нагрівачів у робочій камері ІЧ-апарата;

-розробити апарат для теплової обробки харчових продуктів, дослідити його функціональні можливості та технологічні показники термообробки харчових продуктів;

-оцінити економічну ефективність наукових розробок і виконати комплекс робіт із упровадження їх у виробництво.

*Об'єктами дослідження* є способи теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням у повітряному та пароповітряному середовищах, процес виробництва м'ясорослинних січених виробів, комбінований апарат для теплової обробки харчових продуктів.

*Предметами дослідження* є жарені ІЧ-випромінюванням м'ясні, овочеві та борошняні кулінарні вироби.

*Методи дослідження:* теоретичні методи дослідження променисто-конвективного теплообміну та сучасні експериментальні методи вимірювання теплотричних, оптичних, масообмінних, структурно-механічних, мікробіо-логічних і фізико-хімічних показників.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

-теоретично обґрунтовано можливість підвищення ефективності нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-визначено раціональні значення відносної вологості пароповітряного середовища за певних діапазонів довжин хвиль випромінювання при тепловій обробці харчових продуктів;

-встановлено ступень інтенсифікації процесу та втрати маси харчових продуктів за теплової обробки ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі;

-вивчено адсорбційні властивості РНСЛ у водожировій емульсії, його вплив на оптичні, теплопровідні та структурно-механічні властивості котлетного фаршу і готових виробів;

-визначено закономірності теплоперенесення при реалізації комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів;

-досліджено технологічні показники термообробки виробів із використанням РНСЛ;

-встановлено точки раціонального розташування нагрівачів у робочій камері ІЧ-апарата, його вплив на підвищення ефективності використання променистої енергії;

-досліджено функціональні можливості та технологічні показники термообробки розробленого апарату для теплової обробки харчових продуктів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в розробці:

-комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів з використанням етапів нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі та раціональних режимів його здійснення;

-технологічного процесу виробництва м'ясорослинних січених виробів;

-комбінованого апарату для теплової обробки харчових продуктів КАТОХП-0,02;

-нормативної документації на м'ясорослинні січені вироби "Санаторні" та проектної документації на апарат КАТОХП-0,02.

На наукові розробки отримано деклараційні патенти України на винаходи № 36771 А "Комбінований спосіб теплової обробки харчових продуктів", № 36772 А "Комбінований апарат для теплової обробки харчових продуктів".

*Реалізація роботи.* Проектна документація на апарат КАТОХП-0,02 передана на впровадження в підприємства м. Харкова ВАТ "Харківське дослідне конструкторсько-технологічне бюро холодильних машин", АКВТ "Онікс", ТОВ Науково - виробнича фірма "Ізотерм" (акти від 11.01.00 р., 26.08.00 р., 15.12.00 р., відповідно). Проведено апробацію дослідно-експериментальних зразків апарата КАТОХП-0,02 та технології м'ясорослинних січених виробів "Санаторні" у підприємствах харчування м. Харкова – ТОВ ресторан "Старе місто", кафе "Аркада", кафе Харківського інституту професійного навчання, кафе "Очарование", а також м. Коктебель – кафе "Коктебель". Економічна ефективність на 100 кг готової продукції (в цінах на 01.01.02 р.) становить від впровадження: технологічного процесу виробництва м'ясорослинних січених виробів – 42,5 грн. за рахунок економії матеріальних та енергетичних витрат; комбінованого апарата КАТОХП-0,02 – 3,0...5,1 грн. за рахунок економії енергетичних витрат.

**Особистий внесок здобувача** в отриманні наукових результатів полягає в участі у проведенні наукових експериментів, обробці дослідних даних, узагальненні отриманих результатів та здійсненні заходів щодо впровадження результатів роботи у виробництво.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на міжнародній науково-практичній конференції "Научные и практические аспекты переработки мяса и мясопродуктов" (Харків, 2001 р.), 67-й науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Київ, 2001 р.), міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" (Харків, 2001 р.), міжнародній науково-методичній конференції "Науково-методичні проблеми управління якістю освітньої діяльності" (Полтава, 2002), наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДАТОХ (Харків, 1998...2002 р.р.). Зразки наукових розробок були представлені на виставках-ярмарках "Наука Харківщини - 2000" (Харків, 2000 р.), "Слов'янський базар" (Харків, 2000 р.), "Слобожанська весна. Харківські торги" (Харків, 2001 р.), "Слобожанська осінь. Харківські торги" (Харків, 2001 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі: 7 статей (з них 6 у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК

України), 2 деклараційних патенти України на винаходи, 4 тез доповідей на конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 223 найменування, у тому числі 17 іноземних, і додатків. Роботу викладено на 147 сторінках, вона містить 30 рисунків, 14 таблиць та 7 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обгрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі “Аналіз процесів та апаратів для теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням” проаналізовано можливості інтенсифікації теплоперенесення за ІЧ-обробки харчових продуктів. Визначено, що значний вплив на процес перенесення променистої енергії мають склад газового середовища та оптичні властивості харчових продуктів, зокрема багатокомпонентних. Приведено аналіз процесів виробництва м'ясних січених виробів та конструкцій ІЧ-апаратів, на підставі якого визначено напрямки розробки нових перспективних технологічних процесів та апаратів для теплової обробки харчових продуктів. Узагальнення відомостей, викладених у цьому розділі, дозволило сформулювати основні задачі дослідження, спрямовані на досягнення мети дисертаційної роботи.

У другому розділі “Об'єкти, методи досліджень та експериментальні установки” наведено характеристику сировини, методики та методи досліджень теплотехнічних, теплофізичних, структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних показників.

Для дослідження теплотехнічних показників використано експериментальну установку, яка представляє комплект вимірювальних приладів, що приєднані до модельного зразка апарата КАТОХП-0,02.

Для визначення коефіцієнта теплопровідності застосовано пристрій ИТ-л-400, пропускну спроможності котлетних фаршів та панірувальних шарів – призматичний однопроменевий спектрофотометр Shimadzu QV-50 та ІЧ-спектрофотометр з дифракційною решіткою “Specord 75 IR”, структурно-механічних властивостей виробів з котлетного фаршу – пенетрометр ПМДП.

Густину теплового потоку визначали калориметричним методом, мікробіологічні показники – методами, регламентованими ГОСТами та ДСТУ для м'ясних продуктів, органолептичні – за методикою Тільгнера з урахуванням коефіцієнту важливості окремих показників, фізико-хімічні показники – за стандартними методиками.

Обробку отриманих результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням ПЕОМ.

У третьому розділі “Теоретичне обгрунтування інтенсифікації ІЧ-нагрівання у пароповітряному середовищі” на підставі аналізу основних положень молекулярної спектроскопії було відмічено, що за наявності ІЧ-випромінювання у певних смугах

триатомні гази володіють поглинальною та випромінювальною спроможністю. Це впливає на інтенсивність випромінювання та призводить до зменшення частки розсіяної енергії.

За результатами розрахунку теплотехнічних показників променисто-конвективного теплообміну в робочій камері ІЧ-апарата при певних вихідних даних встановлено, що зміна складу робочого середовища за рахунок підвищення концентрації водяної пари призводить до зміни співвідношення складових частин променисто-конвективного теплового потоку. Поряд з незначним зменшенням величини променистого потоку від ІЧ-випромінювачів збільшується променистий і конвективний потоки від газового середовища, в результаті чого підвищується частка корисно використаної теплоти. В цілому, підвищення відносної вологості пароповітряного середовища до  $\phi=80\%$  за довжин хвиль випромінювання  $\lambda=1,4; 1,8; 2,7$  мкм призводить до збільшення, відповідно: загального коефіцієнту тепловіддачі – на 9,8...20,7 %, величини питомого теплового потоку та загальної кількості поглинутої теплоти – на 74,1...102,8 %.

Виходячи з економічних міркувань визначено, що найбільш раціональними параметрами для теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням є значення відносної вологості середовища у межах  $\phi=20\text{...}30\%$  за довжини хвилі випромінювання  $\lambda=2,7$  мкм (рис. 1). Це зумовлено тим, що за цих умов спостерігається найбільш ефективно підвищення частки корисно використаної енергії внаслідок зміни значень коефіцієнта тепловіддачі (рис. 2), температури та кількості поглинаємої теплоти (рис. 3).

Рис. 1. Зміна відносної ефективності використання променистої енергії у пароповітряному середовищі при довжині хвилі випромінювання

- 1,4 мкм;	- 1,8 мкм;
- 2,7 мкм	

Рис. 2. Залежність коефіцієнту тепловіддачі  $\alpha$  від відносної вологості пароповітряного середовища при  $\lambda=2,7$  мкм. (коефіцієнт тепловіддачі:

- загальний;
- променистий ві
ІЧ-нагрівачів; -променистий
від водяної пари;
- конвективний

У четвертому розділі “Розробка та дослідження комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів” проведено експериментальну перевірку отриманих розрахункових результатів променисто-конвективного теплообміну. Визначено, що при ІЧ-випромінюванні з  $\lambda=2,7$  мкм за умов підвищення відносної вологості пароповітряного середовища до  $\phi=20\ldots30$  % збільшується густина теплового потоку та кількість теплоти, поглинутої калориметричною рідиною на  $21,2\ldots28,7$  % (рис. 4), а також температура робочого середовища – на  $30\ldots60$  °С (рис. 5).

Рис. 3. Залежність зміни температури пароповітряного середовища  $\Delta t$  та кількості поглинаємої теплоти від відносної вологості  $\phi$  при  $\lambda=2,7$  мкм:

- температура середовища; кількість поглинаємої теплоти (
- загальної;
- променистої від ІЧ-нагрівачів;
- конвективної;
- променистої від водяної пари

Дослідженнями кінетики температури біфштексів січених за ІЧ-нагрівання у повітряному середовищі (контрольні зразки) та у пароповітряному середовищі (дослідні

зразки) встановлено, що тривалість теплової обробки зразків скорочується на  $19,4\ldots27,8$  % зі збільшенням відносної вологості пароповітряного середовища до  $\phi=20\ldots30$  % (рис. 6), при цьому зменшуються втрати маси готових виробів на  $4\ldots5$  %. За встановленого температурного поля відмічено зменшення градієнту температури за об'ємом виробу (рис. 7). Це зумовлено невисокою швидкістю зміни температури поверхневих шарів внаслідок конденсації водяної пари, що пояснює уповільнення процесів, які призводять до утворення шкоринки.

Враховуючи цей недолік, та з урахуванням переваг ІЧ-нагрівання у пароповітряному середовищі розроблено два варіанти комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів з використанням етапів ІЧ-нагрівання у пароповітряному середовищі.

За першим варіантом здійснюється ІЧ-нагрівання виробів у повітряному середовищі з подальшою зміною складу робочого середовища шляхом додавання вологої насиченої пари та її перегрівом, а також остаточна обробка акумульованою робочим середовищем теплотою. За другим варіантом, який передбачено для теплової обробки великошматкових напівфабрикатів, на відміну від першого, водяна пара додається також усередину виробів через трубчастий перфорований вертел, що дозволяє використати для інтенсифікації нагрівання внутрішніх шарів енергію додаткового теплоносія.

Проведено дослідження комбінованого способу теплової обробки на прикладі біфштексів січених та курки на вертелі (рис. 8, 9). На графіках інтервали 1, 2, 3, 4 відповідають етапам нагрівання у повітряному середовищі, додавання вологої насиченої пари в робочу камеру та її перегрів, нагрівання у пароповітряному середовищі та обробка акумульованою робочим середовищем теплотою.

Рис.4. Результати теплотричних досліджень ІЧ-нагріву у пароповітряному середовищі: швидкість нагріву калориметричної рідини ; кількість поглинаємої теплоти ; тепловий потік

Рис.5. Кінетика температурного поля робочого середовища у ІЧ-апараті на відстані від нагрівачів: - 20 мм; - 70 мм; -120 мм; пунктирні лінії – повітря; суцільні – пароповітряне середовище ( $\varphi=20\%$ )

Рис. 6. Кінетика температури біфштексів січених за ІЧ-жаріння: контрольні зразки - ; дослідні зразки -  $\varphi=20\%$ ; -  $\varphi=30\%$ ; пунктирні лінії – центральні шари виробу, суцільні - поверхневі

Рис. 7. Кінетика градієнту температури біфштексів січених за ІЧ-жаріння; контрольні зразки - ;

Рис. 8. Кінетика температури біфштексів січених за реалізації першого варіанту комбінованого способу: пунктирні лінії – центральні шари виробу, суцільні – поверхневі

Рис. 9. Кінетика температури поверхневих та внутрішніх шарів курки на вертелі: - контрольні зразки; - дослідні зразки №1; - дослідні зразки №2; - дослідні зразки №2 (точка 1); пунктирні лінії – внутрішні шари виробу, суцільні – поверхневі

Встановлено скорочення загальної тривалості процесу теплової обробки біфштексів січених на 16,7 % та зменшення втрат маси на 3,8 %. Інтенсифікація теплової обробки тушок курки на вертелі за реалізації першого варіанту комбінованого способу (дослідні зразки № 1) складає 15,6 %, другого варіанту (дослідні зразки № 2) – 26,7 % у зрівнянні з традиційним ІЧ-жарінням (контрольними зразками). Втрати маси зменшуються на 2,8 % та 3,7 %, відповідно.

Отримані вироби відповідають вимогам якості до жареної кулінарної продукції та санітарної безпечності продуктів.

**У п'ятому розділі** “Розробка та дослідження процесу виробництва м'ясорослинних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням” з метою підвищення адсорбційних властивостей котлетного фаршу по відношенню до вологи та жиру запропоновано процес приготування РНСЛ, що передбачає витримування люцерни у 3 % розчині оцтової кислоти протягом 2,5...3,0 години, висушування до вологості 15...20 % та здрібнення до стану трав'яного борошна.

Досліджено адсорбційні властивості РНСЛ при зануренні у водожирову емульсію за співвідношення компонентів (вода/жир), що наближається до їх можливого співвідношення у складі рецептур м'ясних січених виробів (рис. 10). Встановлено, що в температурному інтервалі 80...100 °С зміна маси при поглинанні водожирової емульсії становить 360...390 %, вологовмісту – 250...270 %, а жировмісту – 110...120 %. Рішенням рівняння матеріального балансу процесу адсорбції визначено кількість поглинутих РНСЛ компонентів водожирової емульсії. Отримані результати узгоджуються з результатами досліджень кінетики волого- та жировмісту.

Введення до складу дослідного зразка котлетного фаршу РНСЛ у кількості 3 % сприяє підвищенню оптичної пропускнувості у коротко- та довгохвильовій зонах, в залежності від смуги спектру на 3...65 % та 13...47 %, відповідно, а також коефіцієнту теплопровідності  $\Delta\lambda=0,5...3,7\cdot 10^2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), в залежності від стадії готовності виробу. Це має вплинути на підвищення кількості корисно використаної теплоти, та, відповідно, ефективності ІЧ-жаріння. Встановлено скорочення тривалості теплової обробки ІЧ-випромінюванням січених виробів, що містять у своєму складі РНСЛ, на 21...23 % за температури 80° С, пунктирні за одночасного зменшення втрат маси на 3,1...3,5 % за температури 100° С

Рис. 10. Адсорбційні властивості РНСЛ:  
1- жироміст; 2- вологоміст;  
3 – маса; суцільні лінії –  
за температури 80° С, пунктирні  
за температури 100° С

Відмічено зменшення об'єму виробів, які містять РНСЛ, лише на 2 %, що на 11 % менше у зрівнянні з контрольними зразками. За структурно-механічними властивостями запропонований фарш наближається до традиційних фаршів, а готові вироби мають дещо більші значення показників penetрації та швидкості penetрації, що вказує на більш ніжню їх консистенцію.

Розроблено технологічний процес виробництва м'ясорослинних січених виробів "Санаторні", який відрізняється наявністю операцій по приготуванню РНСЛ і введення його до рецептури котлетного фаршу. М'ясорослинні котлети містять більшу кількість азотвміщуючих речовин, клітковини та β-каротину і за органолептичними показниками, зокрема за показником консистенції, перевищують традиційні вироби.

**У шостому розділі** "Розробка комбінованого апарата для теплової обробки харчових продуктів" наведено технічні вимоги та технічне завдання на проектування апарата для теплової обробки харчових продуктів, його будову і принцип дії. З метою підвищення ефективності використання енергії ІЧ-нагрівачів у повітряному середовищі під час першого етапу комбінованого способу теплової обробки на основі геометричних рівнянь для дотичної до відбивальної кривої, ортотоміки та катакаустики, відомих з оптичної фізики, для середовища математичного процесора MAPLE була складена програма зображення відбивальної системи, яка дозволяє будувати ці криві та зображення відбитих променів в залежності від координат джерела променів та опису відбивальної системи.

В ході проведених комп'ютерних експериментів (рис. 11) було встановлено, що у відбивальній системі за формою циліндру з радіусом в одну одиницю при розташуванні ІЧ-нагрівача за №1 в точці (0; 0,7), точки звороту його відбитих променів будуть мати координати (-0,7; 0) та (0; 0,7). Якщо розмістити в цих точках додатково ІЧ-нагрівачі №2 та №3, а симетрично нагрівачу №1 відносно осі Ох,

нагрівач №4, то отримаємо відбивальну систему, в якій здійснюватиметься “тепловий резонанс”. В результаті експериментальних досліджень при відповідному розміщенні ІЧ-нагрівачів і термопар (рис.12), відмічено, що температура спаїв термопар, розміщених в точках №3, які відповідають точкам фокусування відбитих променів від двох горизонтальних нагрівачів, перевищують температуру в точках №4, №2, №1, в середньому на 40, 45 та 60 °С.

Рис. 11. Схеми напрямків відбитих променів при  $x=0$ ,  $y=0,7$

Рис. 12. Кінетика температури спаїв термопар, розміщених в точках: № 1 - ; № 2 - ; № 3 - ; № 4 -

Враховуючи отримані результати для проектуемого апарата прийнято робочу камеру за формою горизонтального циліндру, внутрішні стінки якого виконуватимуть функцію відбивачів променистої енергії. Чотири трубчастих ІЧ-нагрівача необхідно розмістити вздовж вісі циліндру з кутовим кроком 90 °, і кожний на відстані від вісі в 0,7 одиниць, при нормуванні радіуса циліндру в одну одиницю, що дає можливість збільшити ефективність використання ІЧ-нагрівачів за рахунок фокусування на їх поверхні відбитих променів від сусідніх нагрівачів.

Розроблений комбінований апарат КАТОХП-0,02 (рис. 13) відрізняється багатофункціональним призначенням та можливістю проводити теплову обробку ІЧ-випромінюванням у повітряному середовищі та комбінованим способом.

На відміну від традиційних апаратів, у верхній частині його циліндричного корпусу, який виконано з вакуумованою оболонкою, змонтовано парогенератор і конденсатор водяної пари, а внутрішні стінки робочої камери одночасно виконують функцію відбивачів. Наявність подвійного клапану дозволяє здійснити подачу водяної пари із парогенератора всередину перфорованого вертела, а також у робочу камеру апарата. При роботі за умов ІЧ-нагріву у повітряному середовищі технологічні показники апарата дещо перевищують відповідні показники промислових апаратів. Наведено технічну характеристику та техніко-економічні показники апарата, що відрізняються високим значенням коефіцієнта корисної дії (79 %) та більш низькими значеннями питомої витрати теплоти ( $760 \cdot 10^6$  кДж/кг).

Рис. 13. Комбінований апарат для теплової обробки харчових продуктів КАТОХП-0,02: а-схема повздовжнього перетина; б-вид збоку; в-розріз по А-А; г-схема подвійного клапана; д-вісь з сітчастим барабаном та з'ємними дисками; е-з'ємний диск; ж-пристрій для влаштування варильної місткості: 1-корпус; 2-опорна рама; 3-парогенератор; 4-конденсатор пари; 5-панель приладів управління; 6-манометр; 7-вакуумована оболонка; 8-робоча камера; 9, 10 - напрямні; 11-піддон; 12-канавка; 13-патрубок; 14 - ІЧ-нагрівачі; 15-прозорі екрани; 16-основа парогенератора; 17, 38-заливочні горловини; 18-запобіжний клапан; 19-електро-нагрівач; 20, 45-з'єднувальні трубки; 21-подвійний клапан; 22-підшипник; 23-електромагнітний елемент; 24-тарілки; 25-пружини; 26, 27-канали для виходу пари; 28-перфорований вертел; 29-втулка; 30-з'ємна напрямна; 31-оглядове віконце; 32-привідний пристрій; 33-диск; 34-центральна шестерня; 35-привідні шестерні; 36-гумова прокладка; 37-замкові механізми; 39-змійовик;

40-теплоізоляція; 41-клапан для випуску пари; 42-відвідна трубка; 43-збірник конденсату; 44-канал; 45-трубка; 46-вилки; 47-вісь; 48-з'ємні диски; 49-сітчастий барабан; 50-лопати

В результаті досліджень технологічних показників термообробки та функціональних можливостей КАТОХП-0,02 відпрацьовані раціональні режими проведення процесів жаріння, запікання, варення на парі та в рідині, припускання під час приготування широкого асортименту кулінарної продукції. За реалізації комбінованого способу теплової обробки встановлено, що загальна тривалість теплової обробки м'ясних виробів зменшується в середньому на 6,7...23,3 %, овочевих – 10,0...26,6 %, хлібобулочних – 9,3...9,5 %, втрати маси зменшуються, відповідно, на 2,3...4,1 %, 1,9...4,3 % та 0,4...0,5 %.

У сьомому розділі “Економічна ефективність та впровадження результатів досліджень у виробництво” відмічено, що економічна ефективність (у цінах на 01.01.2002 р.) за рахунок зменшення матеріальних витрат та енергоресурсів на 100 кг готової продукції становить: від впровадження процесу виробництва м'ясорослинних січених виробів “Санаторні” – 42,5 грн за рахунок зміни собівартості внаслідок зниження витрат сировини та електроенергії; від впровадження комбінованого способу в апараті КАТОХП-0,02 – 3,0...5,1 грн. (за рахунок економії електроенергії).

Здійснено комплекс заходів із упровадження наукових розробок у виробництво шляхом розробки і затвердження нормативної документації на м'ясорослинні січені вироби “Санаторні” та проектної документації на апарат КАТОХП-0,02, апробації на наукових конференціях, виробничих підприємствах м.м. Харкова та Коктебеля, виставках-ярмарках.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел з теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням показав, що інтенсифікація теплової обробки можлива за рахунок підвищення ефективності зовнішнього та внутрішнього теплообміну. Розв'язання цих завдань може бути забезпечено створенням умов для інтенсифікації теплоперенесення за рахунок зміни складу робочого середовища, оптичних і теплофізичних властивостей багатокомпонентних кулінарних виробів.

2. Теоретичними розрахунками променисто-конвективного теплообміну в робочій камері ІЧ-апарата встановлено, що підвищення відносної вологості пароповітряного середовища до  $\varphi=80$  % за максимальних довжин хвиль випромінювання  $\lambda=1,4; 1,8; 2,7$  мкм призводить до збільшення, відповідно: загального коефіцієнту тепловіддачі – на 9,8...20,7 % величини питомого теплового потоку та загальної кількості поглинутої теплоти на 74,1...102,8 %. Визначено раціональні параметри, за яких спостерігається найбільш ефективно підвищення частки корисно використаної енергії (відносна вологість пароповітряного середовища –  $\varphi=20...30$  % за довжини хвилі випромінювання  $\lambda=2,7$  мкм).

3. Експериментальними дослідженнями визначено, що при ІЧ-випромінюванні за умов відносної вологості пароповітряного середовища  $\varphi=20...30$  % підвищується температура середовища в середньому за об'ємом робочої камери на 30...60 °С та значення загальної кількості поглинаємої теплоти – на

21,2...28,7 %. Тривалість теплової обробки ІЧ-випромінюванням біфштексів січених скорочується на 19,4...27,8 %, а втрати маси зменшуються на 4...5 %.

4. Розроблено два варіанти комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів, що застосовується для приготування дрібношматкових та великошматкових напівфабрикатів. На відміну від традиційного ІЧ-жаріння комбінованим способом передбачено наявність етапу нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі, а також використання енергії додаткового теплоносія для інтенсифікації нагрівання внутрішніх шарів. Використання комбінованого способу дозволяє скоротити загальну тривалість процесу теплової обробки, зокрема біфштексів січених на 16,7 %, зменшити втрати маси на 3,8 %. Інтенсифікація теплової обробки тушок курки на вертелі за реалізації першого варіанту комбінованого способу складає 15,6 %, другого – 26,7 %. Втрати маси зменшуються на 2,8 % та 3,7 %, відповідно. Отримані вироби відповідають вимогам якості до жареної кулінарної продукції та санітарної безпечності.

5. Запропоновано процес приготування РНСЛ для виробів з котлетного фаршу та досліджено його абсорбційні властивості: в температурному інтервалі 80...100 °С зміна маси при поглинанні водожирової емульсії становить 360...390 %, вологовмісту – 250...270 %, а жиромісту – 110...120 %. Введення до складу котлетного фаршу РНСЛ у кількості 3 % сприяє підвищенню показників пропускної спроможності у коротко- та довгохвильовій зонах, а також коефіцієнта теплопровідності.

6. Розроблено технологічний процес виробництва м'ясорослинних січених виробів "Санаторні", який відрізняється наявністю операцій по приготуванню РНСЛ та введення його до рецептури котлетного фаршу. Це дозволяє інтенсифікувати процес теплової обробки ІЧ-випромінюванням на 21...23 % та знизити втрати маси готовими виробами на 3,1...3,5 %. Відмічено зменшення об'єму виробів, які містять РНСЛ, лише на 2 %, що на 11 % менше у зрівнянні з контрольними зразками. За структурно-механічними властивостями запропонований фарш наближається до традиційних фаршів, а готові вироби мають більш ніжну консистенцію. Вироби містять більшу кількість азотвміщуючих речовин, клітчатки та  $\beta$ -каротину.

7. На основі проведених комп'ютерних та експериментальних досліджень визначено, що з метою підвищення ефективності використання енергії ІЧ-нагрівачів доцільно в ІЧ-апараті робочу камеру виконати за формою горизонтального циліндру, внутрішні стінки якого виконуватимуть функцію відбивачів променистої енергії. Чотири трубчастих ІЧ-нагрівача необхідно розмістити вздовж вісі циліндру з кутовим кроком 90 °, і кожний на відстані від вісі в 0,7 одиниць, що дає можливість фокусування на їх поверхні відбитих променів від сусідніх нагрівачів.

8. Розроблено комбінований апарат для теплової обробки харчових продуктів КАТОХП-0,02, який відрізняється багатофункціональним призначенням, дозволяє проводити теплову обробку ІЧ-випромінюванням у повітряному середовищі та комбінованим способом та має більш високі значеннями техніко-економічних показників. Загальна тривалість теплової обробки у КАТОХП-0,02 м'ясних виробів зменшується у середньому на 6,7...23,3 %, овочевих на 10,0...26,6 %, хлібобулочних на 9,3...9,5 %, втрати маси зменшуються, відповідно, на 2,3...4,1 %, 1,9...4,3 % та 0,4...0,5 %.

9. Економічна ефективність (у цінах на 01.01.2002 р.) на 100 кг готової продукції становить: від реалізації процесу виробництва м'ясорослинних січених виробів "Санаторні" – 42,5 грн за рахунок зміни собівартості внаслідок зниження витрат сировини та електроенергії; від впровадження комбінованого способу в апараті КАТОХП-0,02 – 3,0...5,1 грн. (за рахунок економії електроенергії). Здійснено комплекс заходів із упровадження наукових розробок у виробництво шляхом розробки і затвердження нормативної документації на м'ясорослинні січені вироби та проектної документації на апарат КАТОХП-0,02, апробації на наукових конференціях, виробничих підприємствах м.м. Харкова та Коктебеля, виставках-ярмарках.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В., Лебединець І.В. Про можливості практичного використання закономірностей молекулярної спектроскопії у теплових процесах харчових виробництв // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. - Харків: ХДАТОХ, 2000. – Ч. 2. – С. 169-174.

2. Черевко О. І., Михайлов В. М., Лебединець І. В. Розробка комбінованого способу та апарата для теплової обробки харчових продуктів у пароповітряному середовищі // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 2001. – Ч. 2. – С. 169-174.

3. Черевко О. І., Михайлов В. М., Лебединець І. В. Застосування спектральних властивостей водяної пари у теплових процесах харчових виробництв // Обладнання та технології харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2001. - № 6. – Т. 1.- С. 166-171.

4. Тормосов Ю.М., Лебединець І.В. Принципы построения жарочных шкафов с учетом эффекта теплового резонанса // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: АПБУ, 2002. - № 12. – С. 170-174.

5. Черевко О. І., Михайлов В. М., Лебединець І. В. Експериментальні дослідження теплової обробки харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням у пароповітряному середовищі // Обладнання та технології харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2002. - № 7. - С. 365-372.

6. Черевко О. І., Михайлов В. М., Лебединець І. В. Дослідження комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів // Вестник национального технического университета "ХПИ": Сб. науч. тр. – Харьков: НТУ"ХПИ", 2002. – С. 149-153.

7. Черевко А.И., Михайлов В.М., Лебединець І.В. Разработка и исследование высокоэффективного комбинированного процесса тепловой обработки пищевых продуктов // Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств: Сб. науч. тр. – М.: МГУПБ, 2002. - С. 316-318.

8. Деклараційний патент № 36771 А Україна, МКИ А23L 1/00. Комбінований спосіб теплової обробки харчових продуктів / О.І. Черевко, В.М.

Михайлов, І.В. Лебединець (Україна). - № 2000020662; Заявл. 08.02.2000; Опубл. 16.04.2001; Бюл. № 3 – 3 с.

9. Деклараційний патент № 36772 А Україна, МКИ А47J27/04, 37/06. Комбінований апарат для теплової обробки харчових продуктів / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, І.В. Лебединець (Україна). - № 2000020663; Заявл. 08.02.2000; Опубл. 16.04.2001; Бюл. № 3 – 6 с.

10. Черевко О.І., Михайлов В.М., Лебединець І.В. Використання спектральних властивостей водяної пари у теплових процесах обробки кулінарної продукції // Труды Междунар. науч.-практ. конф. „Научные и практические аспекты переработки мяса и мясопродуктов”. – Харков: ХГАТОП. – 2001. – С.134-135.

11. Лебединець І.В., Михайлов В.М. Дослідження впливу вологості робочого середовища на ефективність нагріву у полі ІЧ-випромінювання // Праці 67-ї наук. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. – К. – УДУХТ. – 2001.-С.147.

12. Черевко О.І., Михайлов В.М., Лебединець І.В. Більченко І.В. Підвищення матеріально-технічної бази за впровадження наукових розробок у навчальний процес // Праці Міжнар. наук.-метод. конф. “Науково-методичні проблеми управління якістю освітньої діяльності”. – Полтава: ПУСКУ. – 2002. – С. 125 – 129.

13. Черевко О.І., Михайлов В.М., Лебединець І.В. Експериментальні дослідження способів теплової обробки з підвищеними показниками економічності // Праці Міжнар. наук.-метод. конф. „Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв і торгівлі”. – Харків: ХДУХТ. – 2002.– С. 143-145.

## АНОТАЦІЯ

Лебединець І.В. Підвищення ефективності процесів та обладнання для теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2003.

Дисертацію присвячено розробці та реалізації напрямків проектування високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих процесів та обладнання для теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням. Визначено вплив зміни відносної вологості пароповітряного середовища та оптичних властивостей харчових продуктів, зокрема багатокomпонентних, на ефективність використання променистої енергії, скорочення тривалості теплової обробки, зменшення втрат маси.

Теоретично та експериментально встановлено ступінь інтенсифікації теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням певного діапазону довжин хвиль ( $\lambda=2,7$  мкм) при їх розміщенні в пароповітряному середовищі з відносною вологістю  $\varphi=20\dots30$  %. Тривалість теплової обробки біфштексів січених скорочується на 19,4...27,8 %; втрати маси зменшуються на 4...5 %.

Розроблено комбінований спосіб теплової обробки харчових продуктів, яким передбачено етап нагрівання ІЧ-випромінюванням у пароповітряному середовищі та технологічний процес виробництва м'ясорослинних січених виробів “Санаторні”,

реалізація яких дозволяє знизити матеріальні та енергетичні витрати і досягти високої якості готової кулінарної продукції.

Для реалізації комбінованого способу розроблено комбінований апарат для теплової обробки КАТОХП-0,02, який відрізняється багатофункціональним призначенням.

Оцінено економічну ефективність наукових розробок і здійснено комплекс заходів із їх упровадження у виробництво шляхом розробки та затвердження нормативної та проектної документації, апробації на наукових конференціях, виробничих підприємствах та виставках-ярмарках.

*Ключові слова:* інфрачервоне випромінювання, пароповітряне середовище, апарат, комбінований спосіб, м'ясорослинні січені вироби.

## АННОТАЦІЯ

Лебединец І.В. Повышение эффективности процессов и оборудования для тепловой обработки пищевых продуктов ИК-излучением – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2003.

Диссертация посвящена разработке и реализации направлений проектирования высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих процессов и оборудования для тепловой обработки пищевых продуктов ИК-излучением.

Вследствие отсутствия собственных дешевых источников тепла в Украине довольно существенной является энергетическая проблема, решение которой возможно за счет усовершенствования технологических процессов и оборудования с учетом передовых научно-технических достижений. Поэтому актуальной задачей во всех областях промышленности, в частности пищевой является энерго- и ресурсосбережение.

Большой энергоемкостью отличаются процессы тепловой обработки пищевых продуктов. К числу перспективных методов тепловой обработки относится ИК-нагрев, преимущества которого можно использовать при разработке высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих комбинированных процессов и оборудования для их реализации.

Установлено, что значительное влияние на эффективность использования лучистой энергии имеют состав газовой среды и оптические свойства пищевых продуктов, в частности, многокомпонентных. Анализ технологических процессов производства кулинарных изделий и используемых для их тепловой обработки ИК-аппаратов позволил определить направления интенсификации процесса ИК-нагрева с учетом закономерностей газового излучения и оптических свойств пищевых продуктов.

Теоретически и экспериментально установлена степень интенсификации тепловой обработки пищевых продуктов ИК-излучением конкретного диапазона волн ( $\lambda=2,7$  мкм) при их размещении в паровоздушной среде с относительной влажностью  $\phi=20...30$  %, что обусловлено повышением температуры рабочей среды

и плотности удельного теплового потока. Продолжительность тепловой обработки ИК-излучением бифштексов рубленых сокращается на 19,4...27,8 %, потери массы уменьшаются на 4...5 %.

Разработано два варианта комбинированного способа тепловой обработки пищевых продуктов, которым предусмотрен этап нагревания ИК излучением в паровоздушной среде, и использование энергии дополнительного теплоносителя для нагревания внутренних слоев. Сокращается общая продолжительность тепловой обработки, в частности бифштексов рубленых на 16,7 %, а потери массы снижаются на 3,8 %. Интенсификация тепловой обработки тушек курицы на вертеле по первому варианту комбинированного способа составляет 15,6 %, второго – 26,7 %. Потери массы снижаются на 2,8 и 3,8%, соответственно. С целью повышения адсорбционных свойств котлетного фарша разработан процесс приготовления растительного наполнителя из сушеной люцерны (РНСЛ), который предусматривает выдержку люцерны в 3 % растворе уксусной кислоты на протяжении 2,5...3,0 час, высушивание до влагосодержания 15...20 % и измельчение до состояния травяной муки. Изучены его адсорбционные свойства в водожировой эмульсии: в температурном интервале 80...100 °С изменения массы составляют 360...390 %, влагосодержания 250...270 %, а жиросодержания – 110...120 %.

Экспериментально установлено, что введение в состав котлетного фарша РНСЛ способствует повышению показателей оптической пропускательной способности и коэффициента теплопроводности. Это позволяет интенсифицировать процесс на 21...23 % и снизить потери массы готовыми изделиями на 3,1...3,5 %.

Разработан технологический процесс производства мясорастительных рубленых изделий “Санаторные”, отличающийся наличием операций по приготовлению РНСЛ и введения его в рецептуру котлетного фарша. Отмечено уменьшение объема изделий, имеющими в составе РНСЛ лишь на 2 %, что на 11 % меньше сравнительно с контрольными изделиями. По структурно-механическим свойствам предложенный фарш приближается к традиционным, а готовые изделия имеют более нежную консистенцию. Изделия имеют в составе больше азотсодержащих веществ, клетчатки и  $\beta$ -каротина.

На основе проведенных компьютерных и экспериментальных исследований определено, что с целью повышения эффективности использования энергии ИК-нагревателей целесообразно в ИК-аппарате рабочую камеру выполнить в форме горизонтального цилиндра, внутренние стенки которого будут выполнять функцию отражателей лучистой энергии. Четыре трубчатых ИК-нагревателя необходимо разместить продольно оси цилиндра с угловым шагом 90°, и каждый на расстоянии от оси в 0,7 единиц, что дает возможность фокусирования на их поверхности отраженных лучей от соседних нагревателей.

Разработан комбинированный аппарат для тепловой обработки пищевых продуктов КАТОХП-0,02, который отличается многофункциональным назначением и более высокими значениями технико-экономических показателей, и дает возможность проводить тепловую обработку ИК-излучением в воздушной среде а также комбинированным способом. Общая продолжительность тепловой обработки для мясных изделий сокращается в среднем на 6,7...23,3 %, овощных на 10,0...26,6 %, а

хлебобулочных на 9,3...9,5 %, потери массы снижаются, соответственно, на 2,3...4,1 %, 1,9...4,3 % та 0,4...0,5 %.

Экономическая эффективность (в ценах на 01.01.2002 р.) на 100 кг готовой продукции составляет от внедрения процесса производства мясорастительных рубленых изделий “Санаторные” – 42,5 грн за счет изменения себестоимости в результате уменьшения расхода сырья и электроэнергии, от внедрения комбинированного способа в аппарате КАТОХП-0,02 – 3,0...5,1 грн (за счет экономии электроэнергии). Осуществлен комплекс мероприятий по внедрению научных разработок в производство путем разработки и утверждения нормативной документации на мясорастительные рубленые изделия “Санаторные” и проектной документации на аппарат КАТОХП-0,02, апробации на научных конференциях и производственных предприятиях г.г. Харькова и Коктебеля, выставках-ярмарках.

*Ключевые слова:* инфракрасное излучение, паровоздушная среда, аппарат, комбинированный способ, мясорастительные рубленые изделия.

## ANNOTATION

Lebedinets I.V. Increase in the efficiency of processes and equipment for heat processing of foot products by IR-radiation. – Manuscript.

Thesis for competition of candidate of technical sciences on speciality 05.18.12 - Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2003.

The thesis is devoted to development and realization of new directions in projecting highly effective energy- and resource-saving processes and equipment for heat processing of foot products by IR-radiation. The influence of changes in relative humidity of steamy-aerial environment and optical properties, in particular, multi-component ones, on the efficiency of radiation energy, shortening of heat processing duration, reduction of mass losses is estimated.

The level of intensification of heat processing of foot products by IR-radiation of the peculiar diapason of waves length ( $\lambda=2,7$  mcm) during their placing in a steamy-aerial environment with relative humidity  $\varphi=20...30$  per cent, is theoretically and experimentally determined. Duration of heat processing of chopped beefsteaks reduces on 19,4...27,8 losses in mass decrease on 4...5 per cent.

The combined method of heat processing of foot products, which presupposes the stage of heating by IR-radiation in steamy-aerial environment and technological process of producing meat and plant chopped products “Sanatorni”, the sales of which allows to decrease material and energy losses and achieve wish quality of ready culinary production, is developed.

For the realization of the this method a combined apparatus for heat processing КАТОХП-0,02 has been elaborated. It is characterized by its multifunctional, economic efficiency of scientific elaborations is estimated and a complex of measures for their inculcation into production is taken, through the development and approbation at the scientific conferences, industrial enterprises and trade fairs.

Key words: infrared radiation, steamy-aerial environment, apparatus, combined method, meat and plant chopped product.

Автор висловлює щирю подяку д-ру техн. наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України, ректору ХДУХТ **Черевку** Олександрю Івановичу за консультації та допомогу, що були надані під час виконання дисертаційної роботи.

---

Підп. до друку 17.03.2003. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Друк офсет.  
Обл.-вид. арк. 1,0. Умов. друк. арк. 1,2. Умов. фарб.-відб. 1,2.  
Тираж 100 прим. Запов. №

---

ДОД ХДУХТ, вул. Клочкіська, 333, 61051, Харків-51.