

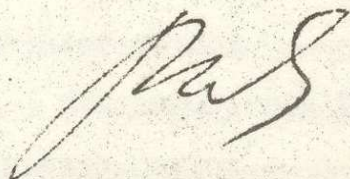
Автор ер.

В 36

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*На правах рукопису*

ВЕРХІВКЕР Яков Григорович



**ЕНЕРГЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ  
КОНСЕРВІВ У СУЧАСНИХ АПАРАТАХ ПЕРІОДИЧНОЇ  
ТА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та апарати

*харчових виробництв*

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Одеса - 1995

Авторефер.  
В.

Робота виконана у Одеському технологічному інституті харчової промислові-  
сті ім.М.В.Ломоносова та в Українському науково-дослідному і проектно-конст-  
рукторському інституті "Консервпромкомплекс" (м.Одеса).

Науковий консультант

доктор технічних наук, професор Б.Л.Флауменбаум

Офіційні опоненти

доктор технічних наук, професор В.І.Коваленко

доктор технічних наук, професор М.В.Остапчук

доктор технічних наук А.Г.Мазуренко

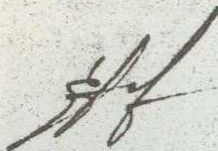
Ведуча організація Одеське СКТБпродмаш

Захист відбудеться "29" листоп. 1995 р. у 10<sup>30</sup> на засіданні спеціалізо-  
ваної ради Д 05.16.01 при Одеській державній академії харчових технологій  
за адресою: 270039, Одеса, вул. Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ОДАХТ.

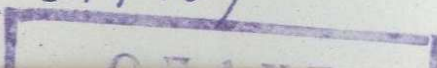
Автореферат надіслано "29" листопада 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради,  
доктор технічних наук, професор



Б.В.Егоров

✓ 017169



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

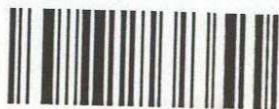
Актуальність роботи. Підприємства агропромислового комплексу потребують значну кількість топливно-енергетичних ресурсів. Тільки фруктоовочепереробні підприємства консервної галузі щорічно потребують 38,6 млн. т. умовного паливу, 933,6 ПДж. теплової та 29,4 млрд. кВт.год. електроенергії. Тому, наміть невелике підвищення ефективності функціонування обладнання, дозволяє заощаджувати у масштабі галузі значну кількість енергоресурсів. Враховуючи загальне складне становище із енергоресурсами на Україні, така економія грає дуже важливу роль.

Консервна галузь харчової промисловості потребує різноманітні енергоресурси, при тому, кожний технологічний процес може бути реалізований на різних типах машин (апаратів), які потребують різну кількість різноманітних енергоресурсів.

Вивчення ефективності реалізації різноманітних технологічних процесів переробки фруктів та овочів потребує приведення різноманітних енергоносіїв до узагальненого параметру. У термодинаміці таким параметром є ексергія енергоресурсу - поняття, яке достатньо широко вживають для аналізу різних енергетичних систем. Але, цей параметр до цього часу не застосовувався при оцінці ефективності виконання технологічних процесів консервного виробництва.

Системне розглядання фруктоовочепереробного консервного підприємства та оцінка ієрархії енергоспоживаючих процесів, по кількості розходу ексергії на їх проведення, дозволяють як найбільш повно зіставити різні схеми консервного виробництва та використане обладнання, виконати оптимізацію по мінімуму розходу ексергії та виробити рекомендації по використанню технологічного обладнання для проведення оптимальних, з точки

ОНАХТ 01.07.11  
Енергетичні основи п



v017169

зору енергоспоживання, процесів (операцій).

Питання енергозбереження набувають ще більшу актуальність сьогодні у зв'язку із значним підвищенням (у 5-9 разів) вартості енергоносіїв. Аналіз з цих позицій технологічних процесів консервного виробництва дозволяє зробити висновок про те, що заключна теплова обробка продукції у тарі (стерилізація) є найбільш енергомісткою операцією. Питомий розхід енергії на проведення процесу стерилізації складає 207,2 МДж/кг.. що у 1,5 разу перевищує такі енергомісткі операції як концентрування та стерилізація продукту "в потоці".

Таким чином, для ефективного функціонування фруктоовоочепереробного консервного підприємства з точки зору мінімуму споживання енергоресурсів при досягненні максимального технологічного ефекту, необхідно у першу чергу детально та всебічно дослідити процес теплової стерилізації консервованих харчових продуктів у тарі та технологічне обладнання, на якому цей процес здійснюється.

Дослідження у теорії та практиці стерилізаційних процесів в апаратах періодичної та безперервної дії, які працюють як під надмірним, так і при атмосферному тиску займалися та продовжують займатися зарубіжні та вітчизняні вчені і фахівці. У першу чергу слід назвати С.Dall, E.Olson, С.Stumbo, O.Shultz, T.Gillespy, G.Hicks, В.И.Рогачев, М.С.Аминов, В.П.Бабарин, Б.Л.Флауменбаум, Ф.И.Коган, Р.И.Лехно. Але, у виконаних роботах, практично не приділяли уваги енергетичним особливостям проведення процесу стерилізації продукції. Крім того, бурхливий розвиток стерилізаційного та пастеризаційного обладнання, відсутність систематизованих відомостей при ньому, з'явлення принципово нових конструктивних та схемних рішень апаратів потребує проведення докладного процесно-апаратного дослідження.

На основі викладеного можна зробити висновок, що робота яка присвячена

вивченню енергетики стерилізаційного процесу у сучасних апаратах періодичної та безперервної дії, сприяє рішенню народно-господарських питань по створенню енергозберігаючих технологічних схем переробки сировини та розробці сучасного технологічного обладнання для консервної галузі харчової промисловості.

**Мета та задачі роботи.** Основною метою роботи є створення енергозберігаючих технологічних комплексів обладнання для переробки фруктів та овочів в консервному виробництві, які дозволяють значно зменшити енерговитрати при виробництві готової продукції. Для досягнення мети роботи вирішувались такі питання:

- обґрунтувати можливість комплексної оцінки технологічного обладнання з енергетичної, ергономічної та матеріальної точки зору єдиним параметром;
- розробити методологію науково-обґрунтованої оцінки ефективності використання обладнання у технологічних схемах виробництва консервів;
- створити методичний матеріал для практичної реалізації розробленого підходу, який дозволяє оцінювати доцільність використання конкретної конструкції технологічного обладнання у конкретній технологічній схемі переробки сировини;
- в системних (взаємопов'язаних) позиціях дослідити технологію виробництва консервованої продукції з фруктів та овочів;
- виявити ієрархію (значущість) енергоспоживаючих процесів та операцій у плодпереробній промисловості;
- виконати комплексне теплоенергетичне дослідження процесу заключної теплової стерилізації консервної продукції—основного технологічного процесу консервування, та обладнання для його здійснення;
- розробити конкретні технічні рішення, які спрямовані на зниження енер-

етичних витрат при виробництві готової продукції з забезпеченням високої якості консервів.

Наукова новина роботи є в тому, що в ній:

- виконано дослідження фруктоовочевого консервного виробництва з енергетичної точки зору. Для оцінки ефективності технологічного обладнання та процесів консервного виробництва використані поняття "ексергія" і "ексергетичний коефіцієнт корисної дії";
- запропановано при порівнянні оцінки стерилізаційного обладнання використовувати поняття "ексергостерилізаційна характеристика апарата";
- на основі системного розгляду фруктоовочепереробного консервного підприємства, як послідовності взаємопов'язаних технологічних процесів, виявлена енергетична ієрархія операцій для виробництва готової продукції. На прикладі найбільш значних видів з асортименту виробляемих у країні плодовоовочевих консервів, знайдено доказ того, що заключна теплова обробка готової продукції (стерилізація консервів в тарі) є найбільш енергомістким технологічним процесом. На основі оцінки цільності та стабільності виробництва консервів з фруктів та овочів визначено його відповідність слабоорганізованої сумативної системи. Отримані числені значення стабільності кожної із складових систему частин та доведена пріоритетність оптимізації по енергоспоживанню процесу стерилізації продуктів в тарі при реалізації енергозберігаючих технологічних схем;
- розроблена класифікація стерилізаційного і пастеризаційного обладнання різних типів, яка дозволяє обобщити існуючі конструкції та визначити напрямки конструювання нового обладнання;
- розроблені взаємопов'язані методи моделювання та аналітичного розрахунку процесів стерилізації та пастеризації консервованої продукції. На базі цих методів виконані вивчення та розрахунок теплофізичних та енергетичних особливостей процесу стерилізації, та також виявлена ефективність

використання реалізуючого обладнання у конкретних технологічних схемах фруктоовочепереробної промисловості при проектуванні та експлуатації;  
 -визначені процесні характеристики стерилізаційного та пастеризаційного обладнання різних видів та типів;

-встановлена суттєва залежність між умовами протікання процесу та полем стерилізуючого ефекту як у вертикальних, так і у горизонтальних конструкціях. Отримана залежність ефективності процесу теплової обробки продукту в тарі від різноманітних факторів (швидкості зміни температури середовища, температурного рівня процесу, температури фасування продукту, частоти ротації, консистенції продукту та ін.). Запропоновані методики розрахунку ефективності ротаційної стерилізації та зміни температурного поля у конвективно- та кондуктивнопрогріваємої продукції;

-розроблені нові схеми, технічні рішення (захищені авторськими свідоцтвами) та технологічні режими стерилізації і пастеризації, які забезпечують суттєве підвищення техно-економічних характеристик фруктоовочепереробних консервних підприємств.

Захищаються слідуєчі основні наукові положення, отримані особисто автором:

1. Виробництво фруктоовочевих консервів широкого асортименту описується системою, ядром якої, з точки зору енергоспоживання, є заключна теплова обробка продукції у тарі;

2. Техно-економічна ефективність технологічного обладнання повинна оцінюватися з енергетичної точки зору, зокрема для оцінки стерилізаційного обладнання необхідно користуватися енергостерилізаційною характеристикою апаратів, яка запропонована автором. В цьому випадку найбільш коректно оцінюються усі матеріальні (енергетичні та неенергетичні) струми, які необхідні для функціонування технологічної схеми виробництва продукції.

3. Стерилізаційне обладнання (стерилізатори, пастеризатори, автоклави) є складним з точки зору присутності різноманітних факторів, які впливають на досягнення потрібного кінцевого результату. Ефективність його використання залежить від режиму експлуатації та конструктивних особливостей частин, які складають підсистему "апарат-продукція";

4. Розроблені автором методи розрахунку та моделювання пастеризаторів, стерилізаторів та автоклавів періодичної і безперервної дії різних видів та типів дозволяють отримати дані, які необхідні при проектуванні та експлуатації цих установок. Для можливості виконання модельних розрахунків технології виробництва конвективно- та кондуктивнопрогревамої продукції на ПЕОМ розроблені блок-схеми та програми розрахунків.

Практична цінність роботи містить ся :

-в розробці методики аналізу та оцінки ефективності використання технологічного обладнання консервної промисловості з використанням ексергетичного підходу. Реалізація розробленого підходу до оцінки ефективності використання стерилізаційного обладнання дозволяє економити до 80% первинної енергії в залежності від оброблюваної продукції;

-в здійсненні на цій основі енергетично-раціональних режимів пастеризації та стерилізації широкого асортименту фруктоовочевих консервів;

-в розробці технічних рішень по рекуперації теплової енергії та виключенню впливу випадкових факторів, які спрямовані на підвищення ефективності експлуатації стерилізаційного обладнання, на поліпшення його технологічних, енергетичних та техно-економічних показників;

-в отриманні нових даних про динаміку енергоспоживання, про співвідношення корисно використаної теплоти та повної кількості спожитої енергії, орієнтованості температурного поля та поля летальності в стерилізаційному обладнанні різних видів і типів, які дозволяють створити енергозберігаючі технологічні комплекси;

Економічний ефект від використання розробленої конструкції пастеризатора безперервної дії марки РЗ-КСВ та автоклавної корзини марки РЗ-КСК.5 є, відповідно, 8130 крб. та 90 крб. на 1 туб. готової продукції, а при використанні розроблених режимів стерилізації та пастеризації залежно від виду продукції - становить від 0,3 до 21,19 крб. при виробничтві 1 туб. консервів. Усі значення наведені у масштабі цін 1990 року.

У дисертації вирішена наукова проблема підвищення ефективності використання стерилізаторів та пастеризаторів періодичної і безперервної дії одного з основних видів технологічного обладнання консервної галузі харчової промисловості. Ця проблема має важливе не одногосподарське значення у зв'язку із розробкою та експлуатацією енергозберігаючих технологічних схем переробки сільськогосподарської сировини.

**А п р о б а ц і я р о б о т и .** Результати дисертації докладались та обговорювались на інститутських, республіканських, союзних та міжнародних конференціях, у тому числі на: Всесоюзній науково-технічеській конференції по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищевых продуктов (Махачкала, 1981 р.), Всесоюзній науковій конференції "Проблеми впливання теплової обробки на пищевую ценность продуктов питания" (Харків, 1981 р.), Всесоюзній науково-практичеській конференції в ЛТХП (Ленінград, 1986 р.), Всесоюзній науково-технічеській конференції "Научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе" (Батуми, 1985 р.), Школе-семинаре "Тепломассообменные ресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья" (Москва, 1987 р.), Республіканської науково-технічеської конференції молодих учених и специалистов по ускорению создания и освоения новой техники, технологии и повышения качества готовой продукции пищевой промышленности (Тбілісі, 1987 р.), Республіканської науково-технічеської конференції "Інтерсифікація технологій та удосконалення обладнання переробних галузей АПК" (Київ, 1989 р.), Національної науково-

технічної конференції з міжнародно участю на тема "Нови технології і машини в консервната промисленост" (Болгарія, Пловдив, 1989 р.), IV школі-семінарі "Ексергетичний метод аналізу та його прикладення у технічних та економічних задачах" (ІНТФ АН України, Миколаїв, 1990 р.), Всесоюзної конференції "Научные основы создания энергосберегающей техники и технологий" (Москва, 1990 р.), Республіканської науково-технічної конференції "Розробка та впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій, обладнання та нових видів харчових продуктів у харчову та переробну галузі АПК" (Київ, 1991 р.), The 11-th International congress of chemical engineering (Czech. Republic, Praha, 1993), Російської науково-практичної конференції з міжнародним участю "Проблеми ресурсозберігаючих і природоохранных технологій і обладнання для переробки і хранения сельскохозяйственного сырья" (Краснодар, 1993 р.), Науково-практичної конференції "Інженерні проблеми сільськогосподарського виробництва України" (Київ, 1994 р.).

**П у б л і к а ц і я**. За результатами досліджень надруковано прінт, а також більш ніж 90 статей та тезів доповідей, у тому числі і за кордоном. Отримано 25 авторських свідоцтв на винаходи та патентів.

**О б о я г т а с т р у к т у р а д и с е р т а ц і ї**. Дисертація складається з вступу, дев'яти глав, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Зміст дисертації викладено на 285 сторінках основного машинописного тексту, 100 малюнках та 24 таблицях.

#### З М І С Т Р О Б О Т И

У вступі обґрунтовується актуальність досліджень, які виконані в дисертації. Сформульовані мета роботи та задачі, які потрібно вирішити для її досягнення. Розглянуте сучасне становище з енергоспоживанням у консервної галузі харчової промисловості.

У першій главі "Флодопереробна галузь консервної промисловості як система енергоспоживаючих технологічних процесів" розглянута класифі-

кація та асортимент фруктоовочевих консервів, які виробляються втчизняними підприємствами. Показано, що з урахуванням доли у загальному обсязі виробництва плодоовочевих консервів, найбільш значну частину складають томатні консерви, фруктові соки, нектари, напої та натуральні овочеві консерви. У загальному обсязі виробництва плодоовочевих консервів ці групи становлять більш ніж 56 %. У зв'язку з цим, для здійснення раціональних енергетичних комплексів по переробці плодоовочевої сировини у консервній промисловості, розглянути технологічні схеми виробництва цих консервів.

Зіставлення структури цих схем дозволило представити плодпереробне консервне підприємство як систему взаємопов'язаних технологічних процесів та оцінити з енергетичних позицій їх ієрархію. У зв'язку з тим, що для функціонування технологічного обладнання консервного виробництва необхідні різноманітні енергетичні струми, така оцінка можлива тільки при умові використання узагальненого критерія енергоспоживання. Одним з напрямків реалізації такого підходу може бути використання ексергетичного методу аналізу, який знайшов широке застосування у дослідженнях процесів та обладнання теплосилових та холодильних установок, металургічних та хімічних виробництв. Ексергетичний підхід при дослідженні консервного обладнання дозволяє зіставити різноманітне технологічне обладнання по єдиному параметру - питомому розходу ексергії. Таке узагальнене представлення конкретних конструкцій машин (апаратів, агрегатів) добре поєднується з прийнятим у практиці досліджень системним підходом при розгляді технологічних схем.

Узагальнення відомостей, які наведені у цій главі, дозволило аргументувати пріоритетність досліджень теплоенергетики процесу заключної теплової стерилізації продукту у тарі при здійсненні енергоекономичних технологічних комплексів обладнання для переробки фруктоовочевої сировини у консервній промисловості.

Друга глава "Стерилізаційне та пастеризаційне обладнання консервних підприємств" присвячена розгляданню класифікації обладнання для заключної теплової обробки консервованої продукції. Наведені технічні характеристики апаратів, які найбільш розповсюджені у практиці вітчизняних консервних підприємств. До них відносяться Б6-КАВ, WAA-II, LW-2002, Steriflow, Flavor Ace, Phonix, J. Lagarde, Steristeam, A9-KCT, CP, Steromat, WSA-1, Stock, Ster-rot, Lubeoa-3003, Хунистер, Кукер-кулер, АТ-ФСА, РЗ-КСВ, ТП, РГ, РГ/А. Проте, цих даних, що є, недостатньо для аргументованого вибору найбільш прийнятого у необхідній технологічній схемі конкретної конструкції стерилізаційного обладнання. Викладений матеріал дозволив обґрунтувати необхідність виконання експериментальної роботи, яка присвячена дослідженню динаміки енергоспоживання стерилізаційним (пастеризаційним) обладнанням та його функціонуванню при різних режимах та умовах експлуатації.

У третій главі "Організація, методологія та техніка проведення досліджень" наведені методологічні, технічні та організаційні аспекти виконаних експериментів. При виконанні роботи використовувались як модельні, так і натурні методи досліджень. Для реалізації, наведених у дисертації, задач були розроблені та виготовлені наступні стенди, які облічують усю багатобразність існуючих енергетичних схем стерилізаційного обладнання: стенд для дослідження гідрогазодинаміки при ротаційній стерилізації; стенд для дослідження процесу пастеризації у апаратах занурювального та зрошувального типу з водяним теплоносієм; стенд для дослідження процесу пастеризації повітряним та паровим теплоносієм; установки для моделювання процесу теплової обробки у автоклавах та стерилізаторах безперервної дії.

Натурна частина експериментів виконувалась в умовах діючих підприємств при виробництві реальної консервної продукції. Для вимірювання та фіксування параметрів проведення процесу заключної теплової обробки консервованої продукції використовувались сучасні дослідні комплекси,

зборки апаратури та штатні прилади КіП, які встановлені на стерилізаційному обладнанні. Зокрема, для виконання температурних вимірювань використовувались дослідні комплекси "Елаб" та "Термобіль", а також спеціально розроблена апаратна зборка, яка дозволила дослідити температурне поле автоклаву при проведенні процесу стерилізації без порушення режимних параметрів. Крім того, для оцінки впливу конфігурації перфорації автоклавних корзин на ефективність теплопередачі до оброблюємої продукції та для вивчення температурного поля у робочому просторі апарату були виготовлені спеціальні конструкції автоклавних корзин. Усі наведені у роботі експерименти виконувались за спеціально розробленими методиками, а обробка отриманих результатів виконувалась з використанням ПЕОМ та з застосуванням методів математичної статистики. Дослідження проводились на широкому асортименті консервованих продуктів, який включав до себе продукти, які прогрівалися конвективно, кондуктивно чи змішано. Крім натуральних харчових продуктів у дослідах використовувались модельні розчини, які імітували теплофізичні та гідродинамічні властивості консервованої фруктоовочевої продукції. На основі отриманих експериментальних матеріалів здійснена математична модель та блок-схема розрахунку теплопроникнення при стерилізації конвективно- та кондуктивнопрогриваємої продукції, методика енергетичної оцінки технологічного обладнання. Промислова апробація технічних рішень, режимів стерилізації та пастеризації виконувалась на консервних підприємствах, зокрема, на Одеському експериментальному консервному заводі ім. В.І.Леніна, на Одеському консервному заводі, на Херсонському консервному комбінаті, на Витебському консервному заводі, на Симферопольському консервному заводі ім. I Мая, на Азовському комбінаті дитячого харчування.

Четверта глава "Комплексне теплофізичне та енергетичне дослідження процесу теплової стерилізації консервів в вертикальних автоклавах" прис-

вчена дослідженню найбільш розповсюджених у практиці вітчизняної консервної промисловості стеризаційних апаратів періодичної дії. При енергетичному розгляданні вертикальних автоклавів отримані експериментальні гістограми споживання енергоресурсів у різних варіантах експлуатації. Визначені фактичні значення питомих розкідів енергоносіїв при функціонуванні вертикальних автоклавів у "водяному" та "паровому" режимах. Ці значення складають, відповідно, по насиченій водяній парі - 0,0028 та 0,0032 кг/кг (град.г.); по воді - 0,28 кг/кг (град.г.); по стиснутому повіттю - 0,00299 та 0,0 кг/кг (град.г.). Досліджено вплив різних факторів (технологічних та конструктивних) на ефективність здійснення процесу.

Встановлено, що поза залежності від величини живого січення перфорації царги автоклавних корзин (ця величина у експериментах змінювалась від 5,7% до 24,25%) оцінка однорідності температурного поля може бути відображена як  $\sum_{i=1}^k (t_{i1} - t_{ij})^2$ , де:  $t_{i1}$  - відповідне значення температури у і-тий момент часу згідно трапеціі дального закону;  $t_{ij}$  - відповідне значення температури у і-тий момент часу в j-тій точці. Знайдено, що найбільша нерівномірність температурного поля у робочому просторі вертикального автоклаву спостерігається у період охолодження консерви. Ця нерівномірність температурного поля у більшому ступеню характерна для корзини, яка розташована зверху. Розкід температур у центральній (осевій) частині корзини більше, ніж у периферійній. Температурне поле у циркуляційному зазорі однорідно. Статистично значної різниці між точками, які розташовані на різній височині автоклаву не знайдено. Показання автоклавного термометру адекватно відображають температуру у робочому просторі вертикального автоклаву. Вивчено прогриваємість різних типів харчових продуктів та температурних режимів у вертикальних автоклавах. Експерименти виконувались на наступних консервах: "Сік з моркви та винограду", "Сік з моркви" та

"ікра з кабачків". Режими стерилізації цього асортименту, відповідно, складають:  $\frac{20-25-20}{0}$ ;  $\frac{25-45-25}{0}$ ;  $\frac{20-45-20}{0}$ . Для дослідження теплових режимів робочий простір автоклаву розбивався по висотині та за діаметром на зони. Таке розділення дозволило вивчити поле стерилізуючого ефекту у апаратах. У таблицях 1, 2 та 3 наведені результати досліджень для розглянутих консервів, відповідно.

Таблиця 1

| №  | Тип автоклавної корзини та її положення у автоклаві | $F_{\min}$ | $F_{\max}$ | $F_{\text{ср}}$ | V     | R      |
|--|---|------------|------------|-----------------|-------|--------|
| п/п  |   | ум.хв.     | ум.хв.     | ум.хв.          | %     | ум.хв. |
| <b>1. Конструкція з перфорацією 5%</b>     |   |            |            |                 |       |        |
|  | верхня  | 1,04       | 4,55       | 2,59            | 58,5  | 3,51   |
|  | нижня   | 1,89       | 3,30       | 2,51            | 23,9  | 1,41   |
|  | за автоклавом у цілому                              | -          | -          | 2,55            | 40,1  | -      |
| <b>2. Конструкція з перфорацією 24,25%</b> |   |            |            |                 |       |        |
|  | верхня  | 2,04       | 3,69       | 2,66            | 24,24 | 1,65   |
|  | нижня   | 1,79       | 3,43       | 2,58            | 29,15 | 1,64   |
|  | за автоклавом у цілому                              | -          | -          | 2,62            | 25,75 | -      |

Таблиця 2

| №                                      | Тип автоклавної корзини та її положення у автоклаві | $F_{\min}$ | $F_{\max}$ | $F_{\text{ср}}$ | V     | R      |
|--|---|------------|------------|-----------------|-------|--------|
| п/п                                    |   | ум.хв.     | ум.хв.     | ум.хв.          | %     | ум.хв. |
| <b>1. Конструкція з перфорацією 5%</b> |   |            |            |                 |       |        |
|  | верхня  | 3,69       | 8,50       | 7,05            | 32,10 | 4,82   |
|  | нижня   | 6,95       | 8,05       | 7,44            | 6,82  | 1,10   |
|  | за автоклавом у цілому                              | -          | -          | 7,24            | 21,15 | -      |

| №№ : Тип автоклавної корзини та її | $F_{\min}$ | $F_{\max}$ | $F_{\text{ср}}$ | V | R        |
|------------------------------------|------------|------------|-----------------|---|----------|
| п/п : положення у автоклаві        | :ум.хв.:   | :ум.хв.:   | :ум.хв.:        | % | :ум.хв.: |

## 2. Конструкція з перфорацією 24,25%

|                        |       |       |       |       |      |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| верхня                 | 0,68  | 13,95 | 12,72 | 11,31 | 3,27 |
| нижня                  | 11,20 | 13,10 | 12,20 | 7,72  | 1,90 |
| за автоклавом у цілому | -     | -     | 12,37 | 9,30  | -    |

Таблиця 3

| №№ : Тип автоклавної корзини та її | $F_{\min}$ | $F_{\max}$ | $F_{\text{ср}}$ | V | R        |
|------------------------------------|------------|------------|-----------------|---|----------|
| п/п : положення у автоклаві        | :ум.хв.:   | :ум.хв.:   | :ум.хв.:        | % | :ум.хв.: |

## 1. Конструкція з перфорацією 5%

|                        |      |      |      |       |      |
|------------------------|------|------|------|-------|------|
| верхня                 | 0,46 | 1,92 | 0,68 | 24,78 | 0,50 |
| нижня                  | 0,83 | 1,35 | 1,00 | 23,60 | 0,52 |
| за автоклавом у цілому | -    | -    | 0,84 | 24,41 | -    |

## 2. Конструкція з перфорацією 24,25%

|                        |      |      |      |       |      |
|------------------------|------|------|------|-------|------|
| верхня                 | 0,60 | 1,06 | 0,85 | 25,06 | 0,46 |
| нижня                  | 0,89 | 1,47 | 1,17 | 20,69 | 0,58 |
| за автоклавом у цілому | -    | -    | 1,01 | 22,57 | -    |

Порівняння дисперсії стерилізуючого ефекту довело, що ріст ступеню перфорації царги корзини веде до вирівнювання теплового впливу на обробляму продукцію. Так, для корзини з перфорацією 5% дисперсія стерилізуючого ефекту у області верхньої та нижньої корзин неоднорідні. У той же час, для корзин з розвинутою перфорацією (24,25%) ці величини однорідні. Слід відмітити, що при малих значеннях величини перфорації найбільш небезпечною, з точки зору досягнення мінімального значення стерилізуючого ефекту, є зона

яка розташована у придонній частині верхньої корзини. З ростом ступеню перфорації царги відставання у прогріві банок, які розташовані у цих областях знижується. Також вивчено вплив відхилення терміну нагріву та охолодження від заданої формули для різних низько- та високотемпературних режимів стерилізації консервів. Крім того, вплив відхилення температури стерилізації від заданого значення на досягнений стерилізуючий ефект. Це було необхідно у зв'язку з рішенням проблеми стабілізації циркуляційного зазору, одного з найбільш значущих конструктивних факторів вертикальних автоклавів. На мал.1 наведені результати дослідження впливу циркуляційного зазору на умови нагріву та охолодження консервів. Виконані експерименти показали, що відхилення температури стерилізації у діапазоні  $\pm 3$  град. приводять, залежно від температурного рівню процесу, до зміни величини стерилізуючого ефекту на 9-69% від його номінального значення. Відхилення часу нагріву та охолодження у діапазоні  $\pm 5$  хв. приводить до зміни величини стерилізуючого ефекту на I-III%. Одним з основних технологічних факторів, які впливають на ефективність процесу заключної теплової обробки, є температура стерилізації. Виконані експерименти, результати яких наведені на мал.2 дозволяють відмітити, що залежно від швидкості підймання температури грійного середовища у апараті, змін температурного рівню теплового процесу, наприклад від  $120^{\circ}\text{C}$  до  $135^{\circ}\text{C}$ , зменшує для продуктів різної консистенції, період власне стерилізації на 30-35%.

У п'ятій главі "Комплексне теплофізичне та енергетичне дослідження процесу завершальної теплової стерилізації консервів у горизонтальних автоклавах" з позицій, які аналогічні розглянутим вище, вивчені горизонтальні стерилізаційні апарати періодичної дії. Дослідження проводилися на слідуючому обладнанні: "Steriflow", "J. Lagarde", "Lubeca", "Единість", АЭ-КСТ. Енергетичному розгляданню особливостей цих апаратів були знайдені фактичні значення питомих розходів енергоносіїв при їх функціонуванні. У табл. 4

V017169

ОДАХТ  
Бібліотека

наведені ці величини.

Таблиця 4

Фактичне питоме значення : Конструкція автоклаву  
розходу енергоносія : Steriflow:J.Lagarde:Lubeca:Едність:А9-КСТ

|                                 | з     |       |       |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Насичена водяна пара, 10        |       |       |       |       |       |
| кг/кг (град.г.)                 | 0,126 | 0,108 | 4,69  | 4,69  | 2,15  |
| Вода, кг/кг (град.г.)           | 0,044 | 0,156 | 0,307 | 0,393 | 0,204 |
| Стисне повітря, 10 <sup>5</sup> |       |       |       |       |       |
| кг/кг (град.г.)                 | 2,72  | 41,2  | -     | -     | 9,82  |
| Електроенергія, 10 <sup>5</sup> |       |       |       |       |       |
| кВт/кг (град.г.)                | 2,96  | 21,26 | 5,58  | 28,9  | 8,58  |

Експериментальні дослідження температурного поля у робочому просторі горизонтальних автоклавів показали, що воно повністю однорідне. Цей ефект досягається значною інтенсифікацією процесу теплопередачі. У зв'язку з цим при дослідженні горизонтальних автоклавів особливо вивчалось питання теплопровідності у конвективнопрогріваємих продуктах. На мал.3 наведена динаміка шарової зміни температури консервів "Румяные щечки" у тарі І-58. Основним результатом експериментів є доказ того, що інтенсифікація теплообміну у горизонтальних автоклавах паралелізує вплив низької температури у апараті перед початком циклу стерилізації. Це особливо важливо у апаратах з водяною системою нагріву, так як інтенсифікація теплообміну достатньо швидко відбудовує температуру у прикордонних шарах продукту до відповідних значень. Ілюстрацією цього є наведені на мал.4 прогриваємості консервів "Румяные щечки" у автоклаві "Steriflow" за інтенсифікованим та за звичному (відповідному вертикальним автоклавам) режимам стерилізації. Формули режимів  $\frac{10-40-25}{120\text{ C}}$  та  $\frac{25-30-30}{120\text{ C}}$ . Порівняння отриманих результатів

показує, що при інтенсифікованому режимі забезпечується зниження сумарної тривалості циклу стерилізації на 12% при забезпеченні практично однакового значення летальності теплової обробки продукції. Інтенсифікація теплообміну шляхом механічної дії на обробляему продукцію є широко звичним технологічним прийомом, який реалізується у багатьох конструкціях обладнання. У дисертації на основі модельних та натурних експериментів запропонована математична модель розрахунку оптимальної швидкості ротації тари з продуктом при теплової обробці. На мал.5 наведена блок-схема розрахунку параметрів ротаційної стерилізації консервів за розробленою моделлю. У основу розрахунку покладено рівняння статистики парогазової "бульки" розміра  $d_e$  у продукті:  $\frac{\Delta \rho U d_e^2}{\rho_e} = a(1-k)V\rho^I$ , так як його виконання при частоті ротації  $n$  визначає нижній кордон діапазону зміни цих величин у

в та швидкості  $U$  спливу парогазової "бульки":  $U = \left( \frac{1,306 \sigma \rho_e}{2 \rho m} \right)^{2/3}$ . Порів-

няння результатів розрахунку з експериментом дозволили зробити важливий з точки зору енергозбереження висновок о недоцільності ротації у пасивний період теплообміну. Продовження цього періоду досягає до 58% від загального часу процесу теплової обробки.

Шоста глава "Експериментальне дослідження процесу теплової стерилізації консервів у технологічному обладнанні безперервної дії" присвячена розгляданню проходження процесу заключної теплової обробки продукції у стерилізаторах та пастеризаторах. Основна увага приділялась апаратам, які мають специфічні особливості. Одним з таких апаратів є "Кукер-кулер", у якому банка з продуктом періодично обертається навколо своєї осі. На мал.6 наведені результати досліджень прогріву продуктів у апараті, а у табл.5 - залежність летального ефекту теплового режиму обробки

"Соку томатного" у банці ІЗ від розташування точки виміру температури при різному ступеню заповнення тари продуктом. Аналіз даних та результати розрахунків повністю підтверджують висновки, які отримані у п'ятій главі при виконанні фізичного моделювання механічного впливу на стерилізуєму продукцію, про визначальний вплив гідрогазодинамічних обставин у банці на інтенсифікацію теплових процесів. При великій швидкості rotaції, чи, що аналогічно, практично повністю заповненої продуктом банці, рух парогазових включень практично не чинить перемішувальний ефект, нагрів (охолодження) продукції здійснюється тільки завдяки їх тепловим властивостям.

Таблиця 5

| Ступінь заповнення тари | Летальний ефект теплового режиму $L_{121,1}^{8,5}$ °C.ум.хв. |              |              |
|-------------------------|--|--------------|--------------|
|                         | положення точки виміру температури на вертикальній осі       |              |              |
|                         | 1/2 височини   | 1/3 височини | 1/4 височини |
| 0,922                   | 15,53  | 16,60        | 16,22        |
| 0,956                   | 15,35  | 16,07        | 16,36        |
| 0,979                   | 15,04  | 16,55        | 16,20        |
| 0,990                   | 5,49   | 6,15         | 6,20         |

На наступному етапі досліджень вивчали особливості процесу у пастеризаторах безперервної дії. З рівняння енергетичного балансу апаратів:

$Q_{\Sigma} = \Sigma Q_{\Pi} + \Sigma Q_{\Pi T}$  згідно з тривалими співвідношеннями визначені абсолютні та відносні значення сумарної підведеної до пастеризатора енергії  $Q_{\Sigma}$ , її корисної частини  $Q_{\Pi}$  та втрати енергії  $Q_{\Pi T}$ . На мал.7 наведені енергетичні діаграми апаратів безперервної дії та для порівняння аналогічні діаграми горизонтального і вертикального автоклави. Розрахунки покажуть, що у безперервнодіючих апаратах корисна частина енергії складає біля 70% від сумарної величини підведеної енергії. Той час коли у періо-

лично діячого обладнання ця величина не перевищує 32%. Особливістю проведення процесу теплової обробки продукції у безперервній формі обладнання є нерівномірність споживання енергії по їх довжині. На мал. 8 наведена динаміка споживання теплоти по довжині пастеризатора безперервної дії при обробці консервів "Пюре з яблук" у тарі І-58-250 та відповідне змінення середньоб'ємної температури продукту. Отримані результати дозволяють обґрунтувати конструктивне виконання теплопередаючих поверхень та нагрівальних елементів апаратів.

Сьома глава "Ексергетичний аналіз стерилізаційного обладнання" обґрунтовує доцільність використання для порівняльної оцінки автоклавів, пастеризаторів та стерилізаторів узагальненого критерія - ексергостерилізаційної характеристики апаратів (ЕСХ). З фізичної точки зору, ЕСХ є співвідношення сумарних втрат ексергії при проведенні процесу стерилізації консервів до досягнутого значення стерилізуючого ефекту у теплому апараті при обробці 1 кг. продукції. Розмірність цієї величини - кДж/кг (ум. хв.). Чим менше числене значення ЕСХ у розглядаємому випадку, тим більш ефективно використання апарату у технологічній лінії виробництва продукції з точки зору економії первинної енергії. Комп'ютеризований характер ЕСХ потребує розробки підходів до оцінки як енергетичних витрат на проведення процесу стерилізації (пастеризації), так і технологічних характеристик теплового вилгіву. Під першим можна розуміти втрати ексергії (первинної енергії) на проведення процесу, а під другим - прийнятий у консервної галузі, стерилізуючий ефект теплової обробки продукції. При ексергетичному методі аналізу визначення енергетичної частини ЕСХ не викликає труднощів якщо є питомі значення споживання енергоресурсів при функціонуванні апаратів. Підхід до визначення цих величин викладено у дисертації. Технологічна частина потребує розробки методики розрахунку динамічної зміни температури при теплової обробці кондуктивно- та конвективнопрогріває-

мої консервної продукції на основі рішення кінцево-різницевої форми рівняння теплопровідності:

$$T_{(i,j)}^{(t+\tau)} = T_{(i,j)}^{(t)} + \frac{a \cdot \tau}{r} [ T_{(j,(i-1))}^{(t)} - 2T_{(i,j)}^{(t)} + T_{(j,(i+1))}^{(t)} ] + \frac{a \cdot \tau}{2r \cdot r} [ T_{(j,(i-1))}^{(t)} - T_{(j,(i+1))}^{(t)} ] + \frac{a \cdot \tau}{2} [ T_{(i,(j-1))}^{(t)} + 2T_{(i,j)}^{(t)} + T_{(i,(j+1))}^{(t)} ]$$

Рішення, на відміну від відомих методик, облічує тепловий опір поверхні теплопередачі, тобто  $Bi \neq \infty$ . Розрахунки, які виконані за розробленою програмою на ПЕСМ, показують добру збіжність з експериментом. Для конвективно-прогриваємої продукції при визначенні динаміки зміни температури під час теплової обробки використовувався однаковий підхід, що і для кондуктивно-прогриваємих продуктів. Однак, у цьому випадку, складний процес переносу теплоти замінено еквівалентним процесом теплопровідності, як це робиться при розгляданні теплообміну при вільному руху рідкості у обмеженому просторі. При цьому у розрахункових співвідношеннях використовується еквівалентне значення коефіцієнту теплопровідності, який дорівнює  $\lambda_0 = \epsilon \lambda$  (де:  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності продукту;  $\epsilon = f(GrPr)$  - комплекс теплофізичних властивостей продукту). Величина відхилення між експериментальними та розрахунковими значеннями не перевищує 1,5 град.

Знання динаміки змінення температури консервованих продуктів різної консистенції дозволяє по відомому виразу  $\Gamma = \int_0^{\tau} \frac{I}{t_0 - t} dt$  визначити другу складову критерію ЕСК - досягнене значення стерилізуючого ефекту теплового режиму. На мал.9 наведено результати розрахунку ЕСК різних апаратів при теплової обробці кондуктивно- та конвективно-прогриваємої продукції у скляній тарі різної місткості. Аналіз отриманих даних дозволяє говорити, що розроблений критерій достатньо чітко виконує свою функцію - виявлення ефективності використання конкретної конструкції стеризаційного обладнання у конкретній схемі виробництва консервів.

Якщо виконати зіставлення ЕСХ з традиційним для консервної галузі економічним підходом, то для розглянутого стерилізаційного обладнання можна отримати наступні конкретні результати. Так, при виробництві консервів "Пюре із ялук з цукром" у тарі І-58-250 використання автоклаву Б6-КАВ та Steriflow залежно від рівня цін на енергоносії коштує:

Таблиця 6

| Тип автоклаву | Експлуатаційні витрати, крб/гис.фіз.банок |          |          |
|---------------|---|----------|----------|
|               | 1990 рік                                  | 1992 рік | 1995 рік |
| Б6-КАВ        | 0,67                                      | 30,85    | 9362,44  |
| Steriflow     | 0,59                                      | 31,0     | 7753,58  |

Аналізуючи наведені дані можна відмітити, що кон'юктурний характер цін на енергоносії не дозволяє об'єктивно вибрати найбільш прийнятне технологічне рішення.

Запропонований ексергетехнологічний підхід абстрагується від конкретних рівнів цін на енергоносії і тому його об'єктивність значно вище.

У восьмій главі "Ексергетична характеристика енергомісткого технологічного обладнання консервної промисловості" розвиваються ідеї, які були закладені при розгляданні ефективності використання стерилізаційного обладнання. У технологічній схемі консервного виробництва є ряд енергомістких процесів, які також можуть виконуватися на різному обладнанні і тому, у цих випадках, доцільно використовувати для виявлення найбільш оптимального технологічного рішення узагальненого критерія співвідношення. У загальному вигляді, за аналогією з ЕСХ, цей критерій може бути наведений як:

$$A = \frac{\sum E_3 + \sum VC_3}{\sum T_3}$$

( $\sum E_3, \sum VC_3$  - сумарні енергетичні та допоміжні втрати, які необхідні для нор-

мального функціонування апарату (процесу, операції), який досліджується;  $\Sigma T_{\text{е}}$  - сумарний питомий технологічний ефект, який досягнуто у продукті після проведення процесу (операції), який досліджується, у даному технологічному апараті (машині, агрегаті). Фактично, таке наведення критерію легко трансформується у відоме співвідношення ексергетичного коефіцієнту корисної дії  $\eta_{\text{е}} = \frac{\epsilon_{\text{вих}}}{\epsilon_{\text{вх}}}$  (де  $\epsilon_{\text{вх}}$ ,  $\epsilon_{\text{вих}}$  - ексергії вхідних та вихідних матеріальних

та енергетичних струмів), але дозволяє додатково облічити досягнений корисний технологічний ефект. Докладно цей підхід розглянуто нами у "Методиці проведення аналізу і ексергетическая оцeнка енергоємкого технологического оборудования консервной промышленности", яка розглянута та погоджена у асоціації підприємств плодоовочевих промисловості "Консервплодоовоч" та затверджена генеральним директором ДНВО "Консервпромкомплекс". Цей методичний матеріал є у додатках до тексту дисертації.

Дев'ята глава "Використання результатів досліджень у народному господарстві" присвячена питанням впровадження результатів, наведених у дисертації, досліджень в практику підприємств консервної промисловості. Впровадження здійснено по апаратурним та процесно-технологічним напрямкам.

До апаратурних розробок відносяться пастеризатор безперервної дії марки РЗ-КСВ та автоклавна корзина РЗ-КСК.5 з перфорацією царги більш ніж 25%. У конструкції цього обладнання є елементи, які захищені авторськими свідоцтвами на винахід. У теперішній час, тільки Каховським експериментально-механічним заводом виготовлено більш ніж 25 пастеризаторів та 19000 корзин. Також до апаратурних розробок відносяться сформульовані, у результаті досліджень, вимоги, яким повинен відповідати ідеальний апарат для проведення заключної теплової обробки консервованої продукції. Можливість трансформування сформульованих вимог для будь-якого технологічного обладнання та наведені конкретні технологічні розрахунки дозволяють використовувати за-

пропанований підхід при проектних та конструкторських роботах.

До процесно-технологічних розробок відносяться режими теплової обробки широкого асортименту плодоовочевих консервів у різних типах та розмірах тар... Розроблено більше ніж 50 режимів стерилізації та пастеризації продуктів дитячого, загального харчування та томатних консервів. Режими пройшли усі етапи апробації, затвердження у встановленому порядку та є дійсною нормативною документацією.

У додатках до роботи наведені розрахунки економічної ефективності від використання виконаних у дисертації розробок на підприємствах консервної галузі харчової промисловості.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ефективність використання технологічного обладнання консервної промисловості треба оцінювати поняттями "ексергія" та "ексергетичний коефіцієнт корисної дії". Для стерилізаційного обладнання запропонована ексергостерилізаційна характеристика (ЕСХ), яка враховує енергетичні, технологічні, ергономічні та матеріальні витрати на проведення основного процесу консервного виробництва - заключну теплову обробку продукції. Величина ЕСХ може змінюватись у діапазоні від 0,1 до 1000 та має розмірність  $\text{кДж/кг (ум. хв.)}$ . Мінімальне значення ЕСХ дозволяє у конкретних умовах та випадках вибрати найкращу конструкцію апарату. Для практичних розрахунків ЕСХ кінцево-різницевим методом вирішена задача теплопроникання у конвективно та кондуктивнопротриваємої продукції. При вірному виборі стерилізаційного обладнання залежно від виду оброблюємої продукції можна зекономити до 80% первинної енергії.

2. За основними показниками фруктоовочевого консервного виробництва, як система технологічних процесів та операцій, відноситься до класу слабоорганізованих сумативних систем. Стабільність процесу заключної теплової об-

робки продукції більш ніж у 6 разів нижче стабільності інших складових та вирішально впливає на стабільність усієї технологічної системи. Витрати ексергії на здійснення заключної теплової обробки продукції більш ніж у 50 разів перевищують сумарні витрати на миття, інспекцію та сортування плодовоовочевої сировини, транспортування націвфабрикату та готової продукції.

3. Аналіз конструкцій та теплових схем сучасних стерилізаційних та пастеризаційних апаратів консервного виробництва показав обмеженість існуючих експериментальних та теоретичних розробок, присвячених питанням енергозбереження при проведенні заключної теплової обробки продукції.

4. При комплексному енергетичному та процесному дослідженні вертикальних автоклавів визначено вплив температурного режиму у апараті на рівномірність обробки консервованої продукції. У період нагріву автоклаву зменшення часу приводить до збільшення стерилізуючого ефекту. Ця зміна збільшується з ростом температури середовища у період власне стерилізації. При сталості досягнутого значення стерилізуючого ефекту для продуктів різної консистенції залежно від швидкості під'їму температури середовища у автоклаві під час періоду нагріву, підвищення температурного рівня власне стерилізації від  $120^{\circ}\text{C}$  до  $135^{\circ}\text{C}$  зменшується довготривалість цього періоду на 30-35%.

5. Нерівномірність величини циркуляційного зазору по периметру автоклаву суттєво виявляється у період охолодження консервів. Зафіксовано, що показання штатного термометру (термометричного датчика) апарату відхиляються від дійсної температури середовища і це відхилення нерівномірно за вишиною вертикального автоклаву. При відхиленні у 5 градусів у зоні нижньої корзини автоклаву Б6-КАВ-2 відхилення у зоні верхньої досягає 20 градусів. Конструкція автоклавних корзин повинна відповідати вимогам міцності та технології, важливішими з яких є ступінь перфорації царги корзин (при дослі-

дженнях ця величина змінювалась у діапазоні від 5 до 25%) та стабілізація величини циркуляційного зазору.

6. З використанням сучасних дослідницьких приладів "Елаб" та "Термобіль" виконано комплексне енергетичне, теплофізичне та процесне вивчення горизонтальних автоклавів. Зниження досягнутого значення летального ефекту через низький рівень початкової температури середовища у апараті при різних швидкості подняття температури та виду продукції досягає 30%. Можливо збереження формули стерилізації однакової при зміні початкової температури гріючого середовища у апараті у діапазоні від 35<sup>0</sup>С до 65<sup>0</sup>С. Пошарові вимірювання температури продукту навели, що при швидкому нагріві середовища у автоклаві, вплив початкової температури на величину летального ефекту стає малозначним та не перевищує 7-10%.

7. Запропонована математична модель ротаційної стерилізації консервованої продукції. Виконані за моделлю розрахунки добре погоджуються з отриманими експериментальними даними та результатами досліджень інших авторів. Для інженерної практики розроблена блок-схема та алгоритм, які дозволяють розраховувати оптимальні режими ротації при стерилізації конкретного виду продукції. Економія енергоресурсів при реалізації розрахованих режимів ротації досягає 20%. Встановлена залежність досягнутого значення стерилізуючого ефекту від ступеню заповнення тари продуктом при ротаційній стерилізації. Так, для продукту "Сік томатний" в металевій банці ІЗ залежно від розташування точки вимірювання температури у продуктовому обсязі при зміні ступеню заповнення від 0,979 до 0,990 досягнене значення летальності зменшується, відповідно, на 61,7% та 64,5%.

8. Корисно використовується теплота у стерилізаційному обладнанні безперервної дії використовується нерівномірно під час проведення процесу та за дією апарату. При цьому, для занурвальної системи нагріву у пастеризаторі частина корисно використовуємої теплоти від сумарної енергії складає 70%.

тоді як у випадку зрошувальної системи нагріву ця величина не перевищує 50% (для автоклави в БС-КАВ та Steriflow - 18,5% та 32%, відповідно). Величини енерговтрат від випаровування води у апаратах зрошувального типу більш ніж у 3 рази перевищують аналогічні значення у апаратах зануривального типу.

9. Розроблена, узгоджена та затверджена методика проведення аналізу енергетичного технологічного обладнання консервної промисловості. Сформульовані вимоги, яким повинен відповідати ідеальний технологічний апарат. Відповідні сучасному рівню технічного розвитку автоклави періодичної дії повинні за сумарними показниками, які облічують енергоспоживання, ергономіку та матеріаломісткість, не поступатися конструкціям "J. Lagarde", "Steriflow", А9-КСТ, "Steromat". У той час стерилізаційні апарати безперервної дії повинні за своїми показниками не поступатися конструкціям РЗ-КСВ, РТ-03, ЕК-18, ТП.

10. Створені та впроваджені у практику консервних підприємств пастеризатор безперервної дії марки РЗ-КСВ та автоклавна корзина марки РЗ-КСК.5, яка має ступінь перфорації більш ніж 25% та оснащена фіксаторами величини циркуляційного зазору. Обидві конструкції захищені авторськими свідоцтвами на винаходи. Економічний ефект від використання цих технічних рішень складають: для пастеризатора - 8,13 крб. на 1 туб. готової продукції; для автоклавної корзини - 90 крб. на 1 Муб. готової продукції (у масштабі цін 1989-1990 рр.). Розроблена, впроваджена та захищена авторським свідоцтвом на винахід енергозберігаюча безпротиратна технологія переробки томатів. Реалізація технології, порівняно з традиційною, дозволяє знизити витрати теплової енергії у 1,65 рази, а електричної - у 2,2 рази. Розрахунковий економічний ефект від використання розробленої технології у практиці консервних підприємств складає 1,32 крб. при переробці 1 тн. томатної сировини (у масштабі цін 1990 р.). У творчому співробітництві з

інженерно-технічними фахівцями консервної промисловості здійснені, апробовані та впроваджені на підприємствах більш ніж 50 теплових режимів стерилізації та пастеризації фруктоовочевої продукції у різноманітних конструкціях стерилізаційного та пастеризаційного обладнання. Економічний ефект від використання розроблених режимів залежно від виду продукції змінюється у діапазоні від 0,3 до 21,19 крб. при виробництві 1 туб. готової консервованої продукції (рівень цін 1989-1990 рр.).

Основні опубліковані роботи по темі дисертації:

1. Верхивкер Я.Г. Экспериментальное исследование теплообмена при консервировании фруктов и овощей: Тез. докл. конф. "Респ. конф. по химии и технол. растительного сырья". - Тбилиси, 1977.
2. Верхивкер Я.Г. Исследование пароконтактного способа нагрева плодов при консервировании. // Консерв. и овощесуш. пром-сть. - 1979, № II.
3. Стабилизация циркуляционного зазора в автоклавах АВ. / Ф.И. Коган, Ю.Д. Рейф, М.И. Дудник, Я.Г. Верхивкер // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1981, №3.
4. Анализ конструктивных схем нагрева теплоносителя в пастеризаторах непрерывного действия погружного типа. / Ф.И. Коган, Я.Г. Верхивкер, Е.В. Андреева Тез. докл. Всесоюз. конф. по вопр. теор. и практ. стерилиз. и пастериз. пищ. прод. - Махачкала, 1981.
5. Верхивкер Я.Г. Исследование термостойкости стеклянной консервной тары: Матер. Респ. научн. конф. молод. ученых по актуальн. пробл. пищ. пром-сти. - Тбилиси, 1981.
6. Верхивкер Я.Г. Влияние пароконтактного нагрева плодов на пищевую ценность компотов: Тез. докл. Всесоюз. научн. конф. "Пробл. влиян. тепл. обраб. на пищ. ценность продуктов питания". - Харьков, 1981.
7. Верхивкер Я.Г. Прогрев плодов в среде насыщенного водяного пара. // Пищ. пром-сть. Вып. 29, 1983.
8. Верхивкер Я.Г. Работы по реализации программы комплексной стандартиза-

ции "Консервы плодовоовощные для детского питания". // Экспресс-информация. Стандарт. - 1983, №4.

9. Коган Ф.И., Верхивкер Я.Г. Влияние режимных параметров на экономичность поточных стерилизаторов для консервов детского питания. // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №5.

10. Непрерывная пастеризация консервов "Компот из чернослива" для диетического питания. / Ф.И. Коган, Я.Г. Верхивкер, А.И. Ольшевский, Б.Э. Файнгер // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №5.

11. Верхивкер Я.Г., Герасименко Л.Н. Особенности процесса стерилизации в аппаратах непрерывного действия. // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №8.

12. Расчет режимов непрерывной пастеризации консервов. // Я.Г. Верхивкер, Ф.И. Коган, А.М. Лилько: Инф. лист. Одес. центра науч.-техн. информ. - №122-84.

13. Верхивкер Я.Г., Симиц Т.Н. Непрерывная пастеризация плодовогадных консервов для питания детей. Инф. лист. Одес. центра науч.-техн. информ. - №71-86.

14. Верхивкер Я.Г., Вишневецкий Е.Д., Мордвинова С.А. Применение холода при транспортировании и резервировании томатной массы для производства консервов детского питания: Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. конф. "Интенсиф. произв. и примен. искусств. холода". - Ленинград, 1986.

15. Режимы пастеризации томатных консервов в аппаратах непрерывного действия. / С.А. Мордвинова, Я.Г. Верхивкер, М.В. Белоусова // Пищ. и перераб. пром-сть. - 1986, №10.

16. Интенсифицированные режимы стерилизации. / Ф.И. Коган, Я.Г. Верхивкер, С.А. Мордвинова, М.В. Белоусова, Е.Д. Аксенжк: Тез. докл. Республ. научн.-техн. конф. молод. ученых и спец. по ускор. созд. и соверш. новой техники, технологии и повыш. кач-ва готов. прод. пищ. пром-сти. - Тбилиси, 1987.

17. Режимы тепловой обработки консервов для питания детей "Ньженка". / С.А. Мордвинова, Я.Г. Верхивкер, М.В. Белоусова, Е.Д. Аксенжк, Ф.Т. Макачук:

- Тез. докл. Республ. научн.-техн. конф. молод. ученых и спец. по ускор. созд. и соверш. новой техники, технологии и повыш. кач-ва готов. прод. пищ. пром-сти. - Тбилиси, 1987.
18. Энергосберегающее оборудование для стерилизации консервы в /О.П. Ольшевский, Б.Е. Файнгер, Ф.И. Коган, Я.Г. Верхивкер// Харч. пром-сть., НПЗ Держагропрому УРСР. - 1987, №2 (132).
19. Верхивкер Я.Г., Бабенко М.Д. Уточнена схема горячего розлива томатного сока. // Пищ. пром-сть. - 1988, №6.
20. Верхивкер Я.Г., Огурцов В.В. Производство концентрированного плодового сока: инф. лист. Одес. центра научн.-техн. трансформ. - №132-88.
21. Энергетическая эффективность систем водяного нагрева пастеризаторов непрерывного действия. /Ф.И. Коган, Я.Г. Верхивкер, Е.В. Андреева// Конс. и овошесуш. пром-сть. - 1981, №10.
22. Верхивкер Я.Г., Молдавский Ф.Г., Ахримчук В.И. Использование на пароконтактно загрева при производстве на консервы. // ЦИТИ-ЦНТБ. София - №84-2526.
23. Верхивкер Я.Г., Шуриня И.В. От дистилера до пастеризатора непрерывного действия. // Пищ. пром-сть. - 1990, №2.
24. Верхивкер Я.Г., Иваненко О.Ф. Еще один вид соуса. // АПК: Наука, техника, практика. - 1990, №7.
25. Верхивкер Я.Г. Эффективность технологических процессов. // Пищ. пром-сть. - 1990, №7.
26. Коган Ф.И., Верхивкер Я.Г. Энергосберегающая технология ротационной стерилизации консервов. // Пищ. пром-сть. - 1990, №8.
27. Яблочно-томатные соусы - новые высококачественные продукты питания. /Я.Г. Верхивкер, Ж.О. Табаровская, О.Ф. Иваненко и др.: Информ. лист. Одес. центра научн.-техн. информ. - №198-90.
28. Верхивкер Я.Г. Стерилизационное оборудование консервной промышленности та його енергетичний аналіз. /Препринт. Навч.-метод. кабінет з вищої освіти.

- Київ.-1991.

29. З томатів і яблук./Галкина С.,Верхівкер Я.,Іваненко О.,Бабенко М.// Харч. і перероб.пром-сть.-1991,№1.
30. Стерилизационное оборудование: перспективное,надежное,эффективное./ Ф.И.Коган, Я.Г.Верхівкер, А.П.Ольшевский, Б.Э.Файнгер //Пищ.пром-сть. - 1991,№6.
31. Нови види яблучно-томатних соусів та режимів їх теплової обробки./ І.П.Персіанова, Ж.О.Табаровська, Я.Г.Верхівкер та ін. : Тез.докл.Республ. наук.-техн.конф."Розроб.та впров.високоєфкт.ресурсозаощад.технол.,облад. та нових видів харч..прод. у харч.та перероб.галузі АПК".- Київ,1991.
32. Новые режимы стерилизации консервов детского питания./Б.Л.Флауменбаум, Я.Г.Верхівкер, Л.А.Терлецкая и др.//Пищ.пр-м-сть.-1991,№11.
33. Комбинированное охлаждение консервов в жестяной таре./Ф.И.Коган, М.Н.Полин, Я.Г.Верхівкер // Конс.и овощесуш.пром-сть.-1976,№9.
- 34.Эффективность высокотемпературной обработки фруктовых соков в потоке. /З.А.Марх, Ф.И.Коган, И.П.Персіанова, Я.Г.Верхівкер// Конс. и овощесуш. пром-сть.-1979,№8.
- 35.Верхівкер Я.Г. Энерго-и ресурсосберегающая технология консервного производства.:Тез. докл.ІІ Междунар.конф."Проблемы экологии и ресурсосбер. для сельскохоз.районов и агропром.компл.". Одесса,1992.
- 36.Верхівкер Я.Г. Энергетический анализ стерилизационного оборудования. //Пищ.пром-сть.-1992,№12.
37. Verchivker J.G. The hydrodynamics peculiarities of the process rotation the canned foods by the heating sterilization //Poster of the 11-th International congress of chemical engineering,chemical equipment design and automation.- Praha,1993.
- 38.Верхівкер Я.Г., Федоров Ф.А. Энергетическая оценка совершенства технологических решений в консервной промышленности.: Тез.докл. Российской

научн.-практ. конф. с междунар. учас. "Проб. ресурсосбер. и природоохр. технол. и оборуд. для перераб. и хран. сельскохоз. сырья". - Краснодар, 1993.

39. Верховикер Я.Г., Флауменбаум Б.Л. Обобщенная оценка эффективности стерилизационного оборудования консервной промышленности. / Известия ВУЗов. Пищ. техн. - 1992, №2.

40. Расчет оптимального режима ротации при стерилизации консервируемой продукции. / Верховикер Я.Г., Флауменбаум Б.Л., Терлецкая Л.А., Мущенко Т.А. // Пищ. пром-сть. - 1993, вып. 39.

41. Перспективна технология та обладнання для комплексної переробки томатної сировини.: Тез. доп. та вист. наук.-практ. конф. "Інженерні пробл. сільськогосп. виробн. України". - Київ, 1994.

42. А.с. 627812 (СРСР). Приспособление для фиксации корзины в автоклаве. / Я.Г. Верховикер, Ф.И. Коган, Ю.Д. Рейф. - Оpubл. Б.И. №38, 1978.

43. А.с. 862897 (СРСР). Способ производства концентрированных томатопродуктов. / Я.Г. Верховикер, Э.П. Камнева, К.П. Вахрамова. - Оpubл. Б.И. №34, 1981.

44. А.с. 744298 (СРСР). Способ определения теплофизических свойств материалов. / Я.Г. Верховикер. - Оpubл. Б.И. №24, 1980.

45. А.с. 1118336 (СРСР). Установка для пастеризации пищевых продуктов в таре. / Я.Г. Верховикер, Ф.И. Коган, Б.Д. Кузьмичев и др. - Оpubл. Б.И. №38, 1984.

46. А.с. 1346121 (СРСР). Устройство для пастеризации жидких и пастообразных пищевых продуктов в банках. / Я.Г. Верховикер, Ф.И. Коган, В.С. Вавилин и др. - Оpubл. Б.И. №39, 1987.

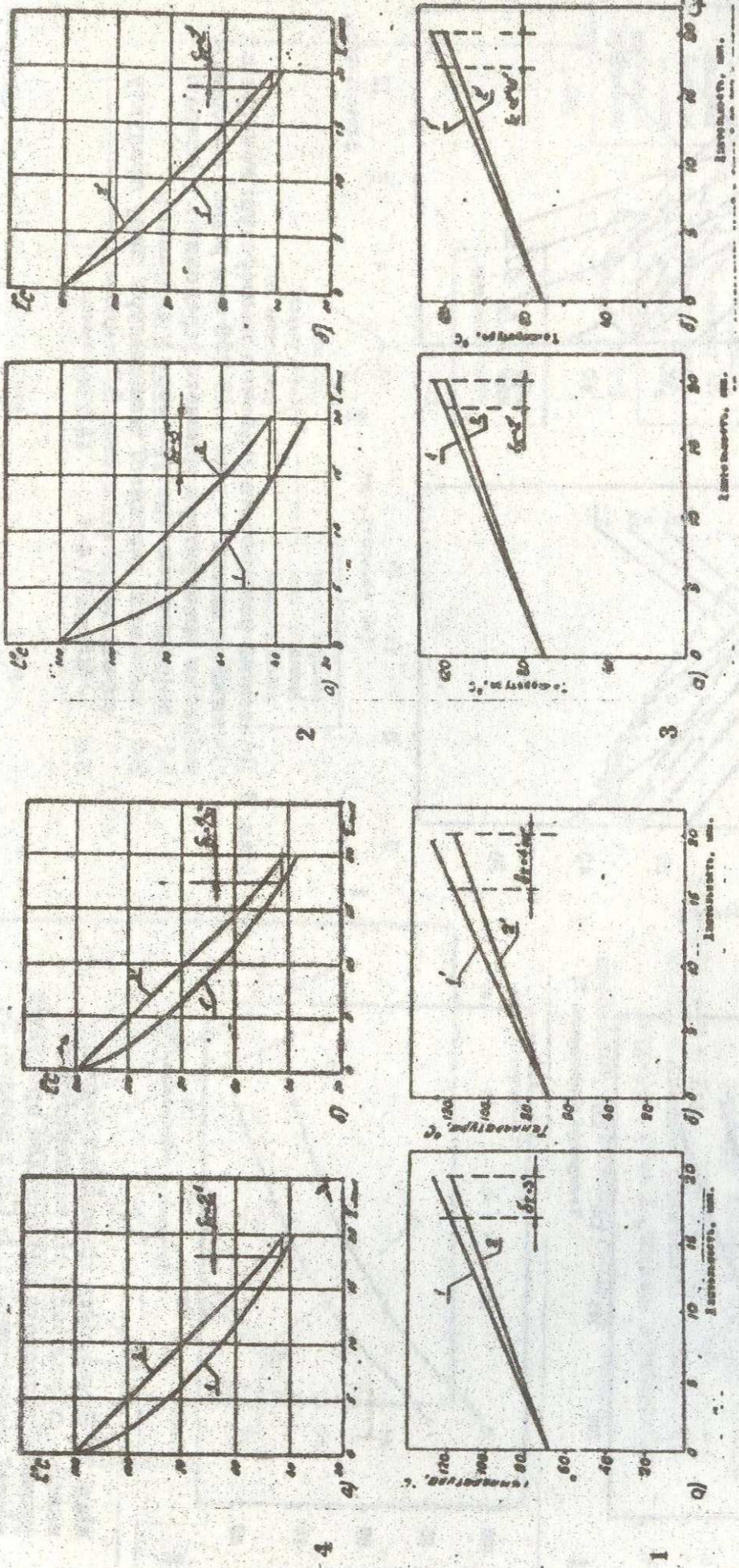
47. А.с. 1407477 (СРСР). Способ производства концентрированных томатопродуктов. / Я.Г. Верховикер, Б.С. Пененков, Г.М. Евстигнеев и др. - Оpubл. Б.И. №25, 1988.

48. А.с. 1556637 (СРСР). Устройство для домашнего консервирования. / Я.Г. Верховикер, Ф.И. Коган. - Оpubл. Б.И. №14, 1990.

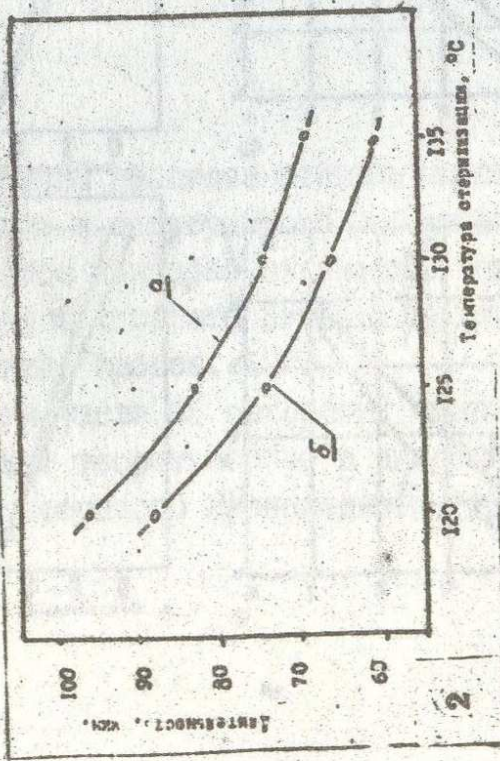
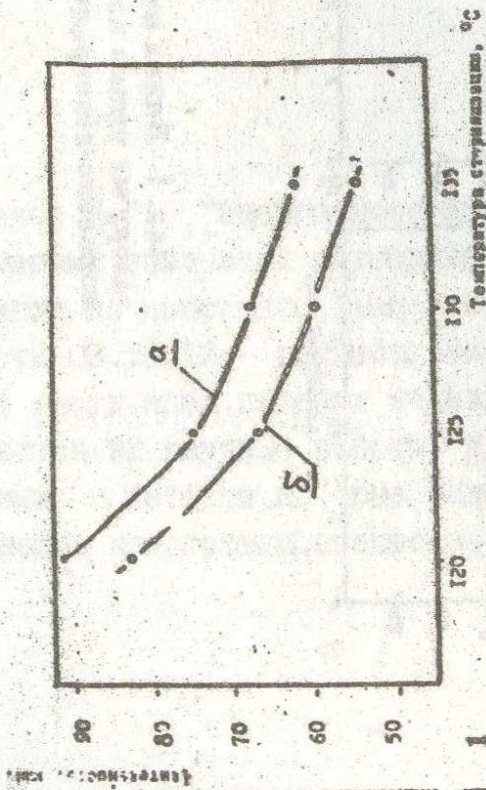
49. А.с. 1413742 (СРСР). Устройство для нагрева плодов и овощей в банках. /Я.Г.Верхивкер, З.И.Канцелидзе, З.М.Тоголишвили и др. - Заявлено 25.08.86. - ДСП.
50. А.с. 1708257 (СРСР). Штучная камера. /Я.Г.Верхивкер, В.В.Абрамович. - Оpubл. Б.И. №4, 1992.
51. А.с. 1729940 (СРСР). Приспособление для фиксации крышки на банке при стерилизации. /Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган. - Оpubл. Б.И. №16, 1992.
52. А.с. 1670818 (СРСР). Устройство для охлаждения /Я.Г.Верхивкер, Э.И.Альтман, С.И.Глезер, Г.А.Черный. - Оpubл. Б.И. №2, 1992.
53. Патент Российской Федерации 1805875. Способ переработки томатного сырья. /Я.Г.Верхивкер, Г.С.Виницкий, В.И.Лернер.
54. Патент Российской Федерации 1814529. Протирочная машина для финиширования дробленого растительного сырья. /Я.Г.Верхивкер, Ю.Д.Пилипенко, Г.М.Грушковская.
55. А.с. 1830681 (СРСР). Установка для производства и асептического хранения концентрированных продуктов. /Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган, В.И.Лернер. - Заявл. 16.01.91, ДСП.
56. Патент Российской Федерации 2017440. Способ тепловой обработки консервов. /Я.Г.Верхивкер, Г.С.Виницкий.

Верхивкер Я.Г. "Энергетические основы процесса стерилизации консервов в современных аппаратах периодического и непрерывного действия"  
 Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 - процессы, машины и агрегаты пищевых производств, Одесская госуд. акад. пищевых технологий, Одесса, 1995.

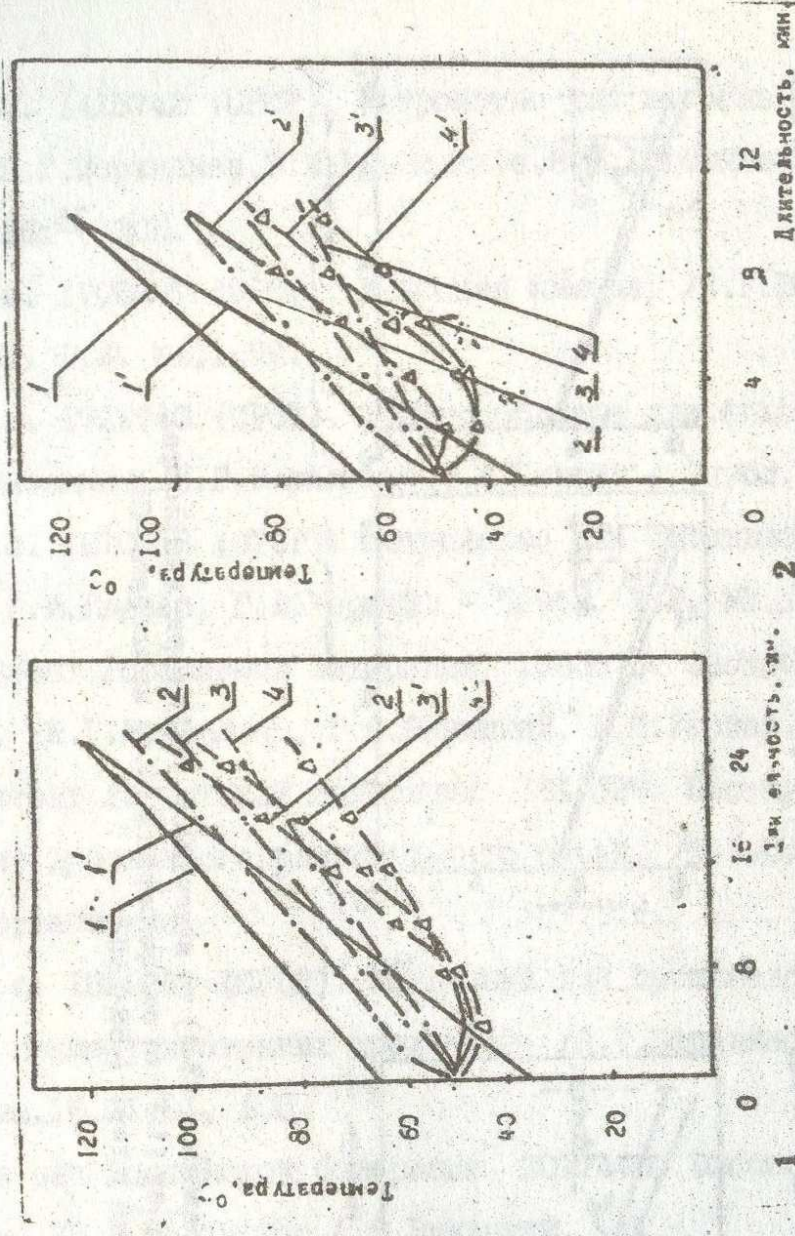
Защищаются 92 научные работы, в том числе 25 авторских свидетельств на изобретения и патенты, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования энергетики процессов консервного производства, уделяя особое



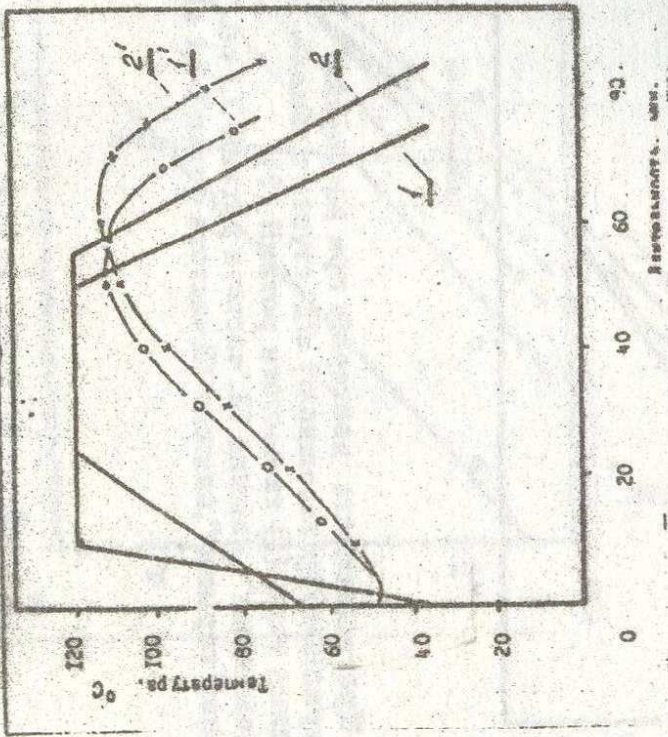
Мал. 1. Вплив належності (3.4) та відсутності (1.2) циркуляційного зазору на умови нагріву (1.3) та охолодження (2.4) консервів - Сік морковно-віноградний у тарі 1-58-250



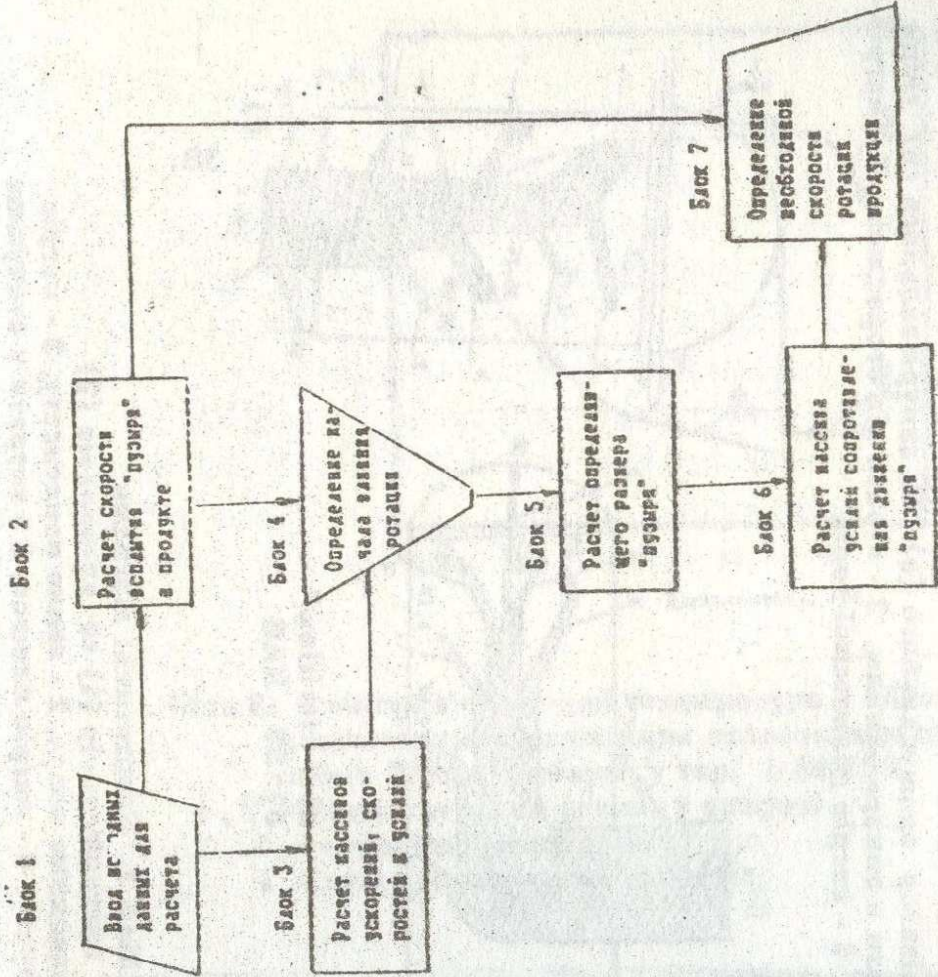
Мал. 2. Залежність тривалістю періоду власної стерилізації від температурного урівню теплового процесу для продуктів різної консистенції: 1- Сік з моркви, 2- Ікра з кабачків. а) - час підняття температури води у автоклаві від 70 С до 120 С 25 хв. б) - 10 хв.



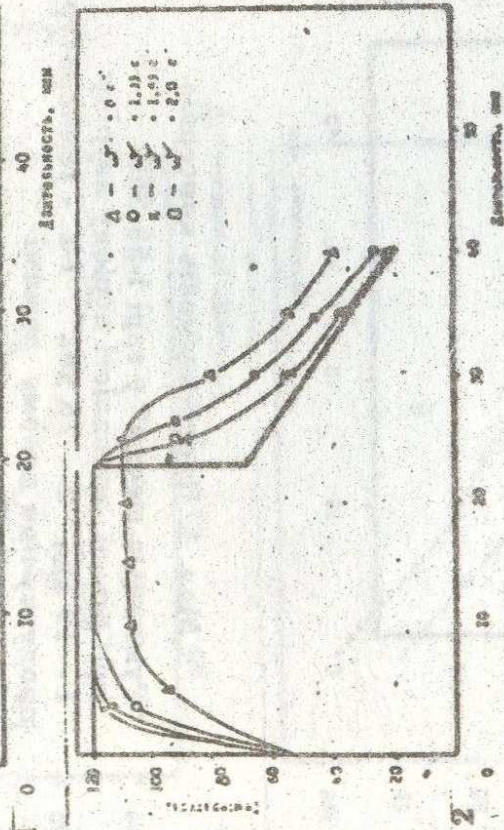
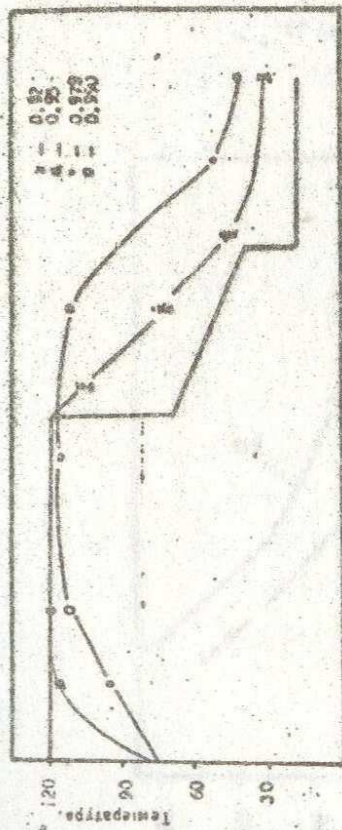
Мал. 3. Динаміка пошарового зміння температури консервів "Румяные щечки" у тарі 1-58-250 при різній швидкості зміння температури гріючого середовища у апараті  
 1-1 зміння температури води у автоклаві.  
 2-2 зміння середньої температури шару продукту на відстанні від стінки 2.7 мм.  
 3-3 - 5.5 мм. 4-4 - 11.0 мм



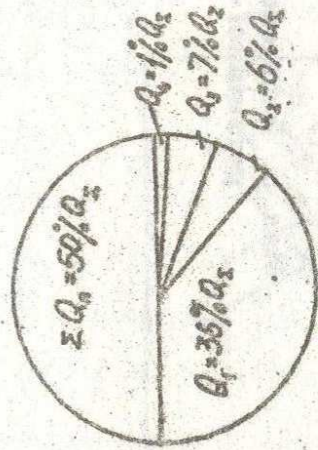
Мал. 4. Прогретьность консервів  
 "Румяные щечки" у тарі 1-58-250  
 при різній тривалості періоду нагріву:  
 1 - 10 хв., 2 - 25 хв., 1-2 - температура  
 продукту при даному режимі



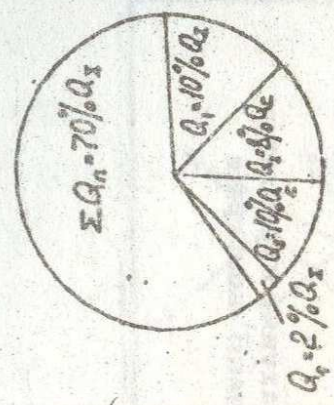
Мал. 5. Блок-схема розрахунку параметрів  
 ротаційної стерилізації консервів



Мал. 6. Прогреваемость консервів при ротаційній стерилізації у залежності від ступеня заповнення тари (1) та частоти ротації (2)  
 1-"Сік томатний", пляшка 13, частота ротації 7,1 об./хв.  
 2-"Зелений горішок", пляшка 13, частота ротації 7,1 об./хв.

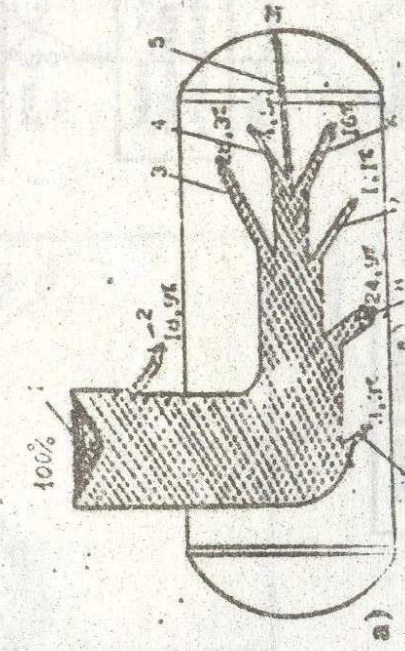


а)

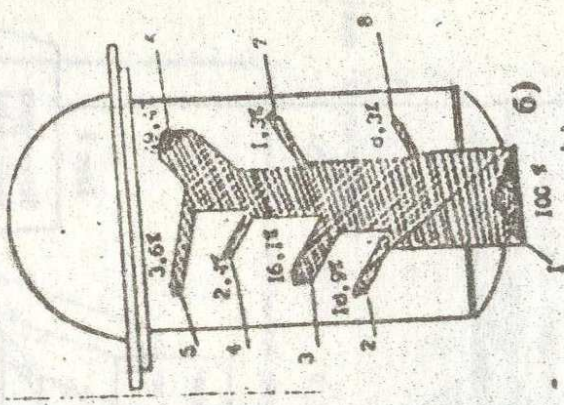


б)

пастеризатор зрошувального (а) та занурювального (б) типів  
 1.- витрати на випарювання, 2 - витрати від ородження, 3 - нагрів  
 носіїв, 4 - нагрів доливасмої води.



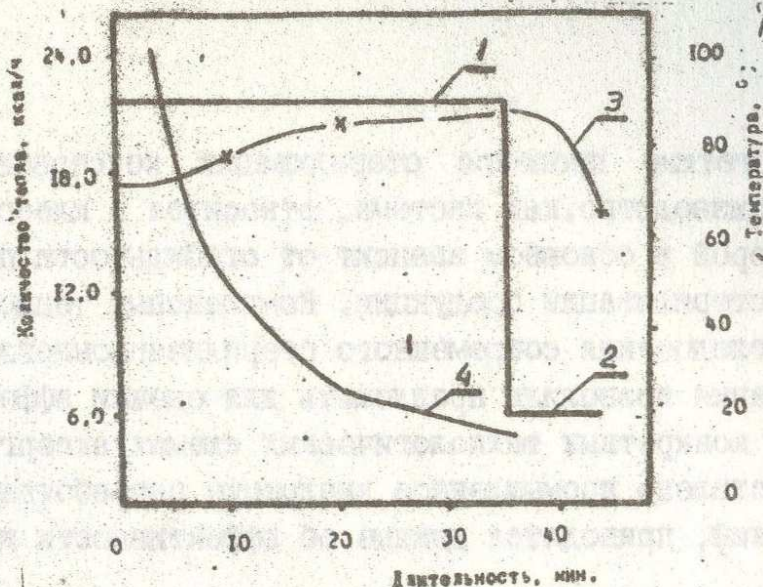
а)



б)

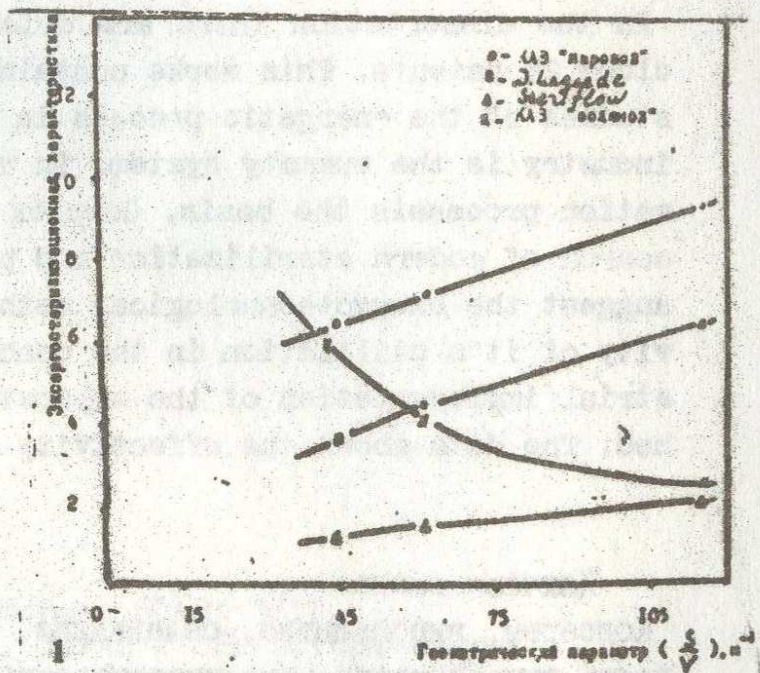
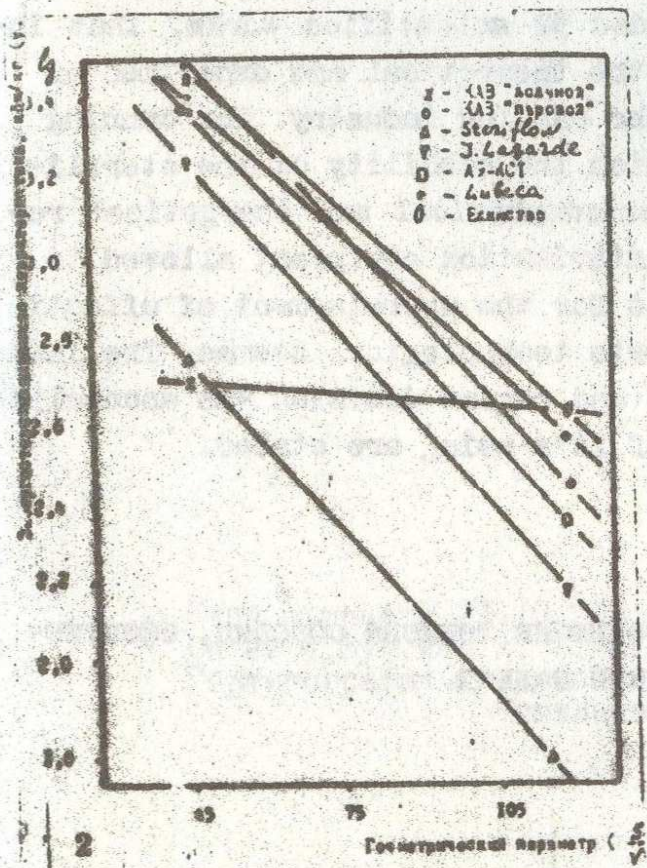
а) "Steriflow"  
 б) BB - KAB

Мал. 7. Енергетичні діаграми пастеризаторів (1) та автоклавів (2) підводниме тепло, 2 - тепло конденсату, 3 - нагрів продукту, 4 - нагрів пляшок, 5 - витрати у оточуюче середовище, 6 - нагрів води, 7 - нагрів корзин, 8 - нагрів автоклаву, 9 - енергія на роботу помпи.



Мал.8. Змінення середньої температури у обсязі продукту та динаміки споживання теплоти при пастеризації консервів "Пюре з яблук" у тарі 1-58-250

- 1, 2 - температурний режим у апараті
- 3 - температура продукту
- 4 - крива споживання теплоти



Мал. 9. Результати розрахунку ексергостерилізаційних характеристик різноманітних апаратів при теплової обробці кондуктивно- (1) та конвективно-прогрівомої (2) продукції

внимание энергетике процесса стерилизации консервов. Установлено, что консервное производство, как система, относится к классу суммативных, стабильность которой в основном зависит от стабильности процесса заключительной тепловой стерилизации продукции. Комплексные теплофизические и энергетические исследования современного стерилизационного и пастеризационного оборудования позволили предложить для оценки эффективности его использования в конкретных технологических схемах эксерготехнологический подход. Осуществлено промышленное внедрение разработанных аппаратурных и режимных решений, приводятся данные об эффективности их применения.

Verdihvker J.G. . . " The Energetic Basis of Sterilization of the Canning Food in Modern Equipments of Periodical and Continuous Operation". The dissertation on competition of the scientific degree of the doctor of technic sciences in the speciality 05.18.12 - processes, machines and aggregates of food manufactures. Odessa State Academy of Food Technology, Odessa, 1995.

In the dissertation there are defended 92 scientific works, that include 25 patents. This works contain the theoretical and experimental studies of the energetic process in the canning industry. The canning industry is the summaty system, in which the stability of the sterilization process is the basis. Complex thermophysical and energetical research of modern sterilization and pasterization equipment allowed to suggest the exergotechnological method for the appraisalment of effectivity of it's utilization in the concrete technological schemes. The industrial implementation of the apparate and regime decision was accomplished. The data about the effectivity of it's using are stated.

**Ключов\* слова:**

Консерви, виробництво, обладнання, заключна тепла обробка, ефективність використання, эксерготехнологічний підхід.