

Міністерство освіти України  
Одеська державна академія харчових технологій

Книш Олексій Ігоревич



УДК 664.045/046.004.18

**Термомеханічний агрегат для обробки  
тонкодисперсних харчових продуктів**

05.18.18  
Спеціальність ~~05.05.09~~ — Машини харчової, мікробіологічної та фар-  
мацевтичної промисловості

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Одеса -1997



00751322 (К)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій

Міністерства освіти України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор

Бурдо Олег Григорович, Одеська державна академія харчових технологій, завідуючий кафедрою "Процеси та апарати"

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Гладушняк Олександр Карпович, Одеська державна академія харчових технологій, завідуючий кафедрою "Технологічне устаткування харчових виробництв";

доктор технічних наук, Верхівкер Яков Григорович, Науково-дослідний інститут консервної промисловості "Консервкомплекс", старший науковий співробітник.

Провідна установа:

Український державний університет харчових технологій Міністерства освіти України, кафедра "Процеси та апарати", м. Київ.

Захист відбудеться "28" листопада 1997 р. о 13<sup>45</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.16.01 при Одеській державній академії харчових технологій за адресою: 270039, м.Одеса, вул.Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської державної академії харчових технологій, м. Одеса, вул.Канатна, 112.

Автореферат разісланий "24" жовтня 1997 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
д.т.н., професор

Капрельянц Л.В.

## Загальна характеристика роботи

**Актуальність теми.** Існує категорія харчових продуктів (тонкодисперсні в'язучі матеріали), термічна обробка яких ускладнена рядом обставин, серед яких слід виділити:

- складну апаратурно-технічну реалізацію;
- високі енергетичні показники.

Інтенсифікація процесів термообробки ньютонівських середовищ відбувається відомими методами, недоцільними для тонкодисперсних в'язучих матеріалів. Очевидно, що перевагою для зазначених середовищ користуються ті методи, в основу яких покладено перемішування. Перемішування поєднує в собі два основоположних принципи інтенсифікації:

- відновлення контакту фаз;
- руйнування теплового та дифузійного приграничних шарів.

Однак теплопідвід в апаратурі з інтенсифікацією перемішуванням традиційно організований за проточною схемою, що викликає труднощі як технічного характеру (ущільнення), так і енергетичного (втрати тепла при конденсації пари в неробочих зонах апарату). Отже, вирішенням зазначених проблем є застосування двофазних автономних теплопередаючих модулів (теплові труби і термосифони), за допомогою яких можливо комплексний механічний та енергетичний вплив на продукт, тобто актуальним є створення термомеханічних агрегатів, в яких теплопередача поверхня здійснює водночас транспортування перемішування продукта та інш.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає основному напрямку кафедри «Процесів та апаратів» ОДАХТ: «Вдосконалення процесів та апаратів». Основні результати роботи використані у госпрозрахунковій темі № 2/96 «Ресурсоенергозбереження на харчоконцентратному підприємстві».

### Мета і задачі дослідження:

Метою дисертаційної роботи є розробка обладнання для термообробки харчових тонкодисперсних в'язучих матеріалів. Задачею є скласти універсальну математичну модель термообробки дисперсного матеріалу в РКС; створити лабораторну установку для досліджень тепломасообміну в

РКС; розробити методику інженерного розрахунку РКС; виготовити та випробувати дослідний зразок РКС установки.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає в:**

математичній моделі, яка враховує сполученно протікаючі процеси тепломасопереносу і механіки руху шару дисперсного матеріалу; моделі деформації поверхневого шару, яка враховує частоту оберту термосифона, кут його нахилу і технологічні параметри процесу; методиці досліджень процесів тепломасообміну в установках з термосифоном, що обертається; залежностях впливу конструктивних і режимних параметрів на інтенсивність тепломасопереносу; енергетичних характеристиках апарату залежно від режиму роботи; співвідношеннях в критеріальній формі для розрахунку гідромеханічних, теплових і масопереносних процесів.

**Практичне значення одержаних результатів:**

доведена ефективність нового принципу енергопідводу в апаратах неньютонівських рідин та дисперсних матеріалів; розроблена інженерна методика розрахунку апаратів з термосифоном, що обертається; створено конструкцію установки для термообробки продукту з термосифоном, що обертається.

**Особистий внесок здобувача**

Особистий внесок здобувача полягає в розробці принципово нового енергопідвіда в роторно-контактних системах, в яких використовуються термосифон, що обертається.

**Апробація результатів дисертації:**

основні результати досліджень доповідались на: Національній науково-практичній конференції “Хлібопродукти-97”; Міжнародній конференції 10th IHPC, Штуттгарт, Німеччина, вересень, 1997; Міжнародній конференції JSWS’95, Білорусь, Мінськ, вересень 1995; Всеукраїнській науково-технічній конференції “Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість”, Київ, жовтень, 1995; Міжнародній конференції “Науково-технічний прогрес в харчовій промисловості”, Білорусь, Могильов, листопад 1995; щорічних науково-технічних конференціях ОДАХТ, Одеса, 1995-1997 р.р.

Публікації за темою дисертації є 11 наукових публікацій, в тому числі 2 публікації в збірниках наукових праць, 3 доклада та 5 тез в матеріалах конференцій, а також 1 патент України.

### **Структура та обсяг роботи.**

Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновку, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг становить 134 с. машинописного тексту, 62 рисунків, 11 таблиць, 5 додатків, що займають 22 сторінки.

Список використаних джерел становить 134 наймувань.

### **Основний зміст роботи**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи. Сформульовано мету та завдання, викладено основні теоретичні та експериментальні результати, що мають бути винесені до захисту, позначена їх наукова новизна та практична цінність.

**Перший розділ** включає аналіз сучасних методів термообробки харчових продуктів. Зокрема, основна увага приділена найбільш енергоємкому сушильному та варильному устаткуванню.

Розглянута номенклатура сировини (крупя, овочі, молоко тощо), яка піддається термічному впливу в робочих зонах сушильно-варильного устаткування. Наводиться коротка енергетична характеристика сушильно-варильного устаткування, яке функціонує на консервному та харчоконцентратному виробництвах, в молочній, цукровій та крохмально-солодовій промисловості, аналізуються можливі методи знижки енерговитрат.

Паралельно аналізується досвід використання різноманітних методів інтенсифікації теплопідводу як пасивного, так і активного характеру в сушильному устаткуванні (СВЧ-нагрів + конвективний теплообмін, наприклад). Велику увагу приділено розгляду комплексних методів інтенсифікації процесів теплопідводу в тонкодисперсних середовищах.

Перемішування визначено як визначальний інтенсифікуючий фактор процесів тепломасообміну. На основі патентної інформації розглянуті конструкції установок, що забезпечують теплопідвід до в'язких

дрібнодисперсних матеріалів з використанням перемішування (роторні агрегати електроконтактного та конвективного типу).

У главі приділено особливу увагу вивченню ідеї, принципу роботи, функціональних можливостей автономних двохфазних передаючих систем (теплових труб та термосифонів). Висловлено припущення про пріоритетність використання обертових термосифонів для інтенсифікації процесів.

Як підсумок, сформульована концепція енергозберігаючого способу термообробки тонкодисперсних харчових продуктів в роторно-контактних системах (РКС) з автономними двохфазними термосифонами. Розроблено технічну пропозицію РКС для сушіння дрібнодисперсного продукту. Спосіб термообробки харчових продуктів захищений Патентом України.

Другий розділ присвячений опису математичної моделі одного із найскладніших видів термообробки продукту - сушінню. Специфіка обробки харчових продуктів в роторних машинах відрізняється необхідністю обліку їх реологічних властивостей.

Всі харчові продукти за своїми реологічними характеристиками займають проміжну позицію між ньютонівською рідиною та гуковським твердим тілом, адже більшість матеріалів є не чисто пружними, не чисто в'язкими. Для таких дисперсних середовищ як яблучне пюре, соуси, крупи тощо при побудові математичної моделі термообробки можна обмежитися врахуванням тільки узагальненого коефіцієнту в'язкості  $\mu_{ef}$ . Це досягається включенням в систему спряженого масопереносу реологічного рівняння (1), яке відбиває пропорціональність девіатора тензора напруг тензору швидкості:

$$\|\sigma_{ij}\| = P \cdot \|E\| + \mu_{ef} \quad (1)$$

де  $\|\sigma_{ji}\|$  - девіатор напруг;

$\left\| \frac{\partial v_i}{\partial \gamma_i} \right\|$  - тензор швидкостей деформації;

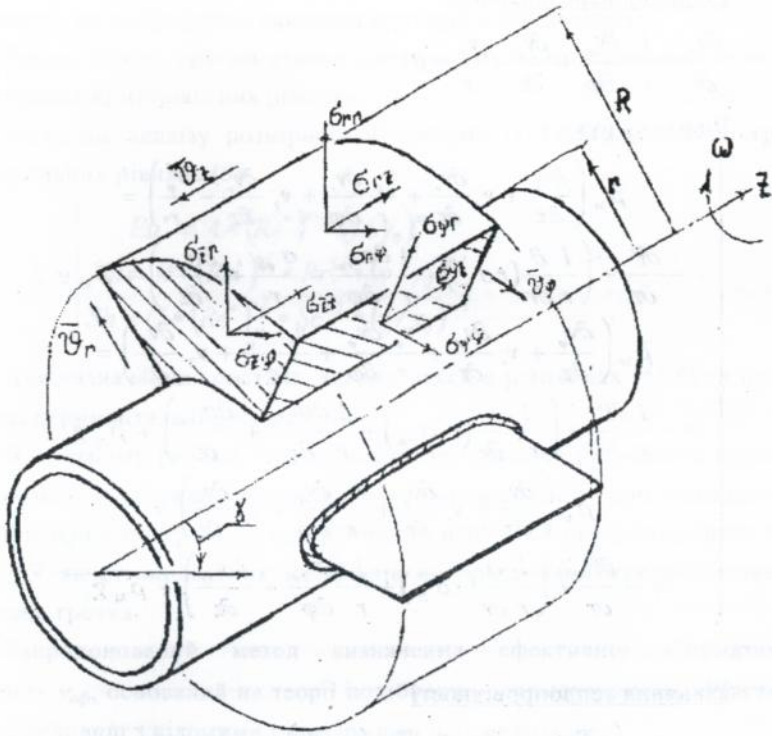


Рис.1 Об'єм ометання

$\|E\|$  - одинична матриця;

$P$  - тиск шарового тензора.

При побудові теоретичних моделей спряженого тепломасопереносу рівняння (1) використовується для замикання системи рівнянь нерозривності та збереження імпульсу, енергії для елементарного об'єму ометання (Рис. 1)

Стосовно сушарок з РКС такі рівняння записані в циліндричних координатах.

Рівняння нерозривності

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{v_r}{r} = 0 \quad (2)$$

Рівняння руху

$$\left\{ \begin{aligned} & \bar{\rho}_M \left( \frac{\partial v_r}{\partial \tau} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_\varphi^2}{r} \right) = \\ & = - \frac{\partial P}{\partial z} + \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \sigma_{rr}) + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{r\varphi}}{\partial \varphi} - \frac{\sigma_{\varphi\varphi}}{r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial z} \right) + \bar{\rho}_M g_r; \\ & \bar{\rho}_M \left( \frac{\partial v_\varphi}{\partial \tau} + v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r \cdot v_\varphi}{r} + v_z \frac{\partial v_\varphi}{\partial z} \right) = \\ & = - \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + \left( \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sigma_{r\varphi}) + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \sigma_{\varphi z}}{\partial z} \right) + \bar{\rho}_M g_\varphi; \\ & \bar{\rho}_M \left( \frac{\partial v_z}{\partial \tau} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = \\ & = - \frac{\partial P}{\partial z} + \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \sigma_{rz}) + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{z\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \right) + \bar{\rho}_M g_z \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Рівняння теплопровідності

$$\begin{aligned} & - \bar{\rho}_M \left( \frac{\partial T}{\partial \tau} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \\ & = \lambda_3 \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Граничні умови в системі (1-4) відбиває рівність нулю нормальних швидкостей на стінках апарату і сталість витрат матеріалу через поперечний переріз для рівнянь руху; рівняння тепловіддачі на поверхні стінок апарату для рівняння теплопровідності. Збудована математична модель вміщує аналітичні зв'язки фізичних, конструктивних параметрів процесу сушіння в роторній машині. Однак математичне уявлення цих зв'язків одержати складно через неможливість аналітичного вирішення системи (1-4). Тому модель (1-4) з граничними умовами використовується тільки для визначення повного переліку використаних фізичних величин для складання критеріальних рівнянь. Такий підхід для моделі (1-4) є

найбільш раціональним так як аналітичні труднощі рішення системи не впливають на вибір форми уявлення критеріальних рівнянь.

Таким чином, другим етапом математичного моделювання було обґрунтування критеріальних рівнянь.

Методом аналізу розмірностей система (1-4) зводиться до трьох критеріальних рівнянь (5):

$$\begin{cases} Eu^* = A * (Re^*)^m * (\gamma/\gamma_0)^m \\ Nu = B * (Re^*)^{n1} * Pr^{k1} * (\gamma/\gamma_0)^{m1} \\ Sh = C * (Re^*)^{n2} * Sc^{k2} * (\gamma/\gamma_0)^{m2} \end{cases} \quad (5)$$

Для визначення констант, які містяться в рівняннях (5) були проведені експериментальні дослідження.

В третьому розділі представлені методика та результати експериментальних досліджень спряженого тепломасообміну при контактному впливі гріючої поверхні на приграничний шар вологого дисперсного продукту. У якості модельних матеріалів використовани кавовий шлам та дроблена гречка.

Запропонований метод визначення ефективної кінематичної в'язкості  $\nu_{ef}$ , оснований на теорії подібності гідромеханічних характеристик середовищ з відомими і невідомими параметрами.

В системі (рис.2) "термосифон-дисперсний модельний продукт" визначений коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$  гріючої поверхні конденсатора обертового термосифона при різноманітних режимах роботи (РКС).

При дослідженні масообміну в системі "дисперсний модельний продукт-повітря оточуючого середовища" за рушійну силу масовіддачі при випаровуванні вологи в повітря прийнята різниця вологовмісту парогазової плівки в граничному шарі і оточуючого середовища.

Принципова електрична схема експериментального стенду для досліджень гідромеханічних параметрів вологого дисперсного продукту дозволяє регулювати частоту обертання робочого органу в межах 0...8,33 об/с. В експериментальному стенді (рис.2, 3) для дослідження кінетики та енергетики сушіння дисперсного продукту передбачено зміну темпера-

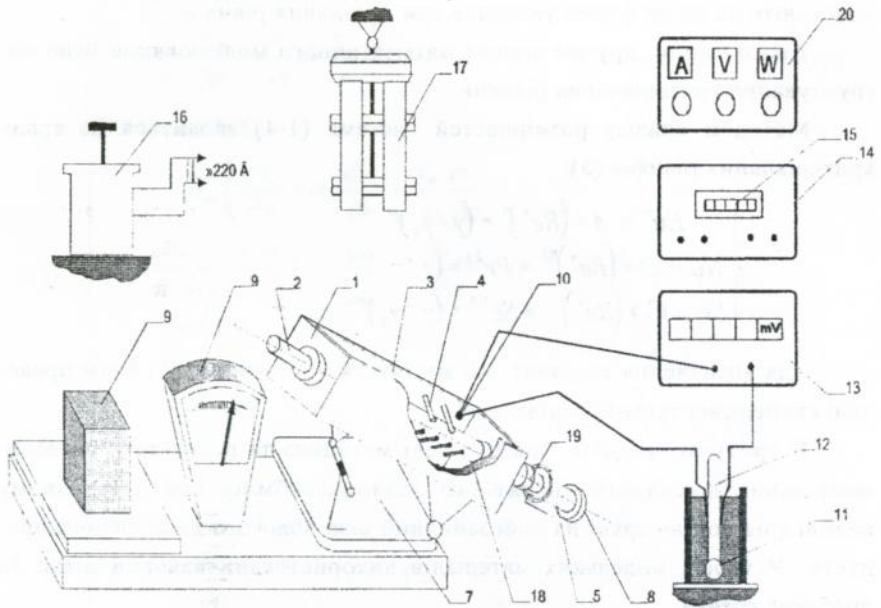


Рис.2. Експериментальний стенд

1- корпус; 2- привід; 3- сушильна камера; 4- конденсатор термосифона; 5- випарник термосифона; 6- пристрій фіксації кута вистояю сушильної камери; 7- станина; 8- мановакууметр; 9- противага; 10-11- термопара; 12- прецизійний термометр; 13- мілівольтметр постійного струму; 14- блок управління РКС; 15- лічильник обертів; 16- ЛАТР; 17- психрометр; 18- термоізоляція; 19- струмозмiнач; 20- вимiрювальний комплекс К-50.

тури поверхні конденсатора термосифона та кута його орієнтації відносно горизонту.

Параметри повітря оточуючого середовища фіксувалися при допомозі психрометра, а вимірювання вологовмісту висушованого матеріалу проводилось як інтегрально, так і за стандартною методикою. Температура продукту визначалася за допомогою “мідь-константової” термопари та мілівольтметра постійного струму.

На основі проведених вимірів побудовані графіки і складені таблиці залежностей:

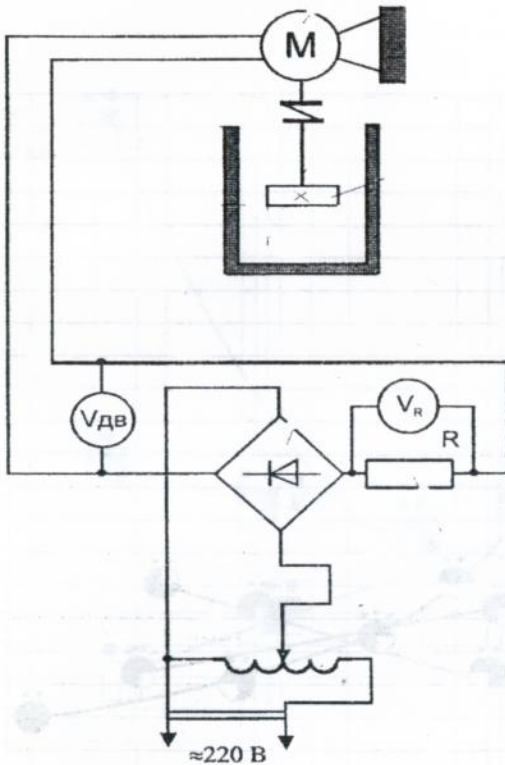


Рис.3. Електрична схема стенду

- гідромеханічних параметрів від вологості дисперсного продукту та кута нахилу ротора;

- коефіцієнтів тепло- і масовіддачі  $\alpha$ ,  $\beta$  і вологовмісту  $U$  від частоти обертання  $n$ , температури поверхні  $t_k$  і кута нахилу термосифона для кавового шламу та дрібнодробленої гречки;

- особлива увага приділена дослідженню енергетики контактного сушіння в РКС. В результаті одержані частинні залежності енергомісткості  $e$  від частоти оберту  $n$ , температури поверхні  $t_k$  та кута  $\gamma$  нахилу вісі ротора (рис.4,5). Умовні позначки зазначені в таблиці 1.

Узагальнення результатів експериментальних досліджень одержано на основі системи (5) після визначення вмішених у цій системі параметрів, показників степенів та коефіцієнтів. Алгоритми розрахунків реалізовано на ПЕОМ.

Отже, одержана система критеріальних рівнянь, що описує три групи спряжено протікаючих процесів.

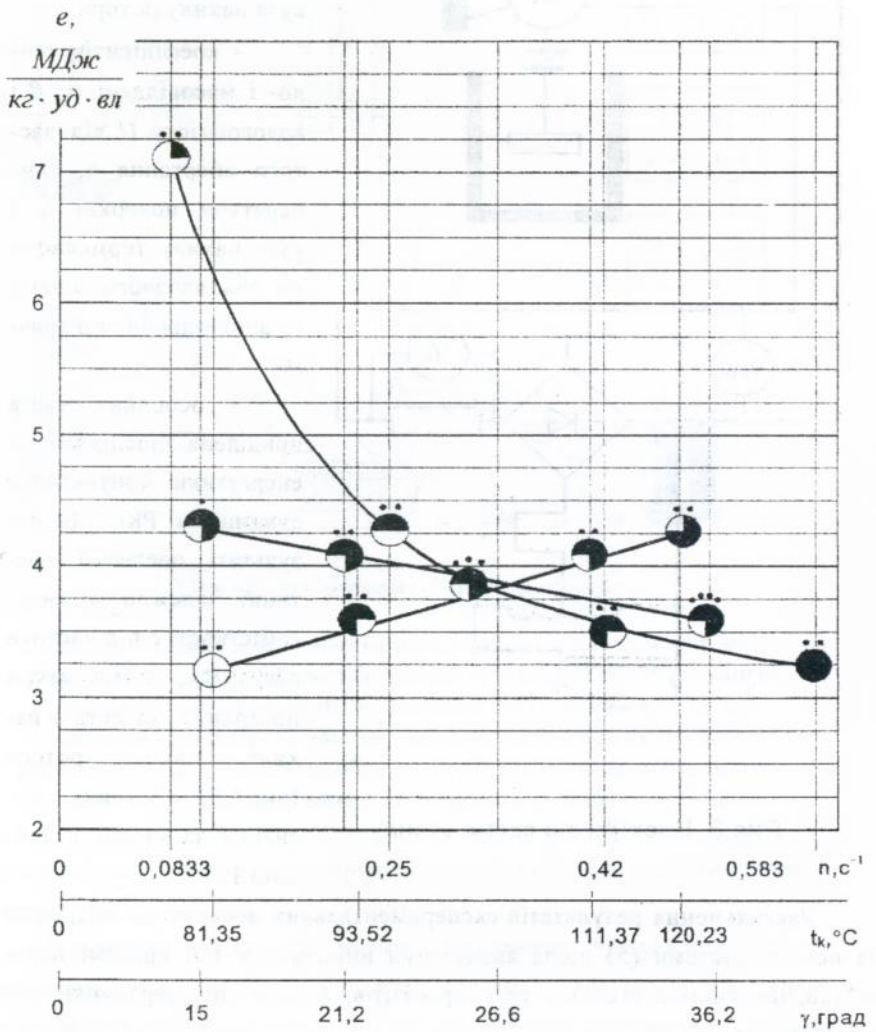


Рис.4 Энергограма

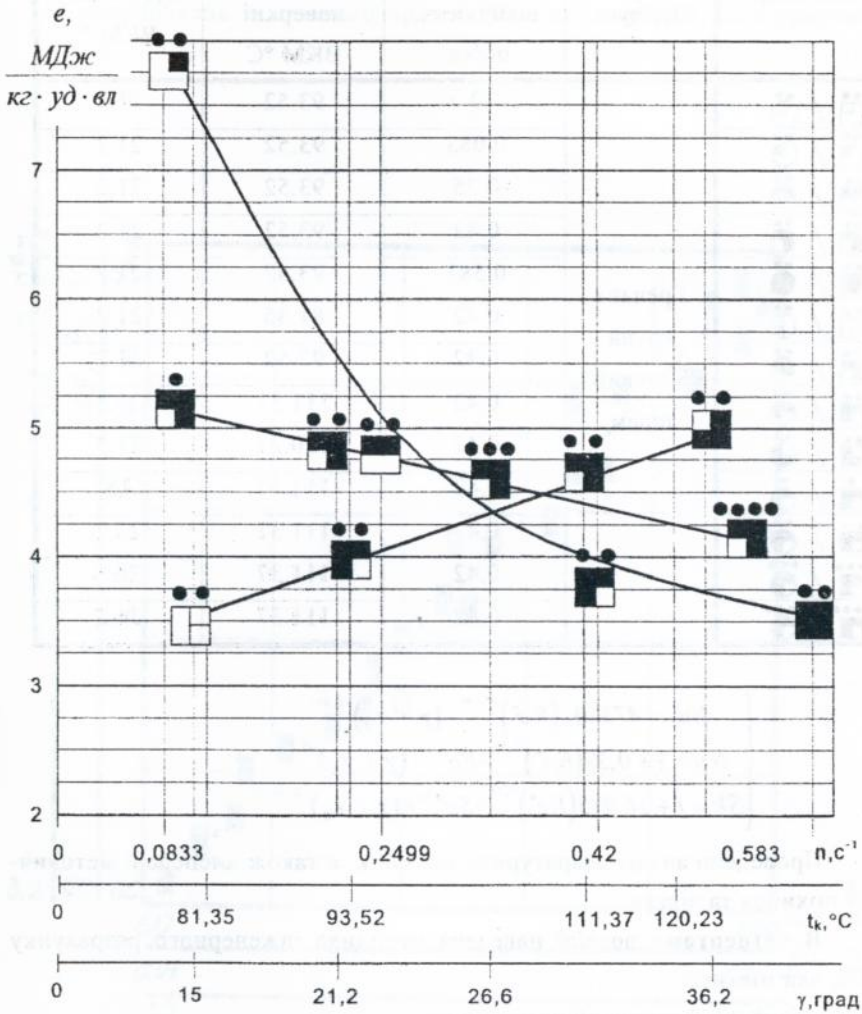













Рис.5. Энергограма

Таблиця 1 Умовні позначки

Позначення	Режими процесу сушіння			
	Продукт	Кутова швидкість, об/хв.	Температура поверхні ВКМ °С	Кут нахилу ВКМ °
 / 	Гречана крупа Кавовий шлам	0	93.52	21.2
 / 		0.083	93.52	21.2
 / 		0.25	93.52	21.2
 / 		0.42	93.52	21.2
 / 		0.583	93.52	21.2
 / 		0.42	81.35	21.2
 / 		0.42	93.52	21.2
 / 		0.42	111.37	21.2
 / 		0.42	120.23	21.2
 / 		0.42	111.37	15
 / 		0.42	111.37	21.2
 / 		0.42	111.37	26.6
 / 		0.42	111.37	36.2

$$\begin{cases} Eu^* = 47560 \cdot (Re^*)^{-1,806} \cdot (\gamma / \gamma_0)^{-0,054} \\ Nu = 1 + 0,29(Re^*)^{0,59} \cdot Pr^{0,33} \cdot (\gamma / \gamma_0)^{-0,1} \\ Sh = 1 + 16,045(Re^*)^{0,49} * Sc^{0,33} * (\gamma / \gamma_0)^{-0,19} \end{cases}$$

Проведено аналіз апаратурних похибок, а також дисперсій методичних похибок та відгук.

В четвертому розділі наведена методика інженерного розрахунку РКС, яка містить:

- попередній тепловий розрахунок;
- визначення конструктивних розмірів промислових РКС на основі критеріїв геометричної подібності та Держстандартів;
- Перевірний розрахунок РКС.

Методика розрахунків реалізована в алгоритмах та програмах на ПЕОМ, які є в додатках до роботи.

Проведений комп'ютерний експеримент, а також одержані результати випробувань дослідного зразка РКС, які знайшли відображення на рис. 6.

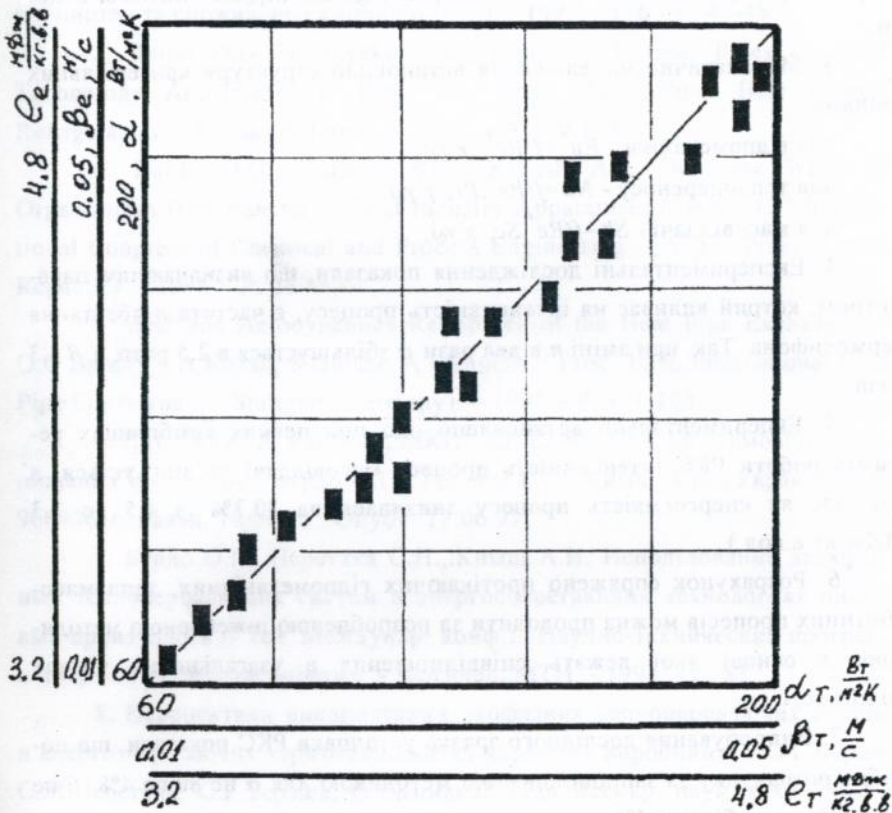


Рис.6 Результати досліджень

## Висновки

1. Комплекс аналітичних та експериментальних досліджень підтвердив справедливість положень про ефективність використання енокропідводу через обертовий двохфазний термосифон. Встановлено, що інтенсифікація теплопереносу  $\alpha$  досягається в 3,84 рази, масопереносу  $\beta$  4,5 рази порівняно з нерухомою поверхністю теплообміну.

2. Запропонований спосіб енергопідводу дозволив довести енергозатрати при сушінні дисперсного матеріалу до 3,3 МДж/кг питомої вологості.

3. Математичне моделювання встановило структуру критеріальних зв'язків:

для гідромеханіки -  $Eu^* = f(Re^*, \gamma/\gamma_0)$ ;

для теплопереносу -  $Nu = f(Re^*, Pr, \gamma/\gamma_0)$ ;

для масовіддачі -  $Sh = f(Re^*, Sc, \gamma/\gamma_0)$ .

4. Експериментальні дослідження показали, що визначаючим параметром, котрий впливає на інтенсивність процесу, є частота  $n$  обертання термосифона. Так, при зміні  $n$  в два рази  $\alpha$  збільшується в 2,5 рази, а  $\beta$  в 3 рази.

5. Експериментально встановлено, що при певних комбінаціях режимів роботи РКС інтенсивність процесу масовіддачі не знижується, в той час як енергоємність процесу знизилась на 30,3% (з 4,5 до 3,3 МДж/кг.в.вол.).

6. Розрахунок спряжено протікаючих гідромеханічних, тепломасообмінних процесів можна проводити за розробленою інженерною методикою, в основі якої лежать співвідношення в узагальнених числах подібності.

7. Випробування дослідного зразка установки РКС показали, що похибка розрахунку за запропонованою методикою для  $\alpha$  не вище 4%,  $\beta$  не вище 4%,  $e$  не більше 4%.

8. Запропонований спосіб енергопідводу можна реалізувати в конструкціях РКС різноманітної форми, найдоцільнішої для виконання функціональних завдань (перемішування, транспортування, дробіння).

## Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Інтенсифікація тепломасопереносу та зниження енерговитрат при обезвожуванні харчових продуктів / О.Г.Бурдо, С.Гайда, О.І.Книш, О.О.Коваленко // Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій - 1997. - Вип.17. - С. 248-258.

2. Кныш А.И. Энергосберегающая сушка гречневой крупы в ротационной сушильной установке // Проблемы та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів - 1997. - т. 6 - С. 46-48.

3. Burdo O.G., Peretyaka S.N., Knuish A.I. Heat Pipes on Food Technology Apparatuses // Proc. Int. Sem. "Heat Pipe, Heat Pumps, Refrigerators" - Minsk (Belarus). - 1995. - P. 170-175.

4. Burdo O.G., Terziev S.G., Knuish A.I. The new Ways of Organization Heat transfer in food Industry Apparatuses // Proc. 12<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering. - V 5 - Praha (Czech Republic). - 1996. - P. 26

5. Heat and Aerodynamics Reliability of the Heat Pipe Exchangers / O.G.Burdo, Y.A.Kozak, S.Guyda, A.I.Knuish // Proc. 10 th International Heat Pipe Conference. - Stuttgart (Germany). - 1997 - P. 101-106.

6. Пат. 18030 А Украина, МКИ<sup>5</sup> А23L1/01. Способ термообработки пищевых продуктов / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Кныш А.И. (Украина) - № 96093616. Заявл. 19.09.96., Опубл. 17.06.97.

7. Бурдо О.Г., Перетяка С.Н., Кныш А.И. Использование двухфазных теплопередающих систем в энергосберегающих технологиях пищевых производств // Тез. Междунар. конф.: "Научно-технический прогресс в пищевой промышленности". - Могилев: МТИ. - 1995. - С. 81.

8. Перспективи використання двофазних теплопередаючих систем в енергозберігаючих термотехнологіях харчових виробництв / О.Г.Бурдо, С.М.Перетяка, С.Г.Терзиев, О.І.Книш // Тези Всеукр. наук. техн. конф.: "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість". - К.: УДУХТ. - 1995. - С. 442.

9. Кныш А.И. Кинетика сушки мелкодисперсных пищевых продуктов в роторных аппаратах // Тези 56 наук. конф. ОДАХТ – Одеса: ОДАХТ – 1996. – С. 190.

10. Бурдо О.Г., Кныш А.И. Принципы интенсификации процессов термообработки пищевых продуктов // Тези 55 наук. конф. ОДАХТ – Одеса: ОДАХТ – 1995. – С. 241.

11. Кныш А.И., Вискалова И.М., Бандурина Л.Т. Исследование кинетики сушки мелкодисперсного пищевого продукта // Тези 55 наук. конф. ОДАХТ – Одеса: ОДАХТ – 1995. – С. 244.

## **Книш О.І. Термомеханічний агрегат для обробки тонкодисперсних харчових продуктів.- Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.09 - машини харчової, мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. - ОДАХТ, Одеса, 1997.

В дисертації розглядаються питання розробки та удосконалення технологічного енергозберігаючого обладнання, використаного для термообробки тонкодисперсних в'язучих матеріалів. Надана енергетична характеристика сушильно-варильного устаткування, працюючого в АПК України. Розроблено методика інженерного розрахунку РКС. Наведено упровадження РКС у АПК України. Основні результати роботи знайшли промислове використання.

Ключові слова: термосифон, тонкодисперсна середа, сушарка, енергозбереження, інтенсифікація.

## **Кныш А.И. Термомеханический агрегат для обработки тонкодисперсных пищевых продуктов. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.09 - машины пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности. ОГАПТ, Одесса, 1997.

Диссертация посвящена вопросам разработки и совершенствования технологического энергосберегающего оборудования, применяемого для термообработки тонкодисперсных пищевых продуктов. Приведена энергетическая характеристика сушильно-варочного оборудования, работающего в АПК Украины. Для предложенной конструкции роторно-контактной системы (РКС) разработана методика конструктивного расчета. Даны рекомендации по внедрению РКС в АПК Украины. Основные результаты нашли промышленное применение.

Ключевые слова: термосифон, тонкодисперсная среда, сушилка, энергосбережение, интенсификация.

**Knuish A.I. Thermomechanical apparatus for thermal treatment of raw material. – Manuscript.**

This is for a ph. candidate's degree in technics. Speciality 05.05.09 - machines of food, biologic and pharmacy industry. - Odessa state academy of food technologies, Odessa, 1997.

The dissertation is dedicated to the design and improve of energysaving technological equipment for finely dispersed raw material thermal treatment. In the dissertation there are estimated power consumption of steam boiling and drying apparatus used in Ukraine agricultural industry. There propose computer-aided design of rotary-contact system (RCS). The main results have already been applied in food industry.

Key words: thermosiphon, finely dispersed material, drier, energysave, intensification.

Підписано до друку 24.10.97 р. Формат 60x90/16.

Обл. - вид. арк. 1,3. Тираж 100 прим. Зак. № 407

Одеська державна академія харчових технологій  
290039, Одеса, вул.Канатна, 112.