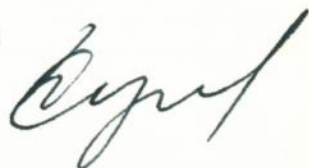


Міністерство освіти України  
Український державний університет  
харчових технологій

На правах рукопису

**СУКМАНОВ**  
Валерій Олександрович



**НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТА  
ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ТА  
ЯКОСТІ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ  
ОБРОБКИ ПРОДУКТІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ  
МАСОВОГО ХАРЧУВАННЯ**

Спеціальність: 05.18.18. Машини та агрега-  
ти харчової, мікробіологічної та  
фармацевтичної промисловості

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

Київ - 1996



00760289 (W)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Донецькому державному комерційному інституті.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор  
ЗАПЛЕТНИКОВ І. МОфіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
НЕКОЗ О.І.доктор технічних наук, професор  
ТИЩЕНКО Г.П.доктор технічних наук, професор  
КОСОЙ В.Д.

Провідна організація Державний Український науково-дослідний та конструкторський інститут продовольчого машинобудування

Захист відбудеться 12 червня 1996 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 01. 15. 04 при Українському державному університеті харчових технологій на адресу: 252017, м Київ, вул Володимирська, 68.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Українського державного університету харчових технологій.

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Автореферат разісланий "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1996 р

Вчений секретар  
спеціалізованої ради,  
канд техн наук, доцент

ЗАВ'ЯЛОВ В. Л.

## Загальна характеристика роботи

Актуальність проблеми та ступінь дослідження тематики дисертації. Найважливішими напрямками розвитку масового харчування в Україні, а також у країнах СНД, є впровадження високоякісної техніки. Особлива увага приділяється підвищенню технічного рівня, якості та конкурентоспроможності устаткування, що використовується у зв'язку з втратою деякими заводами торговельного машинобудування монополії на виробництво торговельної техніки, розширення міждержавних зв'язків, зокрема, у галузі створення та насичення ринку технологічним устаткуванням провідних фірм світу.

Ось чому основним завданням галузі торговельного машинобудування є докорінне підвищення технічного рівня та якості продукції, що випускається, та, зокрема, устаткування для механічної обробки продуктів харчування.

З цією метою необхідно прискорити перегляд стандартів та технічних умов на продукцію, орієнтуючись на вищі світові досягнення, забезпечити об'єктивну оцінку якості продукції; здійснювати прогнозування показників технічного рівня та якості устаткування з урахуванням вимог міжнародних стандартів, що забезпечують їх конкурентоспроможність. Нормативно-технічною базою для випуску устаткування, яке відповідає вищому світовому рівню, є державні національні стандарти з перспективними вимогами на групи однорідної продукції.

Перспективними напрямками, що дозволяють підвищити технічний рівень та якість устаткування для механічної обробки продуктів харчування, є підвищення надійності машин, зниження питомого енергоспоживання та металоємкості, підвищення рівня автоматизації машин. Особлива увага повинна приділятися підвищенню якості продукції, що одержується при переробці на відповідному технологічному устаткуванні.

Дослідженню, створенню та удосконаленню устаткування для механічної обробки продуктів харчування присвячені праці М.І. Беляєва, В. Д. Єлхіної, С. О. Мачихіна, В. Д. Косого, М. М.Благовещенської, В. Н. Шувалова, І. Н. Заплетнікова, О. В. Горбатого та ін.

Загальними проблемами кількісної оцінки технічного рівня та якості промисловості займалися Г. Г. Азгальдов, О. І. Субетто, О. В. Гличов, Е. П.Райхман, В. П. Андріїв, Ю. М. Андріанов, Ю.Д. Аміров, О. Н. Печонкін, С. Б. Португал та ін.

Проте до цього часу як у працях цих вчених, так і у другій нор-

мативно-технічній літературі не вивчені основні закономірності формування технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування, відсутні об'єктивні, науково-обґрунтовані методи кількісної оцінки якості машин та науково-обґрунтовані методи прогнозу перспективних значень одиничних та узагальнених показників машин на стадії розробки стандарту, технічного завдання та ТУ на устаткування, що створюється.

Для виконання поставлених завдань необхідно розробити загальний методологічний підхід до питань оцінки, прогнозування та обґрунтування способів підвищення технічного рівня та якості машин для механічної обробки продуктів харчування.

**Мета роботи.** Розробка методологічних та теоретичних основ для розв'язання проблеми підвищення технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування.

**Об'єкт і методи дослідження.** Об'єкт дослідження – устаткування для механічної обробки продуктів харчування. У роботі використані теоретичні та розрахунково-експериментальні методи дослідження, серед яких теорія вимірювання, теорія кваліметрії, теорія класифікації багаторівневих систем, прогнозування, планування експерименту, статистичний аналіз, використання сучасних вимірювальних пристроїв та приладів, виробничі випробування та інверсна верифікація теоретичних положень.

**Наукова новизна.** До основи теоретичних та експериментальних робіт дисертації покладена наукова концепція, що полягає у створенні та удосконаленні устаткування для механічної обробки продуктів харчування на основі вивчення закономірностей формування та прогнозування його технічного рівня та якості, що являє собою наукове обґрунтування технічного рішення, реалізація якого вносить істотний внесок у науково-технічний прогрес у галузі торговельного машинобудування.

Для досягнення результатів, визначених у науковій концепції, використані теоретичні та експериментальні закономірності формування технічного рівня та якості технологічного устаткування на основі системного підходу, аналізу та прогнозування розвитку як окремих складових якості, так і узагальненого показника у цілому. Реалізація наукової концепції дозволила розробити наукові основи формування технічної політики у галузі торговельного машинобудування (група устаткування для механічної обробки продуктів харчування), виявити найбільш раціональні шляхи підвищення технічного рівня машин та визначити перспективні значення техніко-експлуатаційних показників на період до 2000 року, закріплені ДСТ 27950–88 "Устаткування для механічної обробки про-

дуктів харчування. Загальні технічні вимоги".

Експлуатаційні та прискорені випробування устаткування на надійність дозволили установити закон розподілу наробок, фактичні значення показників надійності та розробити комплекс заходів щодо їх підвищення. Дослідження якості обробки продуктів харчування дозволили встановити залежності його від параметрів, що визначають машини, та створити математичну модель взаємозв'язку реологічних характеристик та енергетичних параметрів машин (на прикладі збивального устаткування).

**Наукова новизна** роботи полягає у:

- представленні якості машин для механічної обробки продуктів харчування у вигляді багаторівневих ієрархічних систем та дерев властивостей;

- розробці методологічних та теоретичних основ перспективних методів вимірювання якості устаткування як завдання автоматичної класифікації об'єктів на основі кластерного аналізу;

- розробці кваліметричного методу визначення узагальненого показника технічного рівня машин та одержанні залежностей зміни узагальненого та одиничних показників у часі;

- виявленні, обґрунтуванні та ранжуванні найбільш перспективних напрямів підвищення технічного рівня та якості досліджуваного устаткування;

- визначенні показників надійності устаткування та встановленні закону розподілу наробок на відказ;

- вивченні величини та характеру навантаженості найменше надійних елементів машин (на прикладі картоплеочисного устаткування) як основи підвищення їх надійності;

- розробці багатofакторної емпіричної моделі, що відображає взаємозв'язок надійності робочих органів картоплеочисних машин зі складом зв'язуючої речовини та технології їх виготовлення;

- дослідженні споживчих властивостей та реологічних характеристик продуктів, що переробляються, та використанні їх у показниках технічного рівня машин;

- установленні аналітичних та емпіричних математичних моделей взаємозв'язку якості продукту, що одержується з конструктивними, кінематичними та технологічними параметрами машин;

- розробці способу одержання оптимальних реологічних характеристик неоднорідних харчових продуктів як одного з їх одиничних показників;

- розробці наукових принципів прогнозування технічного рівня устаткування та визначенні прогнозних значень показників

перспективних моделей машин для механічної обробки продуктів харчування.

**Автор захищає:**

- теоретичні основи формування оцінки та прогнозування технічного рівня та якості, досліджуваного устаткування;
- перспективний метод вимірювання якості устаткування, що являє собою автоматичну класифікацію об'єктів на основі кластерного аналізу;
- техніко-експлуатаційні параметри перспективних моделей торговельно-технологічного устаткування;
- результати теоретичних та експериментальних досліджень показників якості та надійності технологічного устаткування;
- результати досліджень реологічних характеристик деяких продуктів та використання даних показників як одиничних при визначенні узагальненого показника якості машин;
- математичну модель взаємозв'язку структурно-механічних характеристик піноподібних харчових продуктів та енергетичних характеристик машини (групи збивального устаткування);
- багатофакторну емпіричну модель взаємозв'язку надійності робочих органів картоплючисних машин зі складом зв'язуючої речовини та технології їх виготовлення;
- принцип, що забезпечує одержання оптимальних характеристик піноподібних харчових продуктів та його практичну реалізацію щодо групи збивального устаткування;
- багаторівневі системи формування технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування;
- наукові принципи формування технічної політики у галузі торговельного машинобудування (група устаткування для механічної обробки продуктів харчування).

Всі положення, що виносяться на захист, одержані автором особисто.

**Практична цінність та реалізація результатів роботи:**

- одержані науково обгрунтовані прогнози значення техніко-експлуатаційних показників ряду перспективних моделей устаткування для механічної обробки продуктів харчування (машини подрібнення м'яса, машини подрібнення овочів, машини нарізки гастрономії, машини подрібнення кави, машини нарізання хліба, тістомісильні машини, збивальні машини, машини формування котлет);
- розроблений ДСТ 27950-88 "Устаткування для механічної обробки продуктів харчування. Загальні технічні вимоги", що мі-

стить прогнозні значення одиничних показників якості, досліджуваного устаткування на період до 2000 року;

- результати досліджень надійності 14 видів устаткування використані НВО "Поліном" (ВНДІТОРГМАШ) при складанні "Плану підвищення якості та надійності торговельно-технологічного устаткування" для заводів -виготовлювачів країн СНД та розробці НТД "Керівництво з планово-запобіжних ремонтів", "Керівництво з експлуатації", "Норми витрати матеріалів та запасних частин");

- підвищена надійність очисного та подрібнювального устаткування, що випускається Білоруським ПО торговельного машинобудування;

- розроблений, запропонований та впроваджений на Донецькому РМК "Укрторгтехніка" матеріал та технологія виготовлення високонадійних робочих органів машин очищення картоплі (Авторське свідоцтво СРСР N994454);

- розроблений, виготовлений та переданий КБ "Машинобудування" (м.Москва) оригінальний зразок, що забезпечує одержання оптимальних реологічних характеристик продукту у збивальних машинах.

Економічний ефект від впровадження результатів досліджень у країнах СНД складає у цінах 1991 року 1,85 млн карбованців у рік, проте у зв'язку із значними темпами інфляції та нестабільністю співвідношення валют підраховувати його недоцільно.

**Апробація роботи.** Основні положення та результати доповідані та одержали схвалення на Республіканській конференції у м.Києві "Удосконалення методів планування та підвищення ефективності громадського виробництва" 1980; Міжнародній конференції країн - членів РЄВ у м.Єревані "Оцінка, випробування та контроль якості продукції" 1982 р; I та II Всесоюзних наукових конференціях у м.Харкові "Проблеми індустріалізації громадського харчування країни" 1984 р, 1989 р; I та III Всесоюзних конференціях у м.Москві "Теоретичні та практичні аспекти застосування методів інженерної фізико-хімічної механіки з метою удосконалення та інтенсифікації технологічних процесів харчових виробництв", 1986 р, 1990 р; IX Всесоюзній конференції у м.Москві "Науково-технічний прогрес у громадському харчуванні", 1987 р; X Всесоюзній науковій конференції "Галузева наука у забезпеченні перебудови громадського харчування" 1988 р; наукових конференціях ДКІ 1979-1995 рр.

**Публікації.** Результати досліджень і розробок опубліковані у 48 працях у вигляді монографії, брошур, статей, тез доповідей.

**Обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, п'яти глав.

висновків, списку літератури та додатків. Обсяг дисертації – 308 сторінок основного машинописного тексту (у тому числі 67 малюнків, 37 таблиць, 226 найменувань джерел у списку літератури), а також 10 додатків на 162 сторінках.

## **Зміст роботи**

У вступі стисло викладено стан питання; обґрунтована актуальність; сформульована мета роботи; наукова новизна; основні положення, що виносяться на захист; практична цінність та реалізація результатів роботи. Дається загальна характеристика роботи.

**Глава 1. Проблеми та перспективи підвищення якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування.**

Огляд наявних наукових досліджень та аналіз технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів на підприємствах масового харчування показав, що:

- множина властивостей, що описують якість та технічний рівень досліджуваного устаткування недостатньо упорядкована, відсутнє їх підпорядкування;
- існуючі методи оцінки технічного рівня та якості машин недостатньо об'єктивні та точні, не універсальні, мають обмежені галузі застосування та не враховують якості продукту, що одержується після переробки на відповідному устаткуванні;
- відсутні дані про кількісну оцінку технічного рівня досліджуваних типів машин, що не дає повного уявлення про сучасний рівень розвитку торговельного машинобудування;
- відсутній аналіз рівня якості устаткування, що не дозволяє виділити пріоритетні напрямки та сформулювати комплекс заходів щодо підвищення якості машин;
- недостатньо досліджена надійність механічного устаткування, не встановлені закони імовірності безвідказної роботи, недостатньо об'єктивні та обґрунтовані існуючі показники надійності машин;
- не виявлені найменше надійні елементи досліджуваних машин, та немає даних про навантаження, що призводять до їх відказу;
- методики та прилади, які дозволяють одержати об'єктивні кількісні характеристики якості продуктів, необхідні при розрахунку узагальненого показника технічного рівня машин, недостатньо досконалі та надійні;

- управління якістю технологічного устаткування з урахуванням структурно-механічних характеристик кінцевих продуктів, що одержуються на ньому, на стадії конструювання не описано математично;

- відсутні прогнозні залежності одиничних та узагальнених показників технічного рівня, а також параметри перспективних моделей устаткування для механічної обробки продуктів харчування.

Для досягнення раніше поставленої мети та розв'язання вищеперелічених проблем у роботі сформульовані такі основні **завдання дослідження**:

- розробити класифікацію властивостей, що характеризують якість устаткування, що досліджується, при якій їх множина упорядкована та підпорядкована;

- метод, який дозволяє виміряти якість устаткування за сукупністю всіх властивостей, що характеризують його;

- розробити кваліметричний метод, який дозволить розв'язати інженерну задачу оцінки технічного рівня устаткування з використанням обмеженої кількості параметрів, підвищити точність та об'єктивність оцінок, що одержуються;

- виконати оцінку технічного рівня устаткування для механічної обробки продуктів харчування;

- провести аналіз технічного рівня та якості устаткування, що досліджується, і виділити пріоритетні напрями його удосконалення;

- дослідити надійність устаткування, як одного з показників його технічного рівня, встановити закони імовірності безвідказної роботи та одержати об'єктивні показники надійності машин;

- виявити найменш надійні елементи машин та визначити навантаження, що призводять до їх відказу;

- розробити методики та прилади для одержання об'єктивних кількісних показників якості продуктів, що одержуються та представити його у вигляді одиничного показника технічного рівня машини;

- розробити моделі та прилади, що дозволяють управляти якістю продукту, що одержується, та тим самим підвищити технічний рівень устаткування;

- виконати прогнозування одиничних та узагальнених показників технічного рівня досліджуваного устаткування та визначити прогнозні значення параметрів перспективних моделей;

- розробити комплекс заходів щодо підвищення технічного

рівня та якості досліджуваного устаткування.

## Глава 2. Формування логічних основ та розробка математичного апарату та методу оцінки якості устаткування як завдання автоматичної класифікації об'єктів.

Центральна ідея теорії вимірювань, використаної нами при розробці нової концепції оцінки якості устаткування, полягає у представленні емпіричних відношень між об'єктами відповідними числовими відношеннями. Вимірювання формалізується тут таким чином. Вважаються заданими, що підлягають оцінюванню. Емпірична система, яка є галуззю визначення повторного вимірювання, описана таким чином

$$V_e = \{V_j\}_{j \in J}, \text{ где } V_j = \{q_i\}_{i \in I}, I = [i, n], J = [j, m]. \quad (1)$$

Тут  $m$  – кількість елементів емпіричної системи,  $n$  – кількість властивостей, що формують якість,  $\{q_i\}$  – множина значень властивостей об'єкта.

Для здійснення алгоритму оцінки необхідно конкретизувати вимірювальну шкалу, встановивши на множині існуючих об'єктів, якість яких оцінюється, класи еквівалентності та присвоїти останнім відповідні квалітети. Проблема конкретизації вимірювальної шкали являє собою задачу автоматичної класифікації множини об'єктів, які необхідно розбити на деяке число підмножин (класів) так, щоб об'єкти, що увійшли до одного класу, були у певному розумінні подібні один до одного. При цьому слід говорити про відшукання деякого “природного” розбиття, коли належність до класу визначається найбільшою кількістю загальних значень властивостей, і жодне з них окремо не обумовлює віднесення до конкретного класу. Опишемо тезово основні моменти цього підходу.

На множині  $V_e$  розглядається множина найрізноманітніших

розбивань  $\gamma_v: \gamma_v = \bigcup_{k=1}^m \gamma_v^k$ , де  $\gamma_v^k$  – множина розбивань на  $k$

груп. Нехай  $w^k \in \gamma_v^k$ ,  $w^k = \{w_1, \dots, w_i, \dots, w_k\}$ . Множина  $w_i$  являє собою  $i$ -ю групу об'єктів у розбитті.

Кожному набору  $\omega^k \in \gamma_v^k$  відповідає цілком визначений набір властивостей  $M_k = \{M_1, \dots, M_k\}$ . Розбиванню  $M^k$  можна неоднозначно співставити набір множин-таксонів  $T_1, \dots, T_k$  у про-

сторі значень властивостей, що задовольняє визначеним умовам.

Для опису таксонів  $T_1, \dots, T_k$  використовується деякий клас функцій  $\Phi$ . Позначимо  $\omega^k = \{T_1, \dots, T_k\}$  – конкретний набір  $k$  таксонів, записаних за допомогою функцій класу  $\Phi$  та  $\Omega^k = \{\omega^k\}$  – множина цих  $k$ -наборів –  $\Omega = \bigcup_{k=1}^m \Omega^k$ .

Завдання таксономії полягає у знаходженні  $\omega^* \in \Omega$ , максимізуючого деякий критерій якості угруповання  $F: F(\omega^*) = \max F(\omega)$ . Набір  $\omega^*$  однозначно визначає розбиття  $M^* \subset \gamma_M$  на множини значень властивостей. Таким чином, у класі функцій  $\Phi$  за допомогою критерію  $F$  визначаються найкращі розбивки множини  $V_e$  на групи еквівалентності.

Як функції опису таксонів використаний клас логічних функцій, які конструювались таким чином.

Для кожної з властивостей  $q_i$  розглядається множина не збіжних значень або градацій цієї властивості на множині  $\{q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}\}$ . Тут  $k$  – кількість розрізняльних значень властивостей. Упорядковану множину позначимо  $D_i = \{q_{ij} \mid q_{i1} \leq q_{ij} \leq q_{ik}\}$ . Уводиться поняття найпростішої множини  $d_i$ , визначеної на  $D_i$ , та поняття елементарної висловлюваної функції (ЄВФ), яка визначається так

$$I(V, d_i) = 1, \text{ якщо } q_i(v) \in d_i, \text{ та } I(V, d_i) = 0, \text{ якщо } q_i(v) \notin d_i.$$

Як видно,  $d_i$  є множиною істинності ЄВФ  $I(V, d_i)$ . Позначивши  $D = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$  – множина властивостей, що формують якість, можна визначити на ній кон'юнкцію  $S(V, D)$ .

У разі, коли множина  $D$  є множиною істинності кон'юнкції  $S(V, D)$ , вона являє собою таксон підмножини елементів  $\subset \tilde{V}_e \subset V_e$  таких, що  $\{V \subset \tilde{V}_e \mid S(V, D) = 1\}$ .

3 ускладненням "конфігурації" таксонів може бути використа-

на більш складна логічна функція – диз'юнкція  $L(v, D)$ .

Щодо проблем повторного вимірювання, використання логічних функцій істотно спрощує рішення задачі другого етапу – вимірювання якості нового об'єкта: воно уречевляється простим порівнянням функції  $S(v, D_0)$  цього об'єкта з відповідними функціями існуючих таксонів та віднесенням його до класу, на якому  $S(v, D_0) = 1$ .

Розглянемо критерій виділення компактних угруповань множин значень властивостей.

Кожній диз'юнкції  $L$  приписується імовірність її виконання, яка визначається таким чином. Нехай наявна кон'юнкція  $S$  и  $I_i(v, d_i)$  – ЄВФ по  $i$ -ій властивості, що входить у  $S$ . Якщо  $q_i$  – порядкова властивість, що набуває на множині  $V_e$   $k_0$  значень, та  $d$  включає  $k_1$  суміжних значень, то імовірність виконання  $I_i(v, d_i)$

складає  $p_s^i = k_1/k_0$ . Повна імовірність уречевлення кон'юнкції  $S$  дорівнює  $p_s = p_s^1 * p_s^2 * \dots * p_s^n$ , та імовірність виконання диз'юнкції визначається стандартною формулою "включень та виключень".

З іншого боку, наявна цілком конкретна кількість елементів  $v$  множини  $V_e$ , для яких затвердження  $L$  істинно. Якщо позначити це число  $m_L$ , то  $v_L = m_L/m$  є фактична частість виконання диз'юнкції  $L$  на  $V_e$ . Тоді  $f(L) = v_L - p_L$  – перевищення частоти виконання  $L$  над апріорною імовірністю. Постулюється, що чим більше  $f(L)$ , тим більше підстав розглядати  $T_L$  – множина істинності  $L$  – як таксон, а підмножина елементів з  $V_e$ , на якому  $L$  істинно – як клас. Виходячи з цих міркувань,  $f(L)$  розглядається як характеристика обгрунтованості вибору таксона поза зв'язком його з іншими таксонами.

Проте якість розбивання множини на компактні підмножини залежить не тільки від "щільності" структури окремих таксонів, але і від віддаленості цих таксонів один від одного. Ця обставина знаходить своє відображення у критерії угруповання.

Нехай наявна пара таксонів  $T_1, T_2$ , які описуються диз'юнк-

ціями  $L_1, L_2$ . На цій базі конструюється кон'юнкція  $S_{12}$ .

При об'єднанні таксонов  $T_1, T_2$  у єдиний таксон кон'юнкція  $S_{12}$  описує таксон кращої якості. Уводиться величина  $\Delta(L_1, L_2) = (P_{L_1} + P_{L_2}) / P_{S_{12}}$ , індикуюча погіршення якості таксона, зумовлена його укрупненням.  $\Delta(L_1, L_2)$  характеризує взаємне розташування таксонів  $T_1, T_2$ , віддаючи перевагу парі, мінімізуючій – при інших рівних умовах – цю величину.

У ролі загального критерію якості розбивання множини елементів на дві підмножини використовується співвідношення

$$F(L_1, L_2) = f(L_1) + f(L_2) - \Delta(L_1, L_2) \quad (2)$$

і розбивання  $\nabla$  на більше 2-х число класів застосовується метод перебору по всіх парах таксонів. У цьому випадку у ролі критерію якості угруповання використовується середнє значення  $F$

$$F(L_1, L_2, \dots, L_k) = (1/n_p) * \sum F(L_i, L_j). \quad (3)$$

Тут  $n_p = k(k-1)/2$  – кількість найрізноманітніших парів класів.

Задача розбивання  $\nabla$  на класи зведена таким чином до максимізації критерія  $F$  шляхом варіації складу таксонів.

**Глава 3. Оцінка, аналіз та дослідження узагальненого та одиничних показників технічного рівня машини.**

Побудова дерева властивостей виробу, що представляє якість машин як багаторівневу ієрархічну систему, є обов'язковою умовою при оцінці та аналізі якості та технічного рівня устаткування. Дерево представлено у табличній формі у вигляді класифікаційної правосторонньої таблиці з 7-ма рівнями з жорсткою початковою структурою та блоком властивостей, що відносяться до виконання основних та допоміжних функцій (табл.1.2). Повне дерево властивостей машини передбачає ситуацію, коли об'єктом оцінки виступає суспільство у цілому. Проте для нас представляє інтерес ситуація, коли суб'єктом оцінки виступає конкретне експлуатуюче підприємство масового харчування. У цьому випадку оцінка рівня якості устаткування здійснюється з деякими допустимими спрощеннями з використанням скороченого дерева властивостей та обмеженої кількості одиничних показників.

Через ряд причин (відсутність достатньої інформації про параметри закордонних моделей, трудомісткість побудови таксономії, яка зумовлена знайденням кластерів шляхом рішення повної переборної задачі та ін.) практичне використання модифікованого алгоритму за теперішнього часу ускладнено, і тому задача вимірювання якості устаткування для практичних задач у інженерних додатках була розглянута та розв'язана у руслі кваліметричних підходів.

Недоліки, властиві кваліметричним методам, були усунені при розробці методу оцінки технічного рівня устаткування, який дозволяє визначати коефіцієнти вагомості та базові показники якості розрахунковим шляхом з урахуванням зміни цих показників у часі.

При оцінці якості та технічного рівня устаткування повинні бути виконані такі операції: визначення номенклатури одиничних показників та встановлення вагомості окремих властивостей; збір та дослідження даних, необхідних для кількісної оцінки якості; вибір та обґрунтування показників для порівняння  $R_{ij}$ ; вибір методу зведення воедино оцінок окремих властивостей для одержання узагальненої оцінки.

Експертне опитування представників підприємств, що експлуатують устаткування, дозволило виділити номенклатуру показників, що цікавлять їх, та визначити відносну важливість кожного з виділених показників. Опитування проводилось методом ПАТТЕРН. Подальша обробка отриманих результатів вказала на зрослі вимоги до таких показників, як "надійність устаткування" та "якість одержуваних продуктів".

Як вихідну інформацію про технічні характеристики вітчизняних та закордонних машин нами були використані матеріали, які наявні у галузевих НДІ, СКБ, ОКБ Торгмаш, на заводах-виготовлявачах України та країн СНД, а також інформація, лоб'язно надана фірмами "Bonnet" (Франція) та "Транселектро" (Угорщина).

У результаті нами був зібраний матеріал щодо вітчизняних машин, а також устаткування, що випускається провідними фірмами 21 промислово-розвинутої країни. Глибина пошуку склала від 16 до 30 років. Матеріал з 9 типів устаткування для механічної обробки продуктів харчування (м'ясорубки – 93 моделі; збивальні машини – 149; машини різання гастрономії – 75; картоплечистки – 76; тістомісильні машини – 99; машини формування котлет – 31; машини нарізання овочів – 58; хліборізки – 27; кофемолки – 21) аналізувався з точки зору достовірності, повноти, однорідності.

Таблиця 1

Дерево властивостей устаткування для механічної обробки продуктів харчування, що використовується при оцінці рівня якості

0	1	2	3	4	5	6
Якість машин	Якість машини (результати, які отримує споживач)	Функціональність машини (задоволення матеріальних потреб), що проявляється при середньому використанні машини	при ремонті і ТО	Пристосування до ремонту		
				Пристосування до технічного обслуговування		
				Блок якостей, що відносяться до виконання основної і допоміжної функцій (табл.2)		
			Безпека	людей, які безпосередньо забезпечують функціонування		
				людей, які безпосередньо забезпечують ремонт і ТО		
				людей, для яких функціонує машина		
			Комфортність	гігієнічні		
				антропометричні		
				психофізіологічні		
			Естетичність машини (задоволення духовних потреб)	сучасність художньо-конструкторського рішення		
				функціонально-конструкторська виразність форми		
				гармонічна цілісність композиційної структури		
				доконалість виробничого виконання елементів зовнішньої форми		
			Економічність використання машини	Технологічне споживання електроенергії		
				Площа, що займається		
Маса машини						

Таблиця 2

Блок дерева властивостей хліборізок,  
що відносяться до виконання основної і допоміжної функцій

4	5	6	
Пристосованість до виконання основного призначення	Продуктивність	Частота різу	
		Час допоміжних операцій, що входять до циклу роботи машини	
	Якість отриманого продукту (забезпечення оптимальних споживчих властивостей)	Збереження і покращення споживчих властивостей	Чистота зрізу
			Відсутність пошкоджень нарізаних ломтів
			Відсутність деформації продукту
Зменшення відходів			
Технологічні можливості машини	Діапазон регулювання товщини нарізки		
	Придатність до нарізки хліба широкого діапазону розмірів і форм без попереднього нарізання		
Придатність до виконання другорядних функцій			

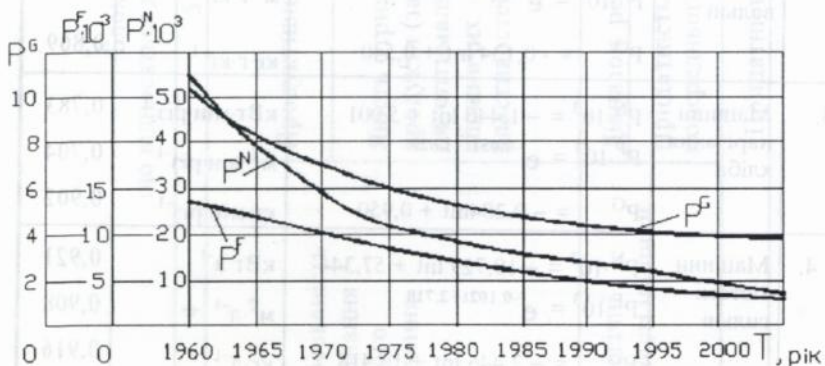
Для визначення коефіцієнтів вагомості нами був вивчений характер зміни питомих величин одиничних показників технічного рівня у часі. Для знаходження залежностей  $P_{ij} = f_{ij}(T)$  аналізувались 14 різних функцій. У результаті перевірки адекватності моделей за критерієм Фішера та аналізу отриманих залежностей встановлено, що найбільш доцільно для всіх типів устаткування, що досліджується, використовувати логарифмічні та показові функції (табл.3). Як приклад, на мал.1 представлені криві змінення питомих показників тістомісильних машин у часі.

Таблиця 3

Змінення питомих одиничних показників у часі

№ п/п	Вид устаткування	Описуюча функція	Розмірність показника	Коеф. кореляції
1	2	3	4	5
1.	Машини очистки картоплі	$P^N \cdot 10^3 = 1,44 \ln t + 5,130$	кВт·г·кг <sup>-1</sup>	0,672
		$P^F \cdot 10^3 = e^{-0,136t+1,323}$	м <sup>2</sup> ·г·кг <sup>-1</sup>	0,766
		$P^G = -0,162 \ln t + 0,723$	кг·г·кг <sup>-1</sup>	0,763
2.	Машини м'ясопод-рібно-вальні	$P^N \cdot 10^3 = 6,807 \frac{\ln t}{t} + 0,036t + 3,510$	кВт·г·кг <sup>-1</sup>	0,832
		$P^F \cdot 10^3 = e^{-0,093t+0,169}$	м <sup>2</sup> ·г·кг <sup>-1</sup>	0,794
		$P^G = -0,134 \ln t + 0,540$	кг·г·кг <sup>-1</sup>	0,809
3.	Машини нарізання хліба	$P^N \cdot 10^3 = -1,440 \ln t + 5,001$	кВт·мін·різ <sup>-1</sup>	0,783
		$P^F \cdot 10^3 = e^{-0,051t+1,629}$	м <sup>2</sup> ·мін·різ <sup>-1</sup>	0,704
		$P^G = -0,284 \ln t + 0,950$	кг·мін·різ <sup>-1</sup>	0,902
4.	Машини тістомі-сильні	$P^N \cdot 10^3 = -19,729 \ln t + 57,344$	кВт·л <sup>-1</sup>	0,921
		$P^F \cdot 10^3 = e^{-0,102t+2,710}$	м <sup>2</sup> ·л <sup>-1</sup>	0,908
		$P^G = -2,446 \ln t + 10,418$	кг·л <sup>-1</sup>	0,916

1	2	3	4	5
5.	Машини формування котлет	$P^N \cdot 10^3 = -19,729 \ln t + 57,344$ $P^F \cdot 10^3 = e^{-0,081t+0,730}$ $P^G \cdot 10^2 = -1,726 \ln t + 6,042$	$\text{кВт} \cdot \text{г} \cdot \text{шт}^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{г} \cdot \text{шт}^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{г} \cdot \text{шт}^{-1}$	0,895 0,834 0,880
6.	Машини подрібнення овочів	$P^N \cdot 10^3 = -0,258 \ln t + 0,918$ $P^F \cdot 10^3 = e^{-0,101t+0,276}$ $P^G = -0,042 \ln t + 0,125$	$\text{кВт} \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,867 0,713 0,891
7.	Машини нарізки гастрономії	$P^N \cdot 10^3 = 5,532 \frac{\ln t}{t} - 0,169t + 6,015$ $P^F \cdot 10^2 = e^{-0,049t+0,074}$ $P^G = -0,550 \ln t + 1,748$	$\text{Вт} \cdot \text{мін} \cdot \text{різ}^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{мін} \cdot \text{різ}^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{мін} \cdot \text{різ}^{-1}$	0,921 0,849 0,905
8.	Машини подрібнення кави	$P^N \cdot 10^3 = 0,024 \ln t + 0,074$ $P^F \cdot 10^3 = e^{-0,220t+2,100}$ $P^G = -0,798 \ln t + 2,606$	$\text{кВт} \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,895 0,638 0,829
9.	Машини збивальні	$P^N \cdot 10^3 = -11,497 \ln t + 48,068$ $P^F \cdot 10^3 = e^{-0,043t+2,849}$ $P^G = -0,953 \ln t + 7,412$	$\text{кВт} \cdot \text{л}^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{л}^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{л}^{-1}$	0,921 0,849 0,905



Мал.1. Змінення питомих показників тістомісильних машин у часі

У світовій практиці прискореними темпами удосконалюються найбільш важливі показники до того часу, доки не досягнуть свого оптимального значення на даному етапі розвитку устаткування. Отже, коефіцієнт вагомості є відносною величиною значущості того або іншого показника машини для суспільства у даний момент часу.

Виходячи з вищевикладеного, значення вагомості ( $m_j$ ) кожного показника ( $P_j$ ) вважаємо доцільним визначати за швидкістю його змінення у часі, віднесеної до вихідного значення показника ( $P_{ij}$ ) у той самий момент часу:

$$m_j = K_j / P_{ij}, \quad (4)$$

$$K_j(t_i) = dP_j(t_i)/dt = tg a_j. \quad (5)$$

Коефіцієнти вагомості ( $M_j$ ) визначались значеннями  $m_j$  у найотому відношенні до  $n$ -го ряду  $j$ -тих показників ( $P_j$ ):

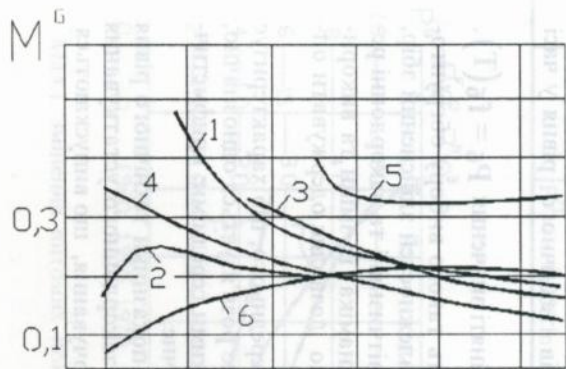
$$M_j = m_j / \sum_{j=1}^n m_j. \quad (6)$$

За результатами розрахунків побудовані графіки зміни коефіцієнтів вагомості одиничних показників технічного рівня у часі (мал.2).

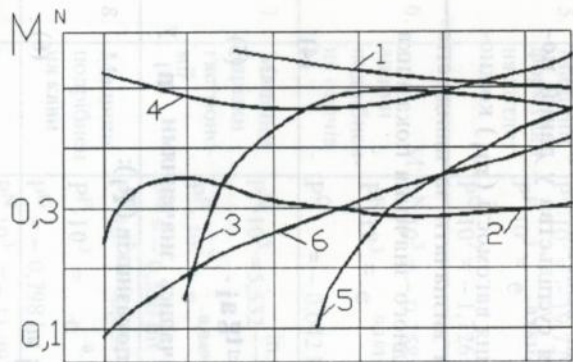
Як базові одиничні показники прийняті значення  $P_0 = f_0(T)$ , у конкретний момент часу  $t$ . Можливість такого вибору обґрунтована тим, що для одержання даних залежностей здійснений збір, аналіз та узагальнення інформації про вітчизняні та закордонні реально існуючі машини, врахована динаміка їх зміни та використаний метод статистичної обробки, що дозволяє одержувати оптимальні значення заданих показників.

Оскільки питання про вибір виду середнього, що характеризує згортку одиничних показників якості, не розв'язується однозначно, нами були проведені розрахунки за такими середніми: арифметичне, геометричне, гармонічне, квадратичне.

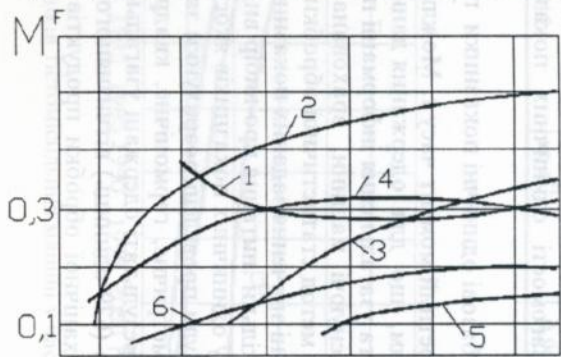
У результаті одержані узагальнені показники технічного рівня 9 типів (629 одиниць) вітчизняного та закордонного устаткування для механічної обробки продуктів харчування, що випускаються



0 1961 1967 1973 1979 1985 1991, рік

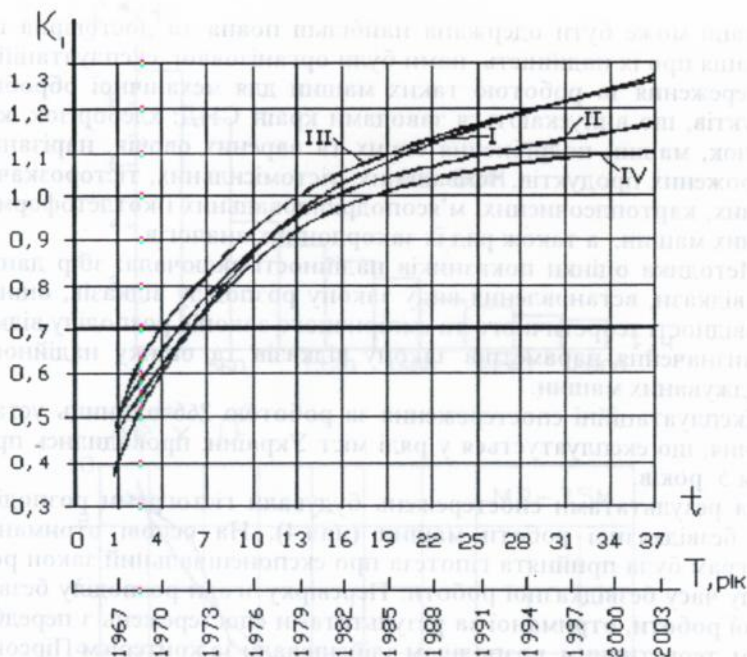


0 1961 1967 1973 1979 1985 1991, рік



0 1961 1967 1973 1979 1985 1991, рік

Мал.2. Графіки змінення у період 1961-1994 рр. коефіцієнтів вагомості техніко-експлуатаційних показників для різних типів устаткування: 1 - м'ясорубки; 2 - картопличестки; 3 - збивальні машини; 4 - тістомісильні машини; 5 - машини різки гастрономії; 6 - машини формування котлет



Мал.3. Змінення узагальненого показника якості збивального устаткування, розрахованого за чотирма середніми:

- I – середнє арифметичне; II – середнє геометричне;  
 III – середнє квадратичне; IV – середнє гармонічне

більше ніж 50-ма провідними фірмами світу.

Порівняльний аналіз змін узагальнених показників якості типів досліджуваного устаткування, розрахованого за чотирма середніми у часі, показав їх відносну тотожність і стійку тимчасову тенденцію (мал.3).

Надійність є одним з основних показників якості технологічного устаткування. Виходячи з цілей, завдань та організаційно-технологічних можливостей, надійність устаткування, що досліджується у цілому, а також окремих його вузлів та деталей досліджувалась методами експлуатаційних спостережень, прискореними та форсованими випробуваннями, експертним опитуванням, тензометруванням навантажень.

Оскільки у результаті спостережень за машинами у процесі ек-

платуації може бути одержана найбільш повна та достовірна інформація про їх надійність, нами були організовані експлуатаційні спостереження за роботою таких машин для механічної обробки продуктів, що випускаються заводами країн СНД: хлєборізок, кофемолок, машин подрібнення сирих та варених овочів, нарізання заморожених продуктів, збивальних, тістомісильних, тісторозкачувальних, картоплеочисних, м'ясоподрібнювальних і котлетоформувальних машин, а також ряд їх закордонних аналогів.

Методика оцінки показників надійності включала: збір даних про відкази, встановлення виду закону розподілу відказів, оцінку відповідності теоретичного та емпіричного законів розподілу відказів, визначення параметрів закону відказів та оцінку надійності досліджуваних машин.

Експлуатаційні спостереження за роботою 266 одиниць устаткування, що експлуатується у ряді міст України, проводились протягом 5 років.

За результатами спостережень будували гістограми розподілу часу безвідказної роботи машин (мал.4). На основі отриманих гістограм була прийнята гіпотеза про експоненціальний закон розподілу часу безвідказної роботи. Перевірку згоди розподілу безвідказної роботи, отриманої за результатами спостережень з передбаченим теоретичним розподілом здійснювали за критерієм Пірсона.

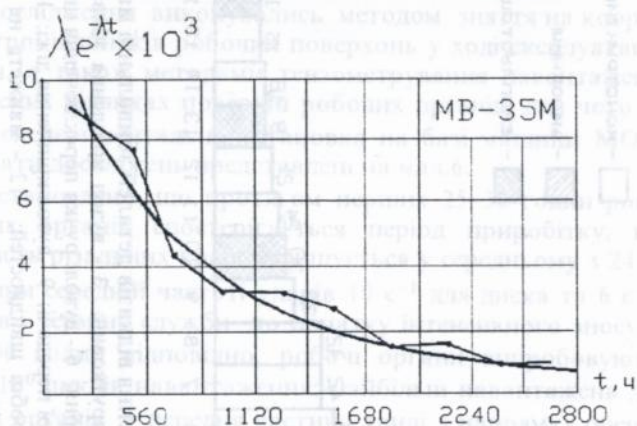
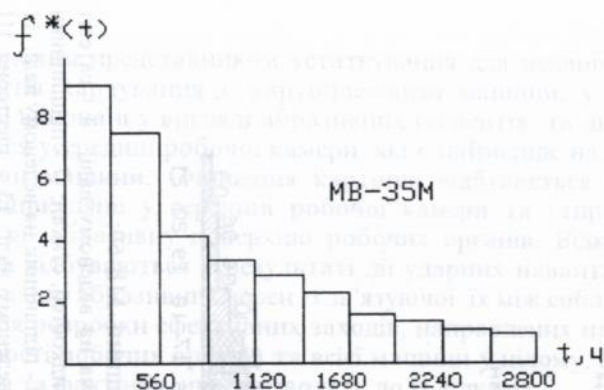
На мал.4 зображені емпірична та теоретична функції розподілу виду

$$f(t_i) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Для одержання достовірної оцінки надійності машин та вибору найбільш раціональних шляхів її підвищення був проведений аналіз відказів деталей та складальних одиниць і встановлені об'єктивні причини їх виникнення, зумовлені конструктивними, виробничими та експлуатаційними недоліками.

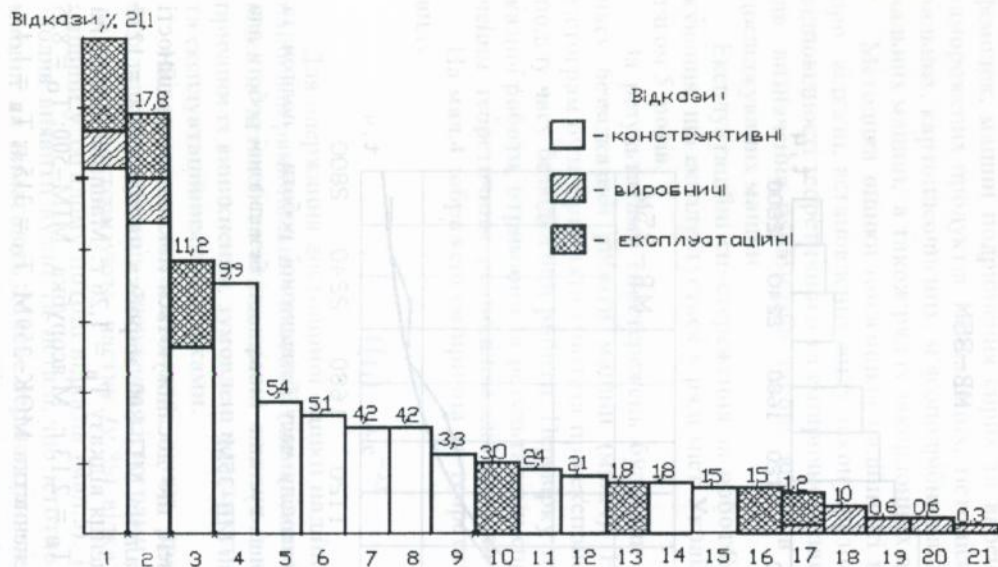
На основі систематизованих даних про відкази деталей та складальних одиниць одержали гістограми співвідношення відказів, що характеризують частку ( $y$  %) відказів окремих елементів машини у загальному потоці відказів (мал.5). Проведений аналіз дозволив виявити вузли та деталі, що істотно знижують надійність машин та вимагають до себе першочергової уваги.

Значення показників надійності устаткування, що досліджується, визначали шляхом статистичної обробки інформації про експлуатацію з подальшим аналізом отриманих значень.



Мал. 4. Гістограми розподілу часу безвідказної роботи, полігон та вивірнювальна крива густини імовірності безвідказної роботи для збивальної машини MB-35M

Для деяких моделей, що досліджуються показники надійності такі. Машина протиральна МП-800: наробка на відказ  $T_0 = 1277$  г; середній час відновлення відказу  $T_B = 1,26$  г. Машина збивальна MB-35M:  $T_0 = 909$  г;  $T_B = 2,13$  г. М'ясорубка МІМ-500:  $T_0 = 825$  г;  $T_B = 1,61$  г. Картопелечистка МОК-250М:  $T_0 = 315$  г;  $T_B = 1,4$  г. Картопелечистка ОЗР-10:  $T_0 = 568$  г;  $T_B = 1,54$  г. М'ясорубка FW 114 /1:  $T_0 = 992$  г;  $T_B = 1,99$  г.



Мал.5. Співвідношення відказів деталей збивальної машини МВ-60:

1 - штифт веденого валу; 2 - збивач прутковий; 3 - вузол кріплення збивача на веденому валі; 4 - сателіт планетарної передачі; 5 - конічна шестерня; 6 - вузол: ручка переключення швидкостей, стакан; 7 - підшипники сателітів; 8 - болти кріплення планетарної передачі; 9 - вузол кріплення діжі; 10 - підшипник на веденому валі; 11 - підшипники на верхньому валі у коробці швидкостей; 12 - манжета на веденому валі; 13 - шестерня III швидкості коробки швидкостей; 14 - фіксатори рукоятки переключення швидкостей; 17 - черв'ячне колесо механізму під'єму діжі; 18 - електродвигун; 19 - станція кнопкова; 20 - шпонка черв'ячного колеса механізму під'єму діжі; 21 - черв'як механізму під'єму діжі

Типовим представником устаткування для механічної обробки продуктів харчування є картоплеочисні машини, у яких робочі органи виконані у вигляді абразивних сегментів та диска, що знаходяться усередині робочої камери, які є найменше надійними елементами машини. Очищення картоплі відбувається у результаті його циркуляції у середині робочої камери та стирання шкірки бульб об абразивну поверхню робочих органів. Відкази робочих органів відбуваються у результаті дії ударних навантажень та викришуванні абразивних зерен із зв'язуючої їх між собою зв'язки.

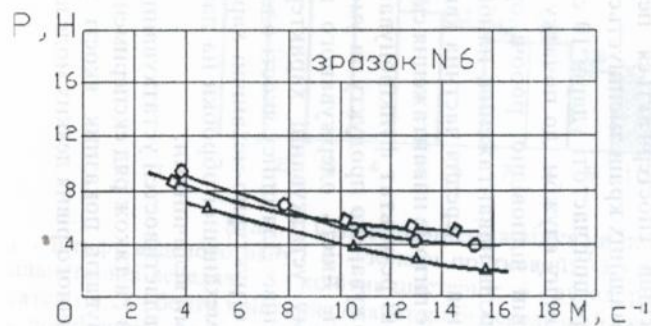
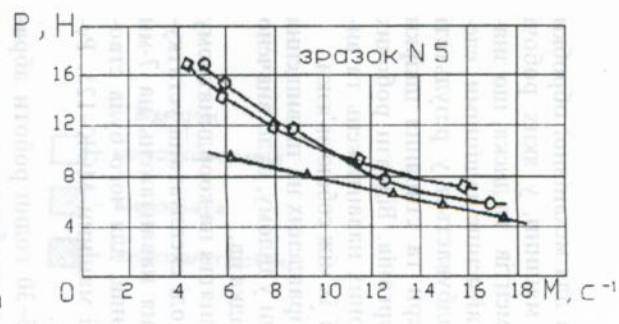
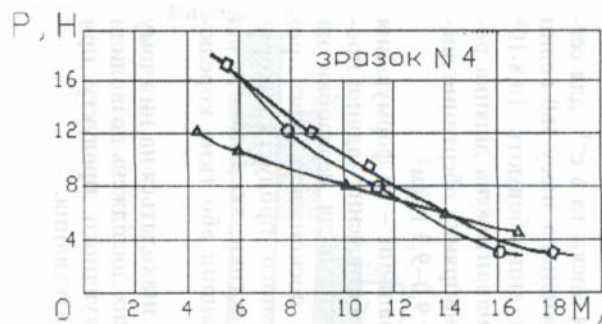
Для розробки ефективних заходів, направлених на підвищення надійності робочих органів та всієї машини у цілому, було вивчено дію сил та факторів, що призводять до їх відказів.

Дослідження виконувались методом зняття на координатному пристрої відбитків робочих поверхонь у ході експлуатації устаткування, а також методами тензометрування навантажень на 7-ми виділених ділянках поверхні робочих органів, для чого була створена експериментальна установка на базі машини МОК-125. Результати досліджень представлені на мал.6.

Встановлено, що протягом перших 25–30 годин роботи абразивних органів спостерігається період приробітку, при якому кількість різальних країв зменшується у середньому з 24 до 11 на 1 см<sup>2</sup>; при середній частоті ударів 10 с<sup>-1</sup> для диска та 6 с<sup>-1</sup> для сегментів і терміну служби до початку інтенсивного зносу 360 годин та 500 годин відповідно, робочі органи випробовують 10,8·10<sup>6</sup> (13,8·10<sup>6</sup> циклів навантаження; найбільш навантажена ділянка робочих органів – передня частина хвилі у напрямку обертання диска – середнє питоме навантаження складає 9,0–9,3 Н/см<sup>2</sup>).

Кінцевий результат функціонування машини – це формування якості одержуваного продукту за умови забезпечення заданої продуктивності. Якість одержуваного продукту після переробки на відповідному устаткуванні характеризує досконалість його робочих органів. Для опису якості одержуваного продукту використані його структурно-механічні характеристики, які залежать від характеру механічної обробки на даній машині або тісно корелюють з такими величинами.

Аналіз властивостей устаткування, що знаходяться на нижчому рівні дерева, а також ряд експериментальних досліджень дозволили використовувати показник якості одержуваного продукту при оцінці технічного рівня деяких моделей устаткування.

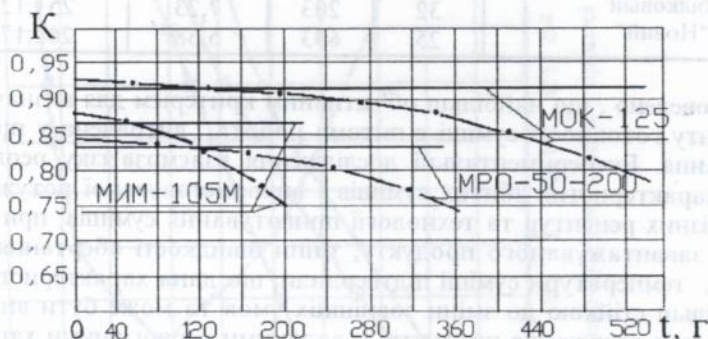


Мал.6. Величина и частота ударів, що діють на виділені ділянки абразивного диска.

□ - велика картопля, ○ - змішана картопля, Δ - дрібна картопля

З метою одержання точних та надійних оцінок реологічних характеристик був розроблений ряд електронних приладів: фотоселектронна приставка до віскозиметра РВ-8; модель пенетрометра, що відрізняється від існуючих за теперішнього часу; прилад для оцінки пошкодження бульб картоплі при очищенні та ін.

Вихідні параметри робочих органів погіршуються із збільшенням тривалості експлуатації, що призводить до погіршення якості одержуваного продукту та зниження узагальненого показника якості устаткування (мал.7).



Мал.7. Графіки змін узагальненого показника якості машин залежно від часу їх роботи.

- — — без одиничного показника, що характеризує якість одержуваного продукту;
- · - з використанням одиничного показника, що характеризує якість одержуваного продукту.

З метою управління якістю одержуваного продукту, був проведений (на прикладі збивального устаткування) комплекс експериментальних досліджень та одержані залежності зміни реологічних характеристик (густина суміші, ефективної в'язкості, граничної напруги зсуву) у процесі збивання на збивальному устаткуванні та визначені оптимальні їх значення у момент готовності (табл.4). Зміни параметрів для однієї з досліджуваних рецептур, наведені на мал.8.

Таблиця 4

Реологічні характеристики збитих сумішей у момент готовності

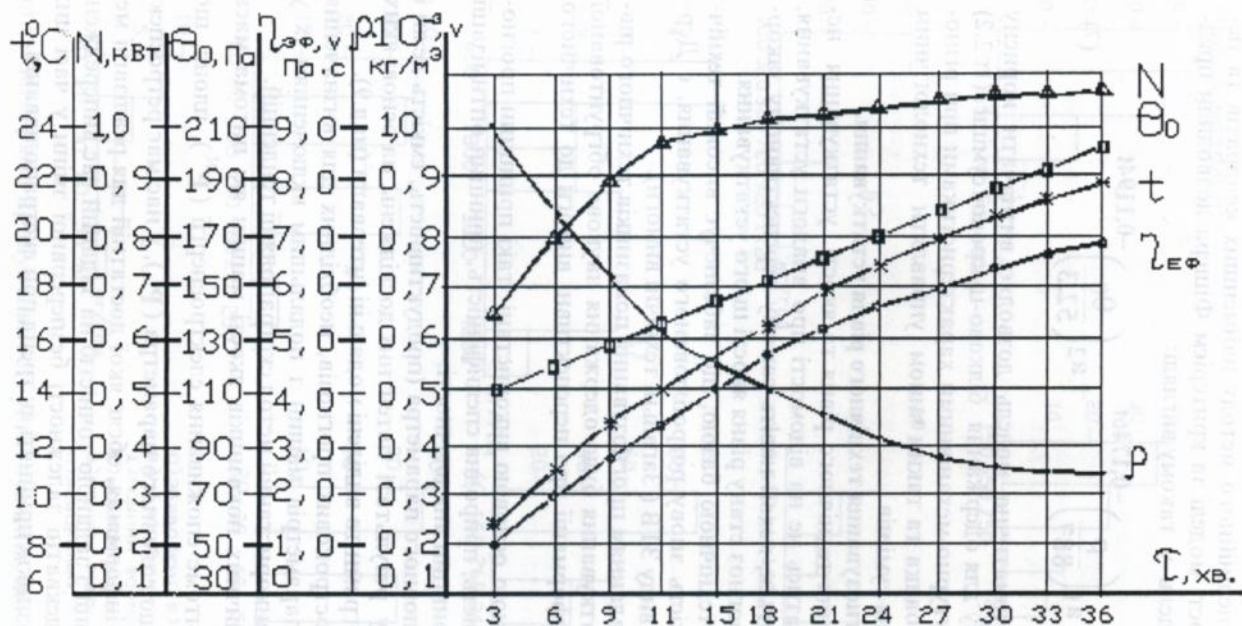
Вид напівфабриката	Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Густина, $\rho$ , $\text{кг/м}^3$	Ефектив. в'язкість, $\eta_{3\phi}$ , $\text{Па}\cdot\text{с}$	Гранична напруга зсуву, $\theta_0$ , $\text{Па}$
Білково-цукрова суміш 1 : 2,2	23	347	6,79	209,75
Ячно-цукрова суміш 2 : 1	23	230	1,08	64,79
Крем білковий	32	203	7,23	251,12
Крем "Новий"	25	693	5,38	262,17

Доведено, що найбільш об'єктивним критерієм для визначення моменту готовності суміші є питома робота, витрачена у процесі збивання. Експериментальні дослідження взаємозв'язку реологічних характеристик збитих сумішей і використовуваної потужності для різних рецептур та технології приготування сумішей, при зміні маси завантаженого продукту, зміні швидкості обертання збивачів, температури суміші підтвердили, що дана характеристика є найбільш стійкою до зміни зовнішніх умов та може бути використана для одержання продуктів із заданими реологічними характеристиками.

Математична модель, що відображає залежність між питомою роботою, граничною напругою зсуву, густиною та температурою суміші, що збивається представлена у такому вигляді:

$$\frac{\sum A_i}{m} = a_0 + a_1 \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^{b_1 t} + a_2 \left( \frac{\theta_0}{\theta'_0} \right)^{b_2 t}, \quad (7)$$

де  $\sum A_i$  – сумарна корисна робота на  $i$ -й момент часу;  $m$  – маса завантаженого продукту;  $\rho$  – густина суміші, що збивається;  $\rho_0$  – початкове значення густини суміші;  $\theta_0$  – гранична напруга зсуву;  $\theta'_0$  – початкове значення граничної напруги зсуву;  $t$  – температура суміші;  $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2$  – коефіцієнти моделі.



Мал.8. Зміни параметрів білково-цукрової суміші у процесі збивання

Застосування нелінійного методу найменших квадратів та перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера дозволили представити дану модель у такому вигляді:

$$y = a_0 + a_1 \left( \frac{\rho}{887} \right)^{-0,1746t} + a_2 \left( \frac{\theta_0}{52,3} \right)^{-0,1194t} \quad (7)$$

Одержана математична модель дозволяє визначати корисну роботу, необхідну для одержання білково-цукрової суміші (1: 2,2) із заданими структурно-механічними характеристиками при різному завантаженні бачка та таким чином управляти технологічним процесом збивання сумішей.

#### Глава 4. Прогнозування технічного рівня устаткування.

Для підвищення технічного рівня та якості устаткування необхідно орієнтуватись не на відомості про аналоги устаткування, що використовується, нехай навіть самому перспективному закордонному, а на прогноз стану рівня якості цього устаткування.

Нормативно-технічною базою, що забезпечує високий технічний рівень та якість знову розроблюваного устаткування, є Державні стандарти виду ЗТВ (Загальні технічні вимоги).

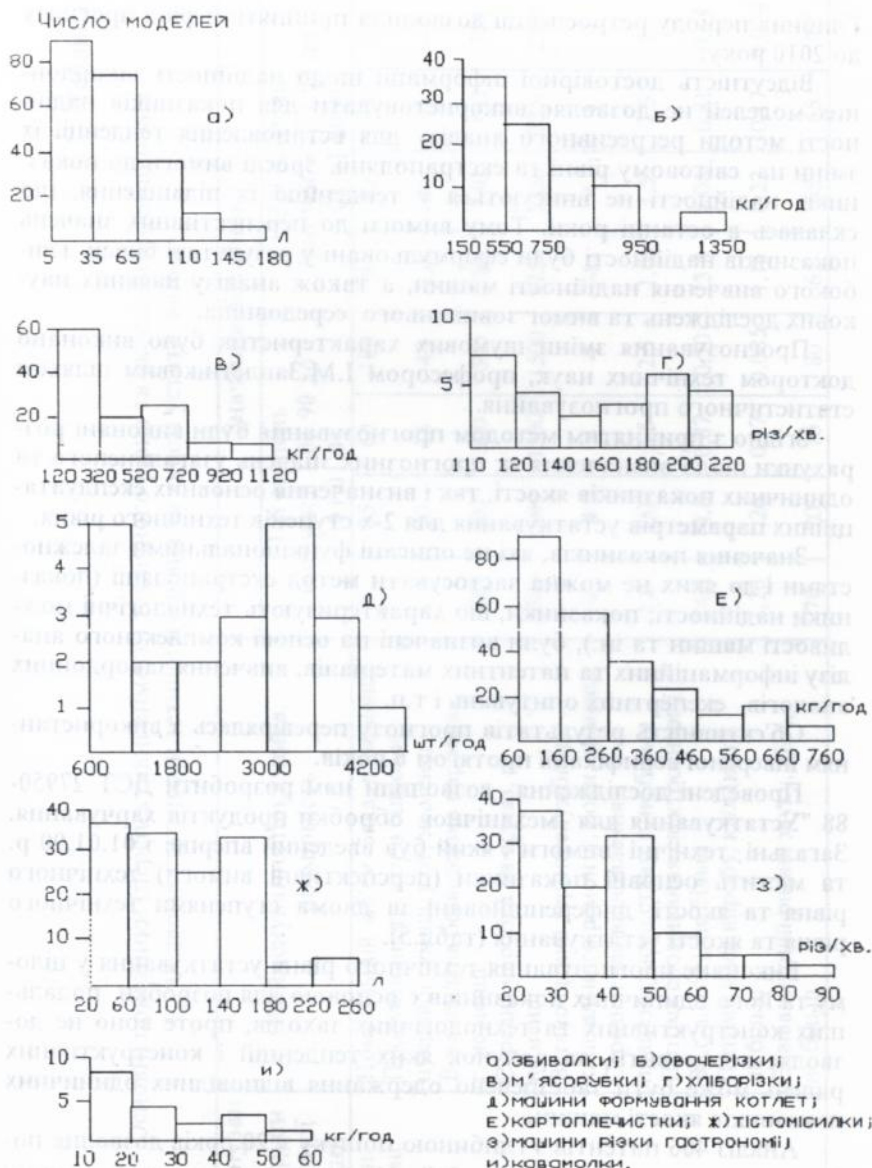
Основним завданням прогнозування показників технічного рівня та якості устаткування було одержання науково обгрунтованої та достовірної інформації про перспективні вимоги до технічного рівня продукції.

Методологічною основою використані такі принципи прогнозування: системність, природна специфічність, принцип оптимізації опису об'єкта, принцип аналогічності.

Значення головного параметра (продуктивність, ємкість дежи і т.п.) визначені у результаті патентних досліджень, на основі яких побудовані гістограми та виділені модальні інтервали (мал.9).

Для середньострокових прогнозів, необхідних для визначення перспективних параметрів машин з подальшим включенням їх у ДСТ виду ЗТВ, використаний метод екстраполяції тенденцій.

Для таких одиничних показників якості машин як: питома маса машин ( $P^G$ ), питома споживання електроенергії ( $P^N$ ), площі, що падає на одиницю головного параметра ( $P^F$ ), у нас має ретроспективна кількісна інформація, обсяг якої достатній для реалізації методу екстраполяції з заданою точністю на заданий час випередження. Отримані адекватні залежності безперервної зміни у часі цих одиничних показників прийняті як тренд при екстрапольованні.



Мал.9. Гістограма продуктивності устаткування, що досліджується

Глибина періоду ретроспекції дозволила прийняти період прогнозу до 2010 року.

Відсутність достовірної інформації щодо надійності закордонних моделей не дозволяє використовувати для показників надійності методи регресивного аналізу для встановлення тенденції їх зміни на світовому рівні та екстраполяції. Зросли вимоги до показників надійності не вписуються у тенденцію їх підвищення, що склалась в останні роки. Тому вимоги до перспективних значень показників надійності були сформульовані у результаті більш глибокого вивчення надійності машин, а також аналізу наявних наукових досліджень та вимог зовнішнього середовища.

Прогнозування зміни шумових характеристик було виконано доктором технічних наук, професором І.М.Заплетніковим шляхом статистичного прогнозування.

Згідно з прийнятим методом прогнозування були виконані розрахунки щодо визначення як прогнозних значень узагальненого та одиничних показників якості, так і визначення основних експлуатаційних параметрів устаткування для 2-х ступенів технічного рівня.

Значення показників, які не описані функціональними залежностями і до яких не можна застосувати метод екстраполяції (показники надійності; показники, що характеризують технологічні можливості машин та ін.), були визначені на основі комплексного аналізу інформаційних та патентних матеріалів, вивчення закордонних аналогів, експертних опитувань і т.п.

Об'єктивність результатів прогнозу перевірялась з використанням інверсної верифікації протягом 6 років.

Проведені дослідження дозволили нам розробити ДСТ 27950-88 "Устаткування для механічної обробки продуктів харчування. Загальні технічні вимоги", який був введений вперше з 01.01.90 р. та містить основні показники (перспективні вимоги) технічного рівня та якості, диференційовані за двома ступенями технічного рівня та якості устаткування (табл.5).

Виконане прогнозування технічного рівня устаткування у цілому та його одиничних показників є основою для розробки подальших конструктивних та технологічних заходів, проте воно не дозволяє встановити, за рахунок яких тенденцій і конструктивних рішень може бути забезпечено одержання відповідних одиничних показників якості машин.

Аналіз 466 патентів з глибиною пошуку у 20 років дозволив побудувати матриці "мета-засоби". У результаті виявлені принципово нові способи механічної обробки продуктів харчування, оригінальні конструктивні рішення виконавчих органів машин,

Таблиця 5

Основні показники (перспективні вимоги) технічного рівня та якості диференційовані за двома ступенями технічного рівня та якості устаткування

Найменування підгрупи однорідної продукції	Найменування показника, розмірність	Значення показника							
		1-й ступень (випуск з 1.01.90 до 01.01.96)				2-й ступень (випуск з 1.01.96 до 01.01.2000)			
Машини збивальні	Номінальний об'єм бака, л, не менш	6	35	60	100	6	35	60	100
	Продуктивність, кг/г з білково-цукрової суміші, кг/г, не менш	2,5	20	35	45	2,5	20	35	45
	Встановлена безвідказна наробка, г, не менш	500	500	500	500	750	750	750	750
	Середня наробка на відказ, г, не менш	1500	1500	1500	1500	2250	2250	2250	2250
	Встановлений термін служби до капітального ремонту, роки, не менш	4	4	4	4	4	4	4	4
	Середній час відновлення працездатного стану, г, не більш	1,0	1,0	2,5	2,5	1,0	1,5	2,5	2,5
	Питоме споживання електроенергії, Вт.г/л.(кг/г), не більш	14,8	14,8	0,87	0,70	13,8	1,08	0,81	0,65
	Питома маса виробу, кг/л.(кг/г), не більш	1,26	1,26	0,17	0,085	1,16	0,22	0,17	0,074
	Еквівалентний рівень звуку, дБА, не більш	70	70	70	80	65	65	65	78

забезпечення оптимальних температурних режимів і т.п.

Тенденції розвитку устаткування визначались шляхом вивчення динаміки патентування на об'єкт дослідження (мал.10). Аналіз кривих з усіх типів досліджуваного устаткування свідчить, що підвищення якості одержуваного продукту та надійність машин є одним з основних напрямів, за якими у світовій практиці удосконалюється досліджуване устаткування. Ці напрями мають найбільш високі темпи зростання.

**Глава 5. Розробка комплексу заходів і пропозиції щодо підвищення технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування.**

Відповідно до результатів ранжування пріоритетних напрямів підвищення технічного рівня досліджуваного устаткування подальші роботи були направлені на підвищення якості одержуваного продукту та надійності як окремих елементів, так і всієї машини у цілому.

У результаті аналізу експлуатаційних спостережень, виявлення вузлів та деталей, що знижують надійність машин і встановленні причин їх відказів нами був розроблений комплекс заходів щодо удосконалення конструкцій, виробництва та умов експлуатації для 14 моделей досліджуваного устаткування, який був переданий у ВНДІТоргмаш та далі впроваджений на заводах торговельного машинобудування.

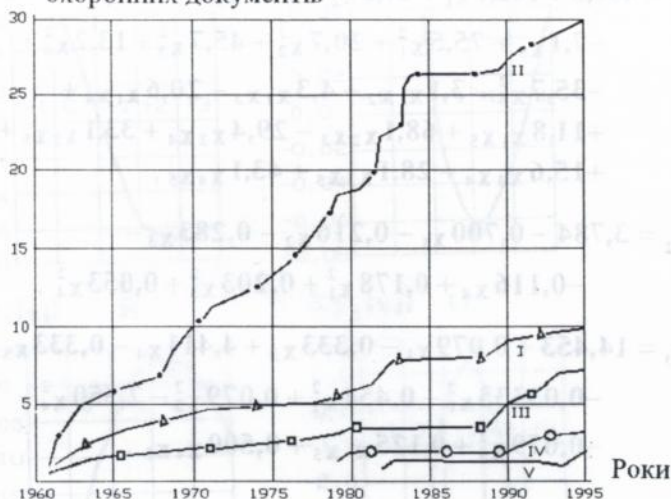
Підвищення надійності робочих органів устаткування як найменше надійних його елементів, розглянуто на прикладі картоплю-очисного устаткування.

Вивчення умов роботи РМК "Укрторгтехніка" показало, що зв'язкою карбиду кремнію доцільно використовувати суміш порошку магнетитового каустичного та магнезій хлористого з додаванням скла натрієвого рідкого.

Надійність абразивних робочих органів залежить від складу зв'язуючої речовини та технологічних умов їх виготовлення. Якість робочих органів характеризується питомою ударною вязкістю,  $\text{Дж/м}^2 - u_1$ , зносом у процесі роботи,  $\text{мм} - u_2$  і кількістю різальних країв  $- u_3$ , що падають на  $1 \text{ см}^2$ .

Метою даного дослідження було знаходження оптимального співвідношення величин факторів, що впливають на якість робочих органів:  $x_1$  – тиск пресування;  $x_2$  – вміст магнезій хлористого;  $x_3$  – вміст порошку магнетитового каустичного;  $x_4$  – вміст скла рідкого натрієвого;  $x_5$  – температура сушіння.

### Кількість виданих охоронних документів



Мал.10. Динаміка патентування винаходів на збивальні машини: I – підвищення продуктивності; II – підвищення якості одержуваного продукту; III – підвищення надійності конструкції; IV – забезпечення зручності експлуатації; V – зниження енергомісткості

Для знаходження величин факторів нами був використаний метод планування експерименту.

Відгук  $y_1$  визначали на маятниковому копрі МК-30. Для визначення відгуку  $y_2$  була розроблена спеціальна установка для проведення прискорених та форсованих випробувань досліджуваних зразків на знос. Величину зносу заміряли після  $13,5 \cdot 10^6$  циклів навантаження (32 хвилини роботи стенда), що відповідало 350 годинам експлуатації у реальній машині. Відгук  $y_3$  виміряли з використанням розробленого координатного пристрою після  $3,86 \cdot 10^6$  циклів навантаження, що відповідало 100 годинам експлуатації картопличістки у реальних умовах.

Після завершення дослідів була проведена перевірка відтворюваності паралельних дослідів за критерієм Кохрена.

За результатами дослідів здійснювали розрахунок коефіцієнтів регресії за стандартними програмами та після вилучення незначущих коефіцієнтів рівняння регресії набули вигляду:

$$\begin{aligned}
 y_1 = & 480,5 + 102,1 x_1 + 21,2 x_2 + 14,6 x_3 + 17,9 x_4 - \\
 & - 7,1 x_5 + 75,5 x_1^2 + 20,7 x_2^2 + 45,7 x_3^2 + 13,2 x_4^2 + \\
 & - 35,7 x_5^2 - 3,1 x_1 x_2 + 4,3 x_1 x_3 - 20,6 x_1 x_4 + \\
 & + 11,8 x_1 x_5 + 68,1 x_2 x_3 - 29,4 x_2 x_4 + 33,1 x_2 x_5 + \\
 & + 15,6 x_3 x_4 + 28,1 x_3 x_5 + 43,1 x_4 x_5, \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 = & 3,784 - 0,700 x_1 - 0,216 x_2 - 0,283 x_3 - \\
 & - 0,116 x_4 + 0,178 x_1^2 + 0,203 x_3^2 + 0,053 x_4^2, \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3 = & 14,453 + 0,079 x_1 - 0,333 x_3 + 4,411 x_4 - 0,333 x_5 - \\
 & - 0,03333 x_1^2 - 0,454 x_2^2 + 0,079 x_3^2 - 2,550 x_4^2 - \\
 & - 0,079 x_5^2 + 0,125 x_1 x_5 + 0,500 x_4 x_5. \quad (10)
 \end{aligned}$$

Канонічне перетворення рівнянь, вироблення критеріїв оптимізації та тісний кореляційний зв'язок між параметрами  $y_1$  та  $y_3$  дозволили подати систему, яка підлягає оптимізації, у такому вигляді:

$$y_2 = \Delta y_2 \{x_1\} + \Delta y_2 \{x_2, x_3\} + \Delta y_2 \{x_4\}, \quad (11)$$

$$y_3 = \Delta y_3 \{x_1\} + \Delta y_3 \{x_2, x_3\} + \Delta y_3 \{x_4\}, \quad (12)$$

де

$$\Delta y_2 \{x_1\} = -0,700 x_1 + 0,178 x_1^2;$$

$$\Delta y_2 \{x_2, x_3\} = 3,784 - 0,216 x_2 - 0,283 x_3 + 0,203 x_3^2;$$

$$\Delta y_2 \{x_4\} = -0,116 x_4 + 0,053 x_4^2;$$

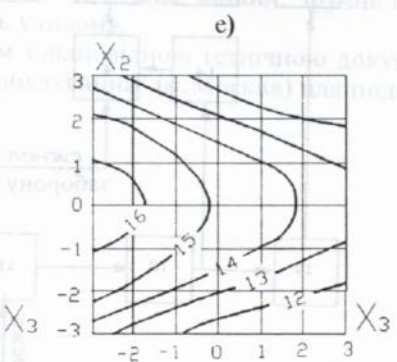
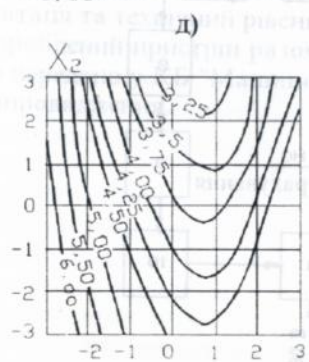
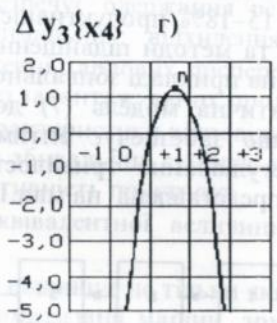
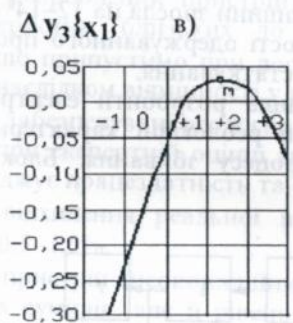
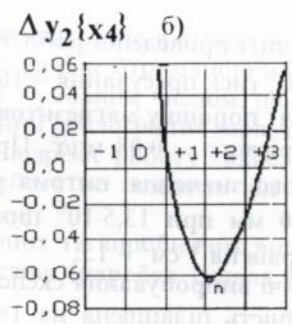
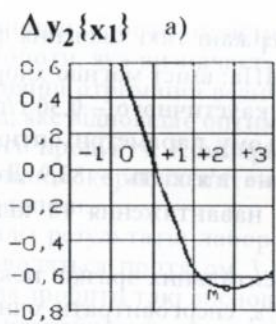
$$\Delta y_3 \{x_1\} = -0,079 x_1 - 0,033 x_1^2;$$

$$\Delta y_3 \{x_2, x_3\} = 14,802 - 0,615 x_3 - 0,454 x_2^2 + 0,079 x_3^2;$$

$$\Delta y_3 \{x_4\} = 4,411 x_4 + 3,676 x_4^2.$$

Кожна з величин  $\Delta y_i \{x_i\}$  показує, як змінюється  $y_i$  залежно від зміни  $x_i$  при незмінних інших параметрах.

Графічна інтерпретація даних залежностей, представлена на мал.11.



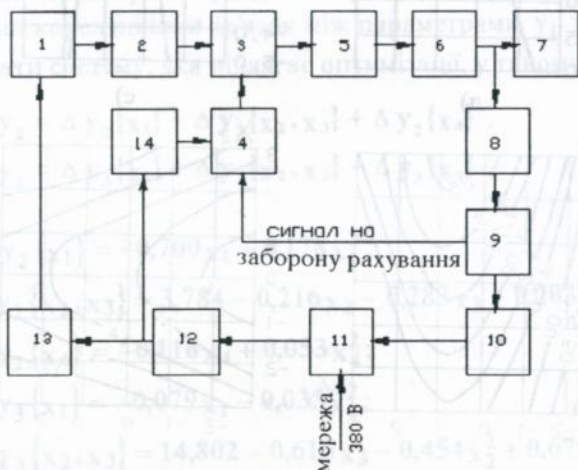
Мал. 11. Графіки впливу: а, в – тиску пресування на величини  $\Delta y_2\{x_1\}$  та  $\Delta y_3\{x_1\}$ ; б, г – вмісту рідкого скла на величини  $\Delta y_2\{x_4\}$  та  $\Delta y_3\{x_4\}$ ; д – величини  $\Delta y_2\{x_2, x_3\}$ ; е – величини  $\Delta y_3\{x_2, x_3\}$  залежно від вмісту порошку магнетитового каустичного та магнію хлористого

У результаті проведеної роботи одержані такі значення факторів:  $t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$ ; тиск пресування – 16,0 МПа; вміст магнію хлористого – 0,20 мл/г; порошку магнетитового каустичного – 0,30 г/г; скла рідкого натрієвого – 0,08 мл/г. При цьому параметри оптимізації набули такого значення: питома ударна в'язкість – 83,9 Дж/м<sup>2</sup>; ; знос – 2,750 мм при  $13,5 \cdot 10^6$  циклах навантаження та кількість різальних країв на 1 см<sup>2</sup> – 15.

Виробничі випробування експериментальних зразків показали, що їх надійність підвищена на 18–23%, енерговитрати очищення знижені на 15–18%, продуктивність машини зросла на 12–14%.

Шляхи та методи підвищення якості одержуваного продукту розглянуті на прикладі збивального устаткування.

Математична модель (7) дозволила розробити електронний пристрій, що забезпечує оптимальні реологічні характеристики шляхом регулювання тривалості процесу збивання. Блок-схема пристрою представлена на мал.12.



Мал.12. Блок-схема експериментального пристрою:

1 – оптоелектронна пара з формувачем аналогового сигналу; 2 – тригер Шмітта; 3 – схема заборонення рахунку; 4 – компаратор; 5 – двійково-десятковий лічильник; 6 – дешифратор; 7 – пристрій індикації; 8 – пристрій введення числа; 9 – схема співпадання; 10 – виконавчий пристрій; 11 – магнітний пускач; 12 – електродвигун збивальної машини; 13 – електричний 3-фазний лічильник; 14 – струмковий датчик

Принцип роботи пристрою полягає у підрахунку корисної питомої роботи, яка визначається за раніше отриманою моделлю (7) і в порівнянні отриманої величини з умовним числом, що вводиться наперед, яке відповідає оптимальним реологічним характеристикам кінцевого продукту. Компаратор відрізає роботу холостого ходу, і таким чином корисна питома робота не залежить від технічного стану машини.

Аналіз результатів лабораторних та виробничих випробувань, що проводяться протягом 3-х місяців (наробка склала 650 годин) дозволив зробити такі висновки:

- розроблений пристрій забезпечує одержання реологічних характеристик, близьких до оптимальних; відхилення складає 2–7%, що припустимо при дослідженні харчових дисперсних сумішів і є наслідком відмінності у якості завантажуваних продуктів;
- забезпечувані реологічні характеристики відповідають 9–10 балам при експертній оцінці якості збивальних сумішів, що також підтверджує працездатність та ефективність пристрою;
- відхилення реальної від еквівалентної величини роботи склало 0,5–1,0%.
- пристрій високонадійний та підвищує не тільки якість одержуваних сумішів, але й рівень автоматизації машин, зручність їх експлуатації та технічний рівень у цілому.

Розроблений пристрій разом з відповідною технічною документацією передано у КБ "Машинобудування" (м. Москва) для подальшого впровадження.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ

1. Проведені дослідження являють собою наукове обґрунтування технічного рішення, реалізація якого робить істотний внесок у науково-технічний прогрес у галузі підвищення технічного рівня та якості устаткування для механічної обробки продуктів на підприємствах масового харчування.

2. Якість устаткування для механічної обробки продуктів харчування подається багаторівневою ієрархічною системою, що складається з семи рівнів з жорсткою початковою структурою та блока властивостей, що відносяться до виконання основних та допоміжних функцій устаткування. Побудовані дерева властивостей універсальні, відображають структуру властивостей машин та є основою оцінки технічного рівня та якості устаткування будь-яким з існуючих методів вимірювання.

3. Розроблені методологічні положення нового методу оцінки якості устаткування для механічної обробки продуктів харчування на основі побудови таксонів. Розбивання множини машин за групами рівнів якості пропонується здійснити шляхом автоматичної класифікації об'єктів. Для оцінки якості угруповання машин у таксоні розроблений критерій **F**. Розбивання множини машин на класи зведено до максимізації критерію **F**. Реалізація розробленого методу дозволяє точно математично виміряти якість устаткування за сукупністю всіх властивостей, що характеризують його.

4. Одержані нові результати у теорії кваліметрії, що полягають у розробці методу оцінки технічного рівня устаткування, який дозволяє визначати коефіцієнти вагомості та базові показники якості розрахунковим шляхом з урахуванням зміни цих показників у часі, що виключає елементи суб'єктивізму та підвищує точність оцінки. Використання методу дозволило розв'язати інженерну задачу оцінки технічного рівня устаткування з використанням обмеженої кількості параметрів та реально існуючого обсягу інформації.

5. Отримані узагальнені показники технічного рівня 629 моделей досліджуваного устаткування дають систематизоване та досить повне уявлення про рівень розвитку технологічного устаткування країн СНД. Побудова матриць "мета-засіб" вивчення динаміки патентування, а також аналіз результатів експлуатаційних спостережень досліджуваного устаткування показали, що пріоритетними напрямками його удосконалення є: підвищення надійності машин; підвищення якості одержуваного продукту; зниження енергомісткості.

6. Досліджена надійність 26 моделей устаткування. Встановлено, що розподілення наробки на відказ підпорядковується експоненціальному закону. Показники надійності технологічного устаткування країн СНД на 15–25% відстають від показників надійності закордонних аналогів. Виявлені найменш надійні елементи устаткування та визначені причини їх відказів. На прикладі картоплеочисного устаткування встановлені величини та характер сил, що призводять до відказів елементів машин.

7. Якість одержуваного продукту після переробки на відповідному устаткуванні характеризує досконалість його робочих органів та є одним з одиничних показників технічного рівня машини. Встановлені емпіричні залежності та критерії взаємозв'язків якості одержуваного продукту з конструктивними, кінематичними та технологічними параметрами машин (на прикладі збивального устаткування).

8. Запропоновані методи, експериментальні стенди та оригінальні прилади для: дослідження споживчих властивостей та реологічних характеристик деяких перероблених продуктів; проведення прискорених випробувань робочих органів устаткування на надійність; встановлення величин та характеру сил, діючих на різні ділянки робочих органів.

9. На основі теоретичних та експериментальних досліджень, а також прогнозу технічного рівня досліджуваних типів устаткування та аналізу конструкцій ряду машин визначені прогнозні значення показників устаткування на період до 2010 року, розроблений і вперше впроваджений ДСТ 27950–88 “Устаткування для механічної обробки продуктів харчування. Загальні технічні вимоги”, який містить прогнозні значення показників машин, а також сформульований комплекс першочергових конструктивних та технологічних заходів, що дозволяють підвищити технічний рівень та якість машин.

10. Взаємозв'язок показників якості устаткування та технологічних параметрів виготовлення його деталей характеризується багатофакторними емпіричними моделями. Взаємозв'язок надійності та стану поверхні робочих органів картоплеочисних машин зі складом зв'язуючої речовини та технологією їх виготовлення описаний багатофакторною емпіричною моделлю. Оптимізацією моделі встановлені технологічні параметри виготовлення робочих органів картоплеочисних машин, що привело до підвищення надійності робочих органів на 18–23%, зниження енерговитрат очищення на 15–18% і підвищення продуктивності машин на 12–14%.

11. Розроблений електронний пристрій дозволяє оптимізувати та управляти якістю сумішів, які збиваються, що підвищує технічний рівень устаткування. Відхилення параметрів, що контролюються від оптимальних склади: за густиною суміші – 1,9–3,5%; за ефективністю в'язкості – 2,5–5,7%; за граничною напругою зсуву – 2,4–4,0%.

Комплекс заходів щодо підвищення надійності 14 моделей досліджуваного устаткування, використаний НВО "Поліном" (ВНДІТОРГМАШ) при складанні "Плану підвищення якості та надійності торговельно-технологічного устаткування" та переданий для впровадження на заводи-виготовлювачі країн СНД, а також при розробці НТД ("Керівництво з планово-запобіжним ремонтом", "Керівництво з експлуатації", "Норми витрати матеріалів і запасних частин") на техніку, що випускається. Впровадження даних заходів дозволило підвищити для досліджуваних моделей машин наробку на відказ на 20–28% та знизити середній час відновлення відказу на 5–7%.

Розроблений та впроваджений на Донецькому РМК "Укрторгтехника" матеріал та технологія виготовлення високонадійних робочих органів картоплеочисних машин. Новизна розробки захищена авторським свідоцтвом.

Розроблений, виготовлений та переданий КБ "Машинобудування" (м.Москва) оригінальний зразок пристрою, що забезпечує одержання оптимальних реологічних характеристик продукту у збивальних машинах.

Економічний ефект від впровадження результатів досліджень у країнах СНД складає у цінах 1991 року 1,85 млн. рублів щорічно, проте у зв'язку з значними темпами інфляції та нестабільністю співвідношення валют підрахувати його недоцільно.

Список публикацій, що відображають основний зміст дисертації:

1. Сукманов В.А. Повышение технического уровня и качества оборудования для механической обработки продуктов питания. – Донецк: РИП Лебедь, 1995. – 236 с.
2. Механическое оборудование предприятий общественного питания и определение его надежности /В.А.Сукманов, Н.А. Шквырский, И.Н.Калашникова и др.//Общественное питание /ЦНИИТЭИторговли.– 1979. – Вып.11. – 25 с.
3. Сукманов В.А. Исследование надежности некоторых типов торгового-технологического оборудования и их зарубежных аналогов// Оборудование для предприятий торговли и общественного питания./ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1986. – Вып.2. – С.10–11.
4. Сукманов В.А., Левит И.Б. Прогнозирование обобщенного показателя качества торгового-технологического оборудования и определение параметров перспективных моделей // Научно-технический прогресс в общественном питании: Материалы XX Всесоюзной конференции. – М., 1987. – С.136–138.
5. Сукманов В.А. К вопросу аттестации торгового-технологического оборудования.М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш.1981.–Вып.6. – С. 3–6.
6. Сукманов В.А., Медведев В.Н., Писецкий А.Ф. К вопросу оценки уровня качества торгового-технологического оборудования // Стандарты и качество. – 1982. – N7. – С.51.
7. Сукманов В.А., Качество очистки картофеля в предприятиях общественного питания // Материалы X Всесоюзной конференции “Отраслевая наука в обеспечении перестройки общественного питания” 13–15 сентября 1988 г., Москва. – М.,1988. –С.88-90.
8. Сукманов В.А. Концептуальная схема и математические способы получения объективизированной меры качества оборудования // Торговля и рынок Украины. Тем. сб. науч. тр. по пробл. торговли и общественного питания. – Донецк, 1995. –С.188-190.
9. Качество картофелечисток и его изменение во времени/ В.А.Сукманов, Н.А.Шквырский. // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания./ ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1979. –Вып.2. –С.18-21.
10. Картофелеочистительное оборудование камерного типа и оценка его качества. /Сукманов В.А., Шквырский Н.А.// Общественное питание/ ЦНИИТЭИторговли. – 1979, Вып.12.–25 с.
11. Сукманов В.А., Левит И.Б. К вопросу определения коэффициентов весомости показателей качества торгового-технологического оборудования // Надежность и контроль качества. – 1986. – N3 – С.32–37.

12. Выбор номенклатуры показателей для обобщенной оценки картофелечисток /В.А.Сукманов, Н.А.Шквырский // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания /ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1979. Вып.3–С.11-13.
13. Сукманов В.А. Исследование надежности машин измельчения сырых овощей МИСО // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания/ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1987. –Вып.9. –С.3-5.
14. Надежность зарубежного торгово-технологического оборудования./ В.А.Сукманов, Н.Ф.Писарев // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания / ЦНИИТЭИ-легпищемаш. – 1988. –Вып.10. –С.1–3.
15. Сукманов В.А. Исследование нагруженности рабочих органов картофелечисток. //Оборудование для предприятий торговли и общественного питания/ЦНИИТЭИлегпищемаш. –1980. – Вып.4. –С.12–14.
16. Сукманов В.А., Качество очистки картофеля в предприятиях общественного питания //Материалы X Всесоюзной конференции “Отраслевая наука в обеспечении перестройки общественного питания” 13–15 сентября 1988г., Москва.– М.,1988.–С.121-123.
17. Сукманов В.А., Левит И.Б., Михно Л.М. Математическая модель изменения структурно-механических характеристик смесей // Хранение и переработка сельхозсырья. –1993. – №1. – С.39–41.
18. Сукманов В.А., Лиманская Е.И., Левит И.Б. Прогнозирование технико-эксплуатационных показателей торгово-технологического оборудования // Торговля и рынок Украины: Сб. науч. трудов ДКИ. – Донецк, 1994. –С.151-153.
19. Сукманов В.А., Левит И.Б. Обеспечение высокого качества смесей, получаемых во взбивальных машинах //Торговля и общественное питание в новых условиях хозяйствования: Сб. науч. тр. по пробл. торговли и общественного питания. –Донецк, 1990. – С.161–162.
20. Установка для ускоренных испытаний материала на износ/ В.А.Сукманов, Ю.А.Кратков // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания/ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1980. –Вып.7. –С.7-9.
21. Стенд для определения энергозатрат очистки корнеплода/ В.А.Сукманов, Н.А.Шквырский // Оборудование для предприятий торговли и общественного питания / ЦНИИТЭИлегпищемаш. – 1979. –Вып.1. –С.3-5.

**Сукманов В.А. Научные основы формирования и прогнозирования технического уровня и качества оборудования для механической обработки продуктов на предприятиях массового питания.**

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.18 – машины и агрегаты пищевой, микробиологической, и фармацевтической промышленности, Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1996.

Защищается 48 научных работ и авторское свидетельство, которые содержат теоретические исследования в области оценки и повышения технического уровня и качества оборудования для механической обработки продуктов питания, а также результаты экспериментальных исследований некоторых единичных показателей машин. Разработан перспективный метод измерения качества продукции. Выполнен прогноз и определены значения параметров перспективных моделей 9 типов оборудования. Использование системного подхода позволило представить качество оборудования в виде многоуровневых иерархических систем и повысить технический уровень оборудования путем исследования в наиболее приоритетных направлениях: повышение надежности машин и качества конечного продукта, получаемого после переработки на соответствующем оборудовании. Внедрение результатов работы осуществлено на предприятиях отрасли путем издания ГОСТ и другой НТД, а также модернизации 14 моделей существующего оборудования.

**Sukmanov V.A. Scientific bases of formation and prognostication of the equipment's technical level and its quality for mechanical treatment of products on the public catering enterprises.**

Dissertation in the form of manuscript for competition of the academic degree of doctorate in technical sciences on speciality 05.18.18. – Machines and units in food, microbiological and pharmaceutical industry, Ukraine State University of Food Technologies, Kiev, 1996.

48 scientific works and the author's certificate are defended. They contain theoretical investigations of estimating and increasing of the equipment's technical level and its quality for mechanical treatment of food products and the results of the experimental investigations of some isolated indices of machines. The perspective method of measuring the products' quality is worked out. The prognosis is made and the values of parameters of the perspective models for 9 types of equipment are defined. The using of systematic approach gave the possibility to show the equipment's quality as a multilevel hierarchical systems and to raise the technical level of equipment while working in the most important sectors: the rise of the machine's reliability and of the final products' quality which is got after the treatment on the proper equipment.

The introduction of the results of the scientific investigations was made on the enterprises of the food industry by publishing GOST and fulfilling other scientific and technical activity. Also the modernization of 14 models of the existing equipment was made.

**Ключові слова:** устаткування для механічної обробки продуктів харчування, якість, надійність, оцінка, прогнозування, реологія продуктів.

---

Підп. до друку 5.04.96    Формат 60x84 1/16.    Папір друк. № 2.  
Офсетний друк.    Умовн. друк. арк. 2,0    Облік.- вид. арк. 2,2

Тираж 100 прим.    Замовлення № 0476/5

Донецький    державний    комерційний    інститут

---

446837

AB 34.703