

Міністерство аграрної політики та продовольства України  
Міністерство освіти і науки України  
Національний університет харчових технологій  
Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних  
наук України  
ТОВ «АККО Інтернешнл»

**13-а Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція**

**Тренди Lean-виробництва  
та пакування харчової продукції**

Назва конференції у 2012–20 р.:  
Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової  
продукції – основні засади її конкурентоздатності

**17 вересня 2024 р**  
**Виставковий центр «АССО International»**  
**Київ, Україна**

**Trends in Lean Food Production and Packaging:** Proceedings of the 13th International Specialized Scientific and Practical Conference, September 17, 2024. Kyiv, National University of Food Technologies, 2024.

ISBN 978-966-612-302-5

© NUFT, 2024

**Тренди Lean-виробництва та пакування харчової продукції:** матеріали 13-ї Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 17 вересня 2024 р., м. Київ. – Київ, НУХТ, 2024. – 206 с.

ISBN 978-966-612-302-5

© НУХТ, 2024

*Божинський Н.І., Копотілов М.В.*

Графічний дизайн пакування продукції, як одна з чотирьох функцій, які виконує харчова упаковка..... 45

*Сокол Є.В., Пащенко Б.С.*

Застосування інструментів Lean-мислення для релокації операторів ринку харчової продукції під час повномасштабного вторгнення..... 49

*Вербицький С.Б., к.т.н., Пацера Н.М., Козаченко О.Б.*

Технології аналогів м'яса: сучасні тренди та прогнозовані перспективи ..... 52

*Кохан А.А., Кривопляс-Володіна Л.О.*

Перспектива застосування структурно-параметричного синтезу для проектування функціональних модулів машин-автоматів пакування штучних харчових продуктів..... 57

*Бойко Ю.І.*

Вплив вібрації на технологію виготовлення деталей..... 60

*Трудько С.С., Десик М.Г., Губеня О.О.*

Тенденції пакування фармацевтичних препаратів в блістерну упаковку ..... 63

*Теличкун В.І., Козак О.С.*

Математична модель процесу вакуумного охолодження батону..... 68

*Недорізанюк Л.П., Войцехівська Л.У.,*

*Даниленко С.Г., Вербицький С.Б.*

Вплив стартових культур на зниження вмісту нітриту натрію варених ковбас..... 73

*Кузьмін О.В., Омельченко М.С.*

Антиоксидантна здатність водно-спиртових настоїв фундука..... 78

*Наталія Кулик, Вікторія Морфлюк-Щур, Ольга Романюк*

Використання модифікованої атмосфери для пакування харчових продуктів з метою подовження терміну їх придатності..... 80

*Логінова А.О., Петруша О.О.*

Оцінка відповідності пряжених продуктів голосу споживачів..... 85

*Білуха Г.М., Боднарчук О.В., Романчук І.О.*

Дослідження сезонних змін білкового складу молока-сировини..... 88

*Мельник О.П., Кійко В.В.*

Енергоспоживання у харчовій промисловості в контексті цілей європейського зеленого курсу..... 90

УДК 621.798

## **Перспектива застосування структурно-параметричного синтезу для проєктування функціональних модулів машин-автоматів пакування штучних харчових продуктів**

**Кохан А.А., Кривопляс-Володіна Л.О.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Глобальна модель сталого розвитку суспільства визначає баланс трьох складових: людина/екологія/економіка, серед яких людина-споживач виходить на перше місце, а задоволення її потреб та покращення її життя стають найліпшими індикаторами ринкових відносин, які залежать від багатьох факторів.

За всі роки свого існування людство поки що не знайшло кращого інформаційного комунікатора для продажу продукції, ніж її упаковка [1].

Для створення упаковки в технологічному процесі задіяно три складові – продукт, пакувальний матеріал, пакувальна машина.

Сучасні зразки пакувальних машин -це складні технологічні системи, побудовані на агрегатно-модульному принципі. Тенденцією розвитку пакувальних машин передбачено, що новітні зразки такого обладнання – інтегральні технічні комплекси, створені на базі мехатронних та адаптронних модулів, кожен з яких є як функціонально, так і конструктивно самостійним виробом із великою кількістю синергетично зв'язаних між собою характеристик та параметрів, призначені для реалізації технологій пакування [2].

Методологія проєктування пакувальних машин із мехатронних та адаптронних функціональних модулів подібна до існуючих методологій проєктування технічних систем, але має суттєві відмінності у виконуваних функціях, що потребує проведення додаткових фундаментальних досліджень як структури машин і їх модулів, так і їх конструкційних та експлуатаційних характеристик.

З точки зору об'єкту пакування під штучною продукцією розуміють виріб, вага якого відповідає величині дози продукції, що формується під час виготовлення виробу, або визначається статичним зважуванням під час пакування.

До штучної продукції можна віднести хлібобулочні вироби, шматки м'яса із риби, птиці, великої та малої худоби, молочнокислі продукти (сири) тощо. Цей сегмент об'єкту пакування складає 10-15% від всіх видів об'єктів пакування в харчовій та біотехнологічній промисловостях.

Основними способами пакування такої продукції є:

- розміщення у споживчій тарі;
- розміщення у рукаві плівки, з якої виготовляється споживча упаковка;
- обгортання гнучкими пакувальними матеріалами;
- комбінований спосіб пакування.

Поряд із цим, в пакувальних машинах-автоматах передбачено виконання операцій щодо подовженого терміну зберігання продукції (вакуумне пакування, пакування в газовому середовищі, асептичне пакування).

Конструкція машини, її технологічна схема, вибір тих чи інших структурних елементів залежить від фізико-механічних характеристик продукції, її форми та розмірів, способу пакування, типу пакувального матеріалу, продуктивності, ступеню автоматизації тощо.

Для створення високоефективних, конкурентоспроможних зразків пакувального обладнання, а також для одержання високих показників ефективності проєктування застосовують системний підхід, що базується на аналізі та синтезі структури машини, її параметрів та системи керування.

Одним із підходів до створення новітніх пакувальних машин є технологія паралельного (спільного) інжинірингу [3]. Паралельний інжиніринг – це підхід у технологіях підтримки

життєвого циклу, що замінює тривалий лінійний процес проектування і дорогих дослідно-конструкторських робіт на паралельний.

Метод паралельного (спільного) інжинірингу виник на основі ідеології Lean Manufacturing (ощадливе виробництво) [4], яка передбачає розроблення сучасної пакувальної техніки в умовах жорстких обмежень фінансових ресурсів.

Розвиток цього підходу базується на використанні раніше накопиченого досвіду під час проектування нового пакувального обладнання та розроблення методів пошукового структурно-параметричного його синтезу.

Пошукова задача структурно-параметричного синтезу під час розроблення нової пакувальної машини виникає на концептуальній стадії проекту, тобто на етапі зовнішнього проектування. Цей етап можна характеризувати неповнотою і неточністю інформації. Дані на цій стадії проектування мають багатопараметричний й багатозначний характер.

Прийняття проектних рішень охоплює широке коло завдань і процедур – від вибору варіантів до задач творчого характеру, що не мають формального способу рішення. Однією із задач творчого характеру є структурно-параметричний синтез. Оскільки всі об'єкти і системи на певному рівні розгляду мають структуру, а елементи, що становлять структуру, мають параметри, то практично будь-яка задача проектування може бути зведена до задачі структурно-параметричного синтезу.

Прийняття проектних рішень у процесі структурно-параметричного синтезу включає такі етапи:

- формалізація вихідного опису й подання множини альтернатив (X);
- оцінювання поєднань і сумісності елементів;
- вибір критеріїв (K) для оцінювання ефективності отриманого рішення;
- визначення моделі розрахунку якості альтернатив за заданими критеріями (X→K);
- визначення правил вибору оптимального рішення.

В умовах інтенсивного розвитку комп'ютерних технологій, динамічної зміни внутрішнього і зовнішнього середовища для задоволення вимог замовників необхідні принципово нові підходи щодо використання інформаційних, матеріальних та енергетичних ресурсів, які є об'єктами відповідних перетворень у межах пакувальних процесів. У зв'язку з цим особливий інтерес мають сучасні стратегії, методи і технології в управлінні процесом проектування і розроблення нових виробів і модернізації існуючих. Передумовою розвитку пакувального обладнання є аналіз і синтез існуючих конструкцій машин і ліній, виділення переваг і недоліків окремих функціональних модулів. Одним із напрямків вирішення проблеми створення нового покоління пакувального обладнання є залучення принципу модульного проектування, у відповідності з яким будь-яка частина системи синтезується із окремих елементів (модулів). Модульне проектування обладнання узгоджується з еволюційним підходом і надає виробнику обладнання можливість проектувати складні технічні системи з послідовними і паралельними, плоскими і просторовими внутрішньо-машинними транспортними системами [5]. Сукупність функціонально зв'язаних між собою модулів утворює модульну структуру машини.

Принцип роботи фасувально-пакувального обладнання базується на взаємопов'язаному русі кількох матеріальних потоків - потоку пакувального матеріалу, допоміжних пакувальних засобів, тари та продукції. Якщо проектуються складні технологічні системи з n- потоково-просторових модулів, потрібно їх компонувати у просторі формуючи виробничі ділянки, а потім ділянки просторово компонувати відносно всього об'ємного простору виробничого цеху.

На сьогодні значна кількість фірм розробляє повнофункціональні системи автоматизованого проектування (САПР) — лінійки взаємозалежних програм (модулів), що підтримують більшість проектних процедур у певних областях проектування.

Основним недоліком цих пакетів програм є те, що в них запропоновані для користування типові методи одно- і багатокритеріальної оптимізації, кожен з яких має свої обмеження щодо застосування, точності та швидкості отримання результату. Це не дає можливість комплексно,

з єдиних позицій, оцінювати якість майбутнього виробу на різних стадіях проектування, оптимізувати його структуру й параметри одночасно.

Методикам і прикладним аспектам багатокритеріальної оптимізації технологічних машин і пакувальних машин-автоматів присвячено низка наукових праць [2, 3, 6]. Методи та концепція наскрізного проектування інтенсивно розробляється і впроваджуються зарубіжними вченими (Concurrent Technology) — одночасне проектування обладнання, окремих функціональних модулів (ФМ) і побудова технологічного процесу [7].

Результатами наукових досліджень встановлено, що найскладніше формалізувати в процесі проектування саме процедури структурного синтезу. Тому задачі, які потрібно вирішити перед структурним синтезом, класифікують за такими ознаками: за стадією проектування; за можливостями формалізації; за типом структур, що синтезують.

Формалізацію процедур структурного синтезу здійснюють на основі одного з таких підходів : перебір; послідовний синтез; трансформація опису різних аспектів. Пошук раціонального рішення при заданому технологічному процесі пакування і обраному принципі дії окремих функціональних модулів пакувальних машин і є задачею оптимального структурного синтезу. Формальна процедура, що регламентує цей процес, на сьогодні не розроблена. Тому при розв’язанні конкретних задач потрібно в кожному окремому випадку будувати свій алгоритм. Аналізуючи узагальнену структуру машини для пакування продуктів і виконуючи паралельно покроковий опис технологічного процесу пакування, можна провести структурний синтез пакувального обладнання загалом і окремих функціональних модулів.

Основною проблемою подальшого розвитку відомих методологій проектування є відсутність аналітичних і логічних залежностей, що пов’язують функціональне призначення пакувальної машини з її структурою, вимогами та умовами експлуатації й утилізації.

Проектування нового покоління пакувальних машин неможливе без створення нових систем програмних процедур у САПР технологіях, які б дали можливість конструктору на основі обмеженої інформації про пакувальну машину виконати всі етапи аналізу, синтезу, моделювання, оптимізації та відбору альтернатив.

Структурованість якості пакувальних машин є основою функціонального принципу функціонально-кібернетичної еквівалентності. За такою технологією на етапі проектування аналізується сукупність функцій, що має реалізувати пакувальна машина, визначається головна функція, сполучені з нею корисні, нейтральні та шкідливі функції, а також встановлюються функціональні модуль-носії функцій та з’єднання їх між собою.

Пошук найкращого варіанта конструкції та структури пакувальної машини має базуватися на виконанні багатопараметричного синтезу як окремих функціональних модулів, так і машини загалом. Саме тому напрям структурно-параметричного синтезу функціональних модулів пакувальних машин-автоматів є актуальним і важливим для розбудови пакувального машинобудування.

## Література

1. Шредер В.П. Полімерна упаковка: монографія / В.Л. Шредер, В. М. Кривошей, Н. В. Кулик., Київ: ІАЦ «Упаковка», 2021. 580 с.
2. Проектування пакувального обладнання із мехатронних модулів / М.В. Якимчук, О. М. Гавва, А. П. Беспалько та ін., Київ.: Видавництво «Сталь», 2017. 515 с.
3. Системна інженерія пакувальних машин-автоматів: монографія / О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. В. Токарчук та ін., Київ.: Видавництво «Сталь», 2023. 466 с.
4. Вумек, Д. Ощадливе виробництво./ Дж. Вумек, Д.Джонс. – Харків. Фабула, 2018. – 448 с.
5. Wiendahl H.P., Reichardt J., Nyhuis P. Handbuch Fabrikplanung -Wien: Hanser. 2014. 658 p.
6. Пальчевський Б. О. Багатокритеріальна оптимізація структури пакувальних автоматів / Б. О. Пальчевський, О. М. Шаповал // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні, 2009. - Вип. 43. - С. 115-120
7. Rich McEachran, Ben Rossi. Future of Industrial Machinery Manufacturing. Autodesk, p.16. Retrieved from dm-raconteur-whitepaper-industrial-machinery-manufacturing-en.pdf, 2020