

## **Розробка машини для пакування шоколадних батончиків в упаковку типу «флоу-пак» продуктивністю 180 штук за хвилину**

*Д.В. Пригодій, науковий керівник — доц. М.А. Масло, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ*

Однією з основних тенденцій сучасного розвитку і удосконалення пакувальних технологій є стрімке збільшення продуктивності пакувальних машин і подальша уніфікація пакувального обладнання на основі модульного принципу його компонування. Загальна ефективність експлуатації сучасного пакувального обладнання залежить від надійного функціонування всіх окремих функціональних модулів, які входять до складу пакувальних машин.

Характерними особливостями і вимогами до технологічного процесу пакування шоколадних батончиків в упаковку типу «флоу-пак» є забезпечення високої якості упаковки за умови достатньо високої продуктивності пакувальної машини. Перспективним напрямом удосконалення технології пакування шоколадних батончиків є створення упаковок із модифікованим газовим середовищем. Застосування таких упаковок прогнозовано забезпечить подовження термінів зберігання і гарантуватиме збереження високої якості пакованих батончиків. До упаковок із модифікованим газовим середовищем висувається ряд додаткових вимог, зокрема вимоги до якості їхніх зварних швів. До параметрів якості зварних швів відносяться: міцність, тобто здатність зварного шва сприймати зовнішні зусилля і не руйнуватись; герметичність, як характеристика газо- і рідинонепроникності; хвилястість, як геометрична характеристика зварного шва. Ці фактори, що є керованими і контрольованими, визначають якість упаковки. Експериментально встановлено, що якість зварних швів переважно залежить від товщини полімерних плівок, температури та тривалості процесу зварювання. Комплексний показник якості зварних швів полімерних плівок має вигляд:

$$Y = k_1 \cdot \alpha + k_2 \cdot \beta + k_3 \cdot \gamma,$$

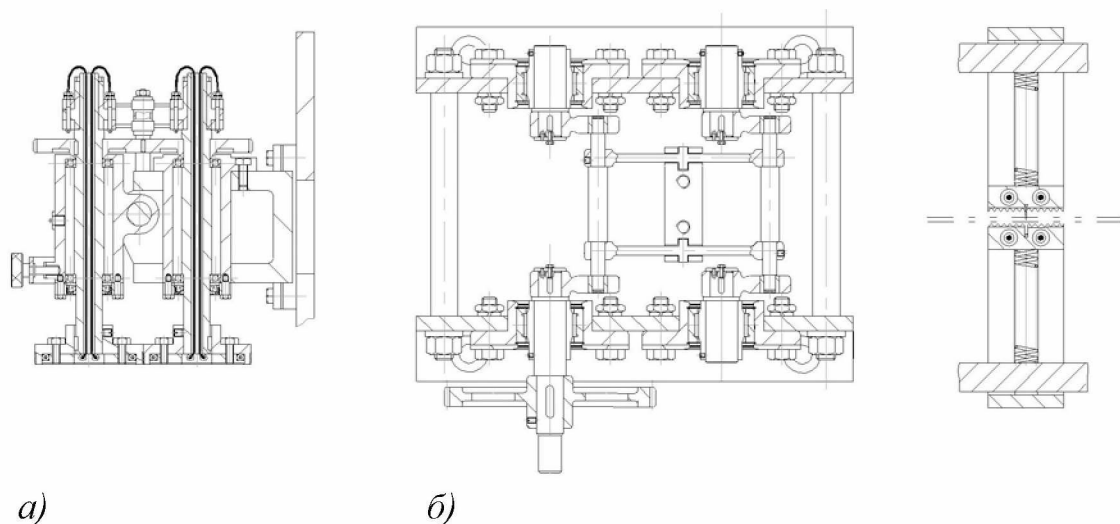
де  $k_1, k_2, k_3$  — коефіцієнти при окремих показниках якості зварного шва;

$\alpha$  — відносна міцність шва;

$\beta$  — відносна герметичність шва;

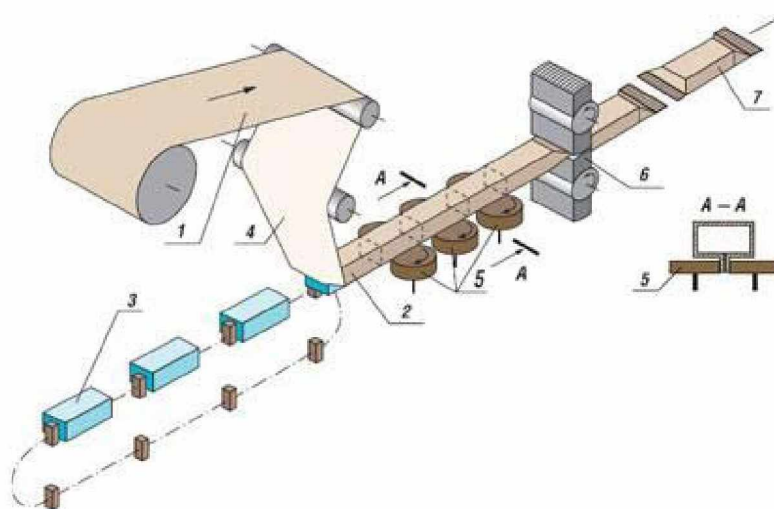
$\gamma$  — відносна хвилястість шва.

Міцність і герметичність зварних швів, як основні параметри, що забезпечують якість упаковки з модифікованим газовим середовищем, безпосередньо залежать від тривалості процесу зварювання. Зі збільшенням часу зварювання міцність і герметичність зварних швів значно покращуються. Для реалізації подовженого в часі процесу зварювання в конструкції пакувальної машини запропоновані нові механізми модульного типу для зварювання поздовжніх і поперечних швів, схеми яких наведені на рис. 1.



**Рис. 1.** Схеми механізмів зварювання герметичних швів упаковки типу «флоу-пак»: механізм зварювання поздовжніх швів (а); механізм зварювання поперечних швів (б)

Вказані механізми являють собою конструкції важільного типу з підпружиненими робочими елементами для термоконтактного зварювання, які дозволяють подовжити час зварювання у 5–7 разів, що сприятливо впливає на міцність і герметичність поздовжніх і поперечних швів упаковки.



**Рис. 2.** Технологічна схема машини для пакування шоколадних батончиків в упаковку типу «флоу-пак» у модифікованому газовому середовищі

На рис. 2 показана технологічна схема машини для пакування шоколадних батончиків в упаковку типу «флоу-пак». Машина має класичну компоновку машин цього класу, оснащена спеціальними механізмами зварювання швів нового типу і комплектується системою газонаповнення для пакування шоколадних батончиків в модифікованому газовому середовищі.

## **Синтез структури і вибір раціональної компоновки машини для пакування пластичної продукції у споживчу упаковку**

*Я.О. Мирошниченко, науковий керівник — проф. О.М. Гавва, д.т.н.,  
Національний університет харчових технологій, м. Київ*

Пакування пластичної продукції — це складний технологічний процес, який можна представити сукупністю цілого ряду основних і допоміжних операцій. Кожна з яких, у свою чергу, виконується в кілька прийомів і супроводжується додатковими операціями проміжного контролю, керування і блокування. Під час проектування пакувальних машин потрібно науково обґрунтовано враховувати найважливіші фізико-механічні властивості харчових продуктів. Для цього необхідна систематизація даних про такі властивості продуктів.

Основні фізико-механічні властивості класифікують за характером прикладання до продукту зовнішніх сил і спричинених ними деформаціях: зсувні властивості проявляються під час впливу дотичних зусиль, компресійні — під час впливу нормальних зусиль, і поверхневі — під час зсуву або відриву продукту від твердої поверхні. Якщо розглядати пластичний продукт у взаємодії із фасувально-пакувальною машиною-автоматом (ФПМА), то його можна поділити на: пластично-пружний, пружно-пластичний та пластично-в'язко-пружний.

Способи фасування пластичної продукції можна звести до трьох принципово різних методів:

- випресовування або розвальцьовування продукції у вигляді безперервного бруска, стрічки чи джгута з наступним відрізуванням або виділенням окремих порцій;
- випресовування продукції у проміжні камери (форми) з наступним виштовхуванням або витрушуванням із них відформованих порцій;
- випресовування відміряної порції продукції в попередньо підготовлену тару, яку в подальшому потрібно тільки герметизувати.

Складність процесу пакування пластичних продуктів у споживчу тару і його багатовимірність зумовлюють певні труднощі дослідного та розрахункового характеру під час виконання завдань аналізу та синтезу такого типу обладнання. Саме тому на попередньому етапі проектування є доцільним розробка графу технологічного процесу пакування пластичної продукції у споживчу тару. У подальшому розробляється структурний граф основних механізмів машини, а також граф зв'язків технологічного процесу, енергетично-потоківий, сигнальний і спрощений сигнальний графи. Вони дають змогу оцінити технологічний процес пакувань, функціональні модулі за їхніми енерговитратами і вибрати оптимальний варіант ФПМА.

Для правильної оцінки і вибору оптимального ФПМА з ряду подібних необхідно знати, які саме параметри є найбільш важливими і на які слід звертати увагу під час аналізу аналогічного обладнання.

Для оцінювання ФПМА були вибрані 33 параметри, що характеризують його за технічними, економіко-організаційними, пов'язаними з пакувальним матеріалом і продуктом, а також додатковими показниками.

За конструкцією пристрої для дозування пластичних продуктів машин дуже різноманітні, але достатньо повної методики розрахунку цих пристроїв не розроблено.

Оцінку і вибір раціонального дозувального пристрою з існуючих для пластичного харчового продукту здійснено за допомогою методу критеріального аналізу.

Для того, щоб обрати оптимальний варіант компонування ФПМА, розглянуто метод оптимізаційного синтезу, що базується на засадах методології SADT (Structured Analysis Design Technique) і передбачає побудову трьох рівнів концептуальної моделі, а саме: функціональної, функціонально-структурної і структурної.

Отже, можна зробити висновок, що відсутність науково обґрунтованої методики вибору структури пакувального обладнання для пластичних харчових продуктів значно ускладнює роботу, призводить до необхідності перестраховування, тобто прийняття завищених значень деяких параметрів, що негативно впливає на вартість, якість і ефективність розробленої конструкції. Це викликало необхідність розробки нової методології проектування машин цього типу з використанням відповідного програмного забезпечення, яке має можливість з високою достовірністю здійснити синтез усіх допустимих варіантів компонувань із визначеного набору функціональних модулів, їхню оцінку та вибір кращого.

Зазначена методика дозволяє більш ефективно оцінювати і вибирати оптимальний варіант ФПМА для пластичних харчових продуктів із ряду подібних та здійснювати синтез компонувальних рішень ФПМА.

У результаті виконання наукової роботи були вирішені такі завдання:

- проаналізовано фізико-механічні властивості пластичного харчового продукту, споживчої тари і пакувальних матеріалів;
- проаналізовано конструктивні виконання пакувального обладнання та його функціональні модулі;
- розроблено алгоритм та здійснено вибір оптимального дозувального пристрою за допомогою методу критеріального аналізу;
- здійснено вибір оптимальної фасувально-пакувальної машини-автомату з ряду подібних за допомогою функціонально-вартісного аналізу, що базується на методі експертних оцінок;
- розглянуто методи оптимізаційного синтезу компонувань машин для пакування пластичних харчових продуктів, що базуються на засадах методології SADT і передбачають побудову трьох рівнів концептуальної моделі.

## **Генетичний алгоритм у синтезі структури пакувальних машин**

*В.В. Матвійчук, М.В. Слюсарчук, наукові керівники: проф. Б.О. Пальчевський, д.т.н., асист. Т.Л. Вараніцький, Луцький національний технічний університет*

Аналіз робіт у галузі автоматизації проектування пакувальних машин показав, що завдання синтезу структури традиційно важко піддається формалізації.

У цей час досить актуальними є проблеми створення та розробки нових високоточних і швидких методів для синтезу структур пакувальних машин. Для багатьох завдань структурного синтезу застосування відомих математичних методів не є можливим внаслідок проблем NP-повноти та їхнього великого розміру. Саме з цієї причини проектування пакувальної машини зазвичай виконується в інтерактивному режимі за визначальної ролі людини. У міру розширення асортименту продукції ускладнюються і проєктовані пристрої. Як наслідок, можливості людини у вирішенні завдань звужуються, ростуть витрати часу на проектування, часто приймаються рішення, далекі від оптимальних. Тому пошук нових ефективних методів структурного синтезу пакувальних машин відноситься до актуальних проблем.

Порівняно новими виглядають методи еволюційного пошуку, що базуються на принципах генетики та природного відбору. Найбільш перспективним можна вважати генетичний алгоритм (ГА).

ГА здійснює оптимізацію як дискретних, так і неперервних змінних, можливий пошук по всьому простору рішень та змінних з поверхнями відгуку будь-якої складності [2]. Метод передбачає відсутність необхідності обчислення похідних та обмеження на кількість змінних.

Також ГА має можливість виходу з локальних мінімумів, знаходження набору оптимальних рішень, роботи з кодованими змінними та з масивами згенерованих чи експериментально отриманих числових даних, а також з аналітичними функціями.

Головна мета роботи полягає в розробці системи кодування та процедури синтезу структури пакувальних машин на базі ГА, що забезпечить отримання рішень із підвищеною ефективністю [6].

Еволюційні методи дозволяють прослідкувати та спрогнозувати розвиток конструкцій пакувань, а отже, і машин для їх виготовлення. Кодування хромосоми [6] повинне відображати не лише структуру ГВМ пакування, а й відповідну до неї групу виробів. Оскільки фенотип машин представлений функціональними модулями, то і його можна розбити на відповідні частини — блоки. Спосіб кодування полягає у витягу з хромосоми інформації про послідовність розміщення функціональних модулів та їхні характеристики. Фенотип являє собою деяку послідовність модулів та їхніх параметрів, відповідно до якої формується структура пакувальної машини.

## **Висновки**

Розроблені моделі структурно-компонувальних рішень пакувальних машин функціонально-модульної будови дають змогу скоротити тривалість проектування та підвищити його ефективність.

## Література

1. *Гавва О.М.* Пакувальне обладнання: в 3 кн. — Кн. 1.: Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко; за ред. О.М. Гавви. — К.: «Упаковка», 2008. — 436 с.
2. *Пальчевський Б.О.* Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): навч. посіб. / Пальчевський Б.О. — Львів: Світ, 2007 — 392 с.
3. *Пальчевський Б.О.* Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): навч. посіб. / Пальчевський Б.О. — Львів: Світ, 2001. — 232 с.
4. *Пальчевський Б.О.* Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва: навч. посіб. / Пальчевський Б.О. — Львів: Світ, 1994. — 208 с.
5. *Пальчевський Б.О.* Особливості функціонально-модульного проектування технологічних машин пакування / Б.О. Пальчевський // Збірник наукових статей. Луцьк. — 2006. — С. 38–39.
6. *Вараніцький Т.Л.* Методика оптимізаційного синтезу пакувальних машин із застосуванням генетичного алгоритму / Вараніцький Т.Л., Пальчевський Б.О. // Інженерна механіка та транспорт: матеріали доповідей II Міжнародної конференції молодих вчених ЕМТ-2011. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. — С. 78–82.