

УДК 621.798

Токарчук С.В., к.т.н., доцент,

Гавва О.М., д.т.н., професор

Захаревич В.Б., к.т.н., доцент

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

МОДУЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ПАКУВАННЯ В'ЯЗКО-ПЛАСТИЧНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У СПОЖИВЧУ ТАРУ

Вступ. Машини для пакування в'язко-пластичних харчових продуктів у споживчу тару - це сучасні та технічно складні системи, до складу яких входять різноманітні за своїм функціональним призначенням модулі, що виконують різні технологічні і допоміжні операції, суміщуючи їх у часі. На рис.1 наведено схему структури машини-автомата для пакування в'язко-пластичних харчових продуктів у споживчу тару [3].

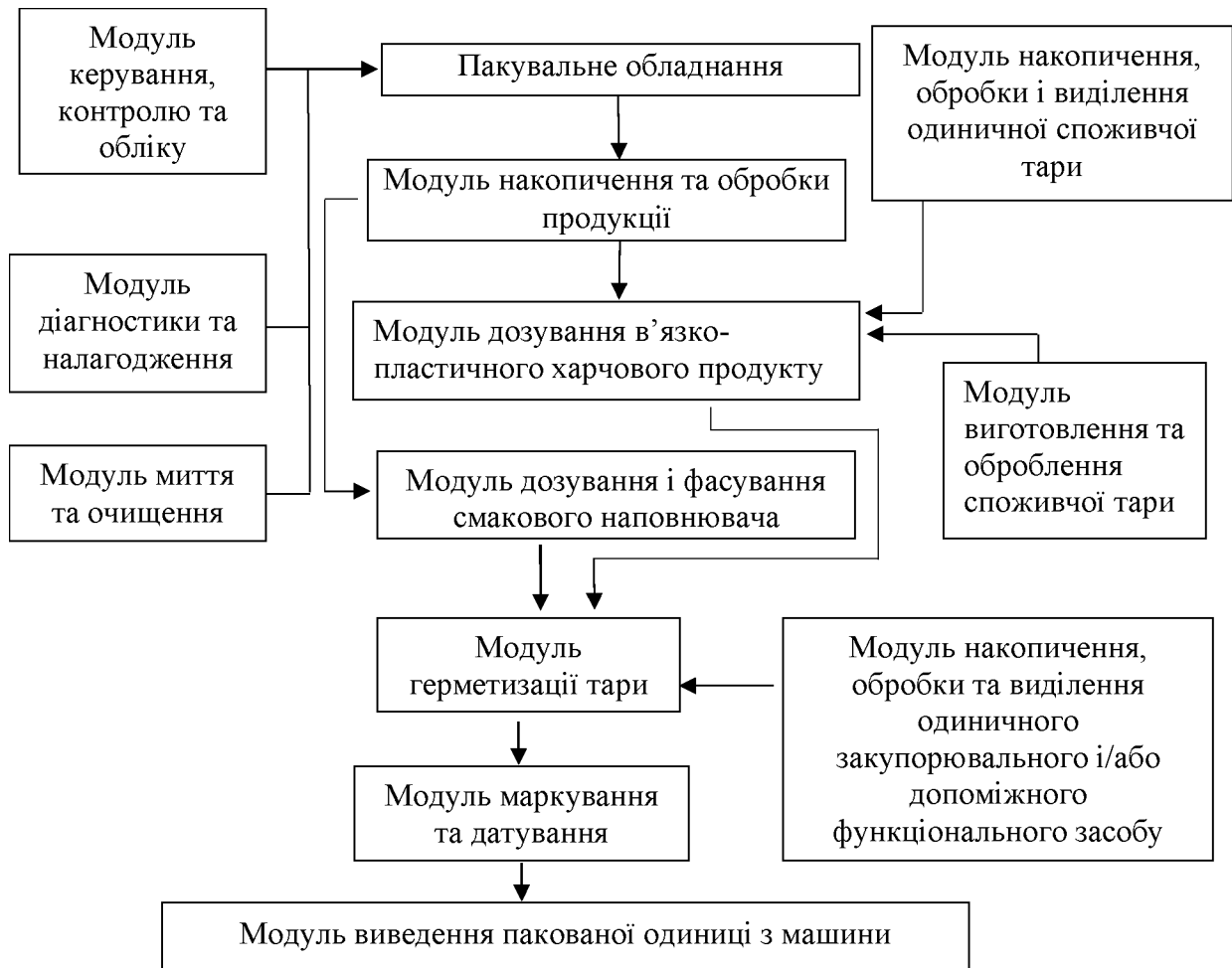


Рисунок 1 - Структура машини для пакування в'язко-пластичних харчових продуктів у споживчу тару

Мета досліджень. Створення машин для пакування в'язко-пластичної продукції потребує розробки загальної методики аналізу та синтезу технологічних і конструктивних схем такого обладнання. Основою такої методики є застосування певного алгоритму вибору структури пакувальної машини та наукове обґрунтування вибору і реалізації критеріїв ефективності. Для пакувального обладнання головними критеріями ефективності є точність виконання технологічних операцій, забезпечення високої продуктивності при максимальному суміщенні виконання операцій і руху робочих органів, ступінь гнучкості і переналагоджені, мінімальні витрати енергії на пакування та мінімальні витрати на виготовлення і

обслуговування машин. Під час проектування необхідно встановити вплив різних факторів на конкретний критерій і на завершальному етапі синтезу створити умови для реалізації максимального значення одного чи кількох критеріїв, а інші критерії повинні бути в межах допустимих значень.

Складність технологічної топології пакування в'язко-пластичних харчових продуктів у споживчу тару, багатовимірність як за кількістю складових елементів, так і за числом виконуваних функцій, створюють певні складності під час розв'язання задач аналізу та синтезу пакувального обладнання [3]. Також актуальною проблемою сьогодення для конструкторів пакувального обладнання є розробка алгоритму вибору оптимальної структури пакувальної машини (ПМ).

Методика досліджень. Складності пов'язані з розв'язання задач аналізу та синтезу можна вирішити, застосувавши модульний принцип проектування, в основу якого покладено топологічний метод аналізу технологічних систем [1]. Модульний принцип проектування дає змогу формальним чином встановлювати функціональний зв'язок між технологічною топологією й кількісними характеристиками функціонування системи у вигляді матеріальних та енергетичних навантажень на елементи технологічної системи. Топологічний метод аналізу технологічних систем базується на аналізі моделей систем та дає змогу значний обсяг інформації про технологічний процес пакування навести у конкретній і наочній формі.

Для розгляду всіх можливих схем технологічного процесу в'язких і пластичних харчових продуктів доречно створити граф технологічного процесу. Такий граф охоплює майже всі можливі основні операції пакування. На основі аналізу послідовностей виконання основних операцій, у разі потреби, виключенням або заміною деяких операцій можна створити необхідну технологічну схему [4].

Поряд із забезпеченням заданої продуктивності, структури пакувальної машини, одним із головних завдань, яке намагаються вирішити під час синтезу даного типу, є мінімізація витрат на його виробництво та експлуатацію. Крім того, однією з головних складових експлуатаційних витрат є споживання обладнанням енергії. Для оцінювання енерговитрат різними функціональними модулями побудовано їх топологічні моделі у вигляді графа зв'язків. Основою його побудови є енергетично-потоківий граф, для побудови якого потрібно звести всі структурні елементи системи до їх енергетичних еквівалентів або до блоків, у яких здійснюється введення, перетворення, розгалуження та розсіювання потоків енергії та маси. Блоки графа показують зв'язки системи із зовнішнім середовищем, а також витрати енергії у складових елементах системи. На основі енергетично-потоківого графа (кодова діаграма) побудовано граф зв'язків, який є основою для подальшої обробки та перетворень. Наступним етапом моделювання є перетворення графа зв'язків до вигляду, який надає можливість одержати розв'язок розробленої моделі. Одним із різновидів таких перетворювань є побудова сигнального графа. Сигнальний граф – це орієнтований граф, що відповідає лінійним або лінеаризованим системам рівнянь математичної моделі технічної системи й відображає причинно-наслідковий зв'язок між елементами системи [3].

Один із способів застосування кінцевого вигляду сигнального графа базується на положенні, що графи – це топологічна форма інтерпретації системи компонентних рівнянь. З отриманого компонентного рівняння стає зрозумілим характер та величина взаємодії масово енергетичні потоків в системі. Використавши отримане рівняння для визначення витрат енергії у функціональних модулях пакувальної машини встановлено, що найбільш енергомісткими функціональними модулями є дозатор та транспортна система.

Для правильної оцінки і вибору оптимальної ПМ з ряду подібних необхідно з'ясувати, які параметри є найбільш важливими і на які слід перш за все звернути увагу при аналізі аналогічного обладнання. Деякі параметри, що впливають на вибір ПМ, мають яскраво виражений пріоритетний характер. Багато параметрів рівнозначні і важко віддати якому-небудь з них перевагу, а є і такі, що в явній або неявній формі протирічають один одному. Одним з шляхів вирішення подібних задач є використання методу функціонально-вартісного аналізу (ФВА).

Для оцінки ПМ для в'язко-пластичних харчових продуктів було означено ряд параметрів [2]: характеристики, пов'язані з пакованою продукцією (різноманітність видів пакованих продуктів, ємкість завантажувального бункера, точність дозування, діапазон дозування, час переналагодження обладнання з одного продукту на інший; технічні характеристики (продуктивність з продуктом, споживана електрична потужність, витрати повітря, тиск повітря, ступінь автоматизації, маса обладнання, габаритні розміри обладнання, матеріал виготовлення обладнання; характеристики, що пов'язані з пакувальним матеріалом та упаковкою (необхідна точність до товщини пакувального матеріалу (плівки), діапазон ширини плівок, різноманітність типів упаковки, різноманітність розмірів упаковки, тип зварювання, діапазон температур зварювання); економіко-організаційні показники (вартість обладнання, економія матеріалу машиною, термін окупності обладнання, кількість обслуговуючого персоналу, вимога до кваліфікації персоналу, умови підписання контракту); додаткові характеристики (зовнішній вигляд обладнання, наявність системи захисту обслуговуючого персоналу під час роботи обладнання, наявність системи управління, наявність системи змащування, наявність додаткового обладнання, запасні комплектуючі).

Рейтингову оцінку запропонованих параметрів проведено із залученням ряду експертів пакувальної індустрії, що мають безпосереднє відношення до досліджуваного обладнання, та з застосуванням методу експертних оцінок [2]. Коефіцієнти значущості в загальній оцінці найбільш важливих складових оптимальної структури машини показано на рис. 2.

Висновки. Проведені дослідження дають змогу стверджувати, що:

- використання системи модульного проектування дає можливість створити параметричні ряди функціональних модулів машин, на основі яких стане можливим створення пакувального обладнання з найоптимальнішими параметрами та показниками;
- складності дослідного та розрахункового характеру які виникають під час розв'язання задач аналізу та синтезу фасувального обладнання можна усунути застосувавши топологічний метод аналізу технологічних систем;
- результати досліджень вказують на те, що саме вдосконалення функціонального модуля дозування в'язко-пластичної продукції як з точки зору енергоспоживання, так і точності дозування є перспективним шляхом розвитку машин даного типу.

Література

1. Васильев А.Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 240 с.
2. Вступ до теорії складності дискретних задач / А.В. Панішев; Житомирський держ. технологічний ун-т. - Житомир: ЖДТУ, 2004. – 326 с.
3. Гавва О.М. Пакувальне обладнання: підручник / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І., Кохан О.О. – Київ: ІАЦ "Упаковка", 2010. – 744 с.
4. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / Изд. 2-е, стереотип. – Киев.: Техника, 1977. – 768 с.

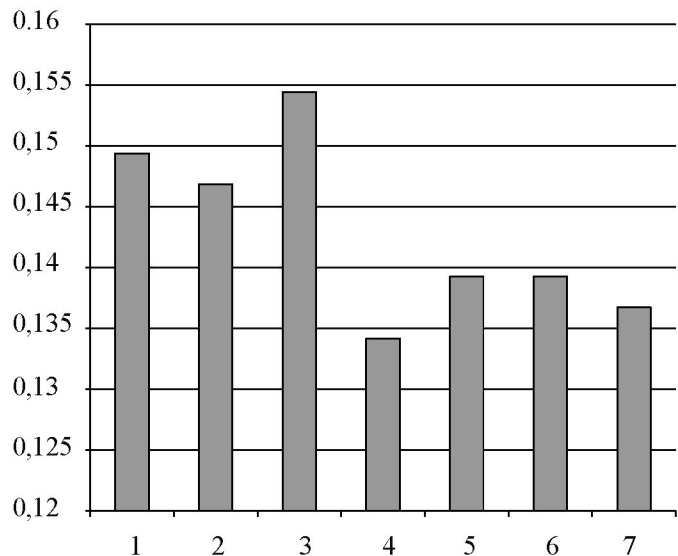


Рисунок 2 - Діаграма ранжування найбільш впливових характеристик: 1) точність дозування; 2) продуктивність з продуктом; 3) термін окупності обладнання; 4) необхідна точність до товщини пакувального матеріалу (плівки); 5) економія матеріалу машиною; 6) наявність системи захисту обслуговуючого персоналу під час роботи обладнання; 7) доступність комплектуючих