

УДК Д621.789

О.М. Гавва, д.т.н.

Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н.

О.О. Кохан, к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ

## КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН

Під час створення новітніх зразків пакувальних машин важливим є вибір критеріїв для оцінювання їх ефективності, визначення перспективних напрямків їх розвитку та дослідження.

Вибрані критерії ефективності дають змогу виконати синтез структурно-компонувальної схеми пакувальної машини із обмеженого набору уніфікованих функціональних модулів та сформулювати кращий варіант машини.

За характером відображення ефективності такі критерії умовно можна поділити на економічні та технічні [4, 5]. До економічних критеріїв можна віднести капітальні витрати на створення пакувальної машини, зведені витрати, собівартість пакованої продукції тощо.

Для оцінювання ефективності функціонально-модульного проектування пакувальної машини із серійних функціональних модулів, варіанти структурних компонувань машини оцінюють за капітальними витратами на створення машини або за собівартістю пакованої продукції.

Однак застосування економічних критеріїв-показників на етапі проектування нової пакувальної машини має певні обмеження:

- похибка оцінювання капітальних витрат може становити 300-400 %, що суттєво впливає на прийняття важливих рішень;
- відсутні зворотні зв'язки між економічними показниками та конструктивними характеристиками машини.

Ці недоліки здебільшого сприяють застосовувати під час проектування нових машин технічні критерії ефективності.

Показники, які кількісно характеризують функціональне призначення пакувальної машини, називають вихідними експлуатаційними. В основу функціонального призначення машини покладають дані про продукцію – її вид, якість, кількість. За допомогою цих показників визначають функціональну точність машини.

Придатність пакувальної машини до пакування продукції в заданій кількості характеризується її продуктивністю та надійністю.

Таким чином якість пакувальної машини характеризують такими техніко-експлуатаційними показниками: функціональна точність, продуктивність та надійність.

Для аналізу функціональної точності пакувальної машини за якістю виготовленої продукції використовують такі показники [4]:

- коефіцієнт точності  $K_T$ ;
- коефіцієнт моментальної точності  $K_{MT}$ ;
- коефіцієнт зміщення налагодження  $K_H$ ;
- коефіцієнт зміщення налагодження в момент  $t$ - $K_T(t)$ ;
- коефіцієнт запасу точності.

Для оцінювання функціональної точності пакувальної машини за якістю виробу використовують комплексний показник, який враховує одночасно ступінь розсіювання значень показника якості і величину похибки налагодження [3,4]:

$$K_c = \max \left| \frac{\omega}{2(y_{\max} - \bar{y})}; \frac{\omega}{2(\bar{y} - y_{\min})} \right|, \text{ або } K_c = \max \left| \frac{\omega}{T_y - 2E_H}; \frac{\omega}{T_y + 2E_H} \right|,$$

де  $\omega$  – поле розсіювання показника якості;  $T_y$  – поле допуску на показник якості;  $y_{\max}, y_{\min}$  – найбільші допустимі значення показник якості виробу;  $y$  – центр розсіювання від середини поля допуску  $y_0$ ;  $E_H$  – похибка налагодження,  $E_H = \left| \frac{y - y_0}{y} \right|$ .

За значенням  $K_C$  функціональну точність пакувальної машини класифікують:

- $K_C > 1,5$  – дуже погана;
- $1,0 < K_C < 1,5$  – погана;
- $0,75 < K_C < 1,0$  – посередня;
- $0,6 < K_C < 0,75$  – задовільна;
- $0,5 < K_C < 0,6$  – добра;
- $K_C < 0,5$  – дуже добра.

Для визначення коефіцієнтів функціональної точності використовують методи теоретичного аналізу залежностей між показниками якості виробу та параметрами пакувальної машини, або експериментальні методи за якими визначають відповідність дослідних даних певному типу закону розподілу.

Визначення продуктивності пакувальної машини – це одне з основних завдань, що виникає під час її створення. Оскільки в пакувальних машинах продукція видається поштучно, то і продуктивність визначається поштучними виробами за одиницю часу.

З точки зору режимів роботи пакувальної машини розрізняють: технологічну, циклову та технічну продуктивність [2].

Технологічна продуктивність не враховує витрату часу на виконання холостих ходів та виконання допоміжних переходів. Циклова або теоретична продуктивність визначає кількість виготовлених пакувальних одиниць за один робочий цикл  $T_p$ . Технічна продуктивність враховує витрату часу на внутрішні машинні простоювання робочих органів.

Існують такі шляхи підвищення циклової продуктивності пакувальної машини:

- при зменшенні тривалості робочого ходу (операції) зростає технологічна продуктивність. При зростанні технологічної продуктивності зростає циклова продуктивність, але за незмінної конструкції машини, коли тривалість холостого ходу є величиною сталою. За цих умов зменшується коефіцієнт продуктивності машини, і циклова продуктивність наближається до певної обмеженої величини;
- при зменшенні тривалості робочого ходу і тривалості холостого ходу межі підвищення продуктивності немає.

Надійність пакувальних машин, як більшості технічних об'єктів, характеризуються одиничними показниками безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, придатності до зберігання, а також комплексними показниками, які одержують із комбінацій цих одиничних показників [1]. Для характеристики пакувальних машин найбільш широко використовують коефіцієнт готовності машини, який характеризує її безвідмовність і ремонтпридатність.

Коефіцієнт готовності визначається за виразом [4]:

$$K_G = \frac{m_t}{m_t + m_e},$$

де  $m_t$ ,  $m_e$  – середнє напрацювання на віднову та середній час відновлення роботоздатності пакувальної машини.

При визначенні коефіцієнта готовності не беруть до уваги заплановані періоди на технічне обслуговування. Ці періоди враховують за допомогою коефіцієнта технічного використання  $\eta_T$ , який визначається:

$$\eta_T = \frac{m_t}{m_t + m_e + m_{TO}},$$

де  $m_{TO}$  – сумарний час технічного обслуговування за певний період експлуатації.

У практичних розрахунках часто визначають  $K_G$ , тобто  $\eta_T \approx K_G$ .

Сучасні пакувальні машини складаються з багатьох функціональних модулів. Здебільшого компоновання функціональних модулів характеризується жорсткими міжмодульними зв'язками. Для такого типу пакувальних машин коефіцієнт готовності визначається за виразом:

$$K_{Г.М} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{K_{ci}} - 1 \right)},$$

де  $n$  – кількість функціональних модулів;  $K_{ci}$  – коефіцієнт готовності  $i$ -го функціонального модуля.

За відомих значень коефіцієнта готовності технічну продуктивність функціонального модуля можна визначити:

$$Z_{ТХ} = K_{Г} \frac{1}{t_p + \max\{t_{T_1} : t_{T_2} : t_{T_i}\}},$$

де  $t_p$  – тривалість робочого ходу (виконання операції) робочого органу;  $t_{T_1}$ ,  $t_{T_2}$ ,  $t_{T_i}$  – тривалість холостого ходу робочого органу, або тривалість транспортування  $i$ -их матеріальних потоків.

Для синтезу багатопозиційної пакувальної машини із елементів структури будують графову модель варіантів структури машини, у якій враховується можливість виконання окремих операцій процесу пакування різними технічними засобами.

Поетапний синтез проводиться таким чином, щоб забезпечити максимальну технічну продуктивність пакувальної машини не тільки на окремому етапі, а й на всіх наступних та машини загалом [6].

При переході від одного типу функціонального модуля до іншого для визначення технічної продуктивності приймають тривалість виконання переходу найповільнішим модулем. Загалом множина функціональних модулів  $M$ , придатних для створення пакувальної машини, складається з множин відповідних типів окремих функціональних модулів  $M_k$ . Для обмеження розміру цих множин використовують дерево технічних рішень.

При послідовному розгляді етапів пакування продукції, кожний наступний перетворюється в робочу позицію, яка приєднується до вже створених. При об'єднанні двох елементів структури машини враховують можливість послідовного або паралельного виконання операцій. На наступних кроках синтезу розмітка охоплює всі вершини графа. Отриманий максимальний шлях на графі синтезу дає інформацію про характер приєднання кожного із функціональних модулів до пакувальної машини.

Запропонована методика синтезу структурної схеми пакувальної машини із обмеженого набору комплектів уніфікованих функціональних модулів дає змогу створювати кращий за надійністю та технічною продуктивністю варіант пакувальної машини.

### Література

1. ГОСТ27.002-89. Надежность в технике: Основные понятия и определения. – М.: Госстандарт, 1990. – 38с.
2. Благодарский В.А. Машины автоматы для упаковки пищевых продуктов: Справ. – К.: Техника, 1985. – 232 с.
3. Пальчевский Б.О. Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва / Львів: Світ, 1994. – 208с.
4. Пальчевский Б.О. Автоматизация технологических процессов (выготовления и пакування виробів) / Львів: Світ, 2007. – 392.
5. А.А. Вайнберг Технологическая эффективность оборудования зерноперерабатывающей промышленности / Вайнберг А.А., Котлер Л.И. – М.: Колос, 1975. – 239с.
6. Ю.М. Кузнецов Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури / Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.О.