

Машини-автомати чи автоматизовані потокові лінії пакування

О.М. Гавва, д.т.н., О.О. Кохан, к.т.н., Національний університет харчових технологій,
В.В. Халайджі, к.т.н., ІАЦ «Упаковка», м. Київ

Виробництво та пакування продукції реалізується в потокових лініях, до складу яких входять функціонально різні машини, погоджені за продуктивністю і пов'язані транспортно-накопичувальними пристроями. Процеси в потокових лініях є одним великим процесом (потоком) [1]. А тому оптимізація процесу лише в одній машині без урахування зв'язків з іншими машинами часто призводить до того, що весь технологічний потік не відповідає оптимальному режиму. Вивчення процесів та побудова оптимальних потокових ліній ґрунтуються на основних теоретичних засадах теорії систем [2]. На сьогодні раціональним напрямом досліджень технологічних ліній є аналіз і синтез процесів, виявлення чинників, що призводять до розпадання їх як органічного цілого, та усунення цих чинників за

допомогою відомих наукових методів. Ігнорування концепції розвитку технологічного потоку під час проектування лінії спричиняє створення нежиттєздатної системи [1]. У центрі організації системних досліджень повинні знаходитися рішення проблеми інтеграції процесів у лінії як елементів системи.

Процес пакування передбачає виконання низки послідовних операцій, метою і кінцевим результатом яких є пакована продукція [3].

Організація пакувального процесу на підприємствах може бути реалізована за різними схемами. Вибір схеми залежить від потужності підприємства, виду продукції, запитів споживача та транспортної логістики. Загалом, організація процесу пакування може проходити в одну, дві, три та чотири стадії [3].

Одностадійний процес передбачає пакування продукції виключно у споживчу, транспортну тару або спеціальні контейнери.

Двостадійний — пакування продукції у споживчу тару з подальшим формуванням групової упаковки, або у транспортну тару з подальшим формуванням збільшених вантажних одиниць, або у спеціальні контейнери з подальшим укладанням їх в універсальні контейнери.

Тристадійний процес дає змогу пакувати продукцію у споживчу тару з подальшим формуванням групової упаковки і збільшених вантажних одиниць або у транспортну тару з подальшим формуванням збільшених вантажних одиниць та вкладанням їх в універсальні контейнери.

Чотиристадійний — у споживчу тару з подальшим формуванням групової



упаковки і збільшених вантажних одиниць та вкладанням їх в універсальні контейнери.

Дво-, три- і чотиристадійні процеси пакування обумовлюють впровадження на підприємствах індустріальних методів переробки матеріальних потоків (продукція, пакувальний матеріал, тара, допоміжні пакувальні засоби). Кожна зі стадій технологічного процесу складається з однієї або декількох (5–7) основних операцій та однієї або декількох (3–5) допоміжних.

Індустріальний метод переробки матеріальних потоків передбачає застосування машин з автоматичною системою керування (машина-автомат) [3]. Машина-автомат — це машина, яка під час виконання технологічних операцій самокеровано здійснює всі робочі, допоміжні та додаткові рухи робочого циклу і потребує лише візуального контролю, технічного обслуговування та переналаштування [4]. До складу машини-автомата можуть входити приводи, виконавчі механізми, робочі органи для виконання основних, допоміжних і додаткових операцій, а також система керування, яка координує роботу цих робочих органів. Кількість робочих органів у машині залежить від структури технологічного процесу, що виконується цією машиною.

Пакувальні машини, як і будь-які інші технологічні машини, залежно від кількості операцій поділяють на прості машини (1–2 операції) та агрегати (5–8 операцій). Прості машини здебільшого періодичної дії і зазвичай не є поточковими. Значна кількість пакувальних машин сьогодні — агрегати (моноблоки — для фасування рідкої продукції та закупорювання пляшки), які за структурою робочих органів і сукупністю виконання операцій є поточковими, тобто призначені для роботи в поточкових лініях [5].

Пакувальні машини-автомати нового покоління облаштовані новими конструкціями робочих органів з індивідуальними керованими приводами, які відповідають новим вимогам експлуатації — висока продуктивність, універсальність та гнучкість до переналагодження. Новітні машини мають електронні системи керування,

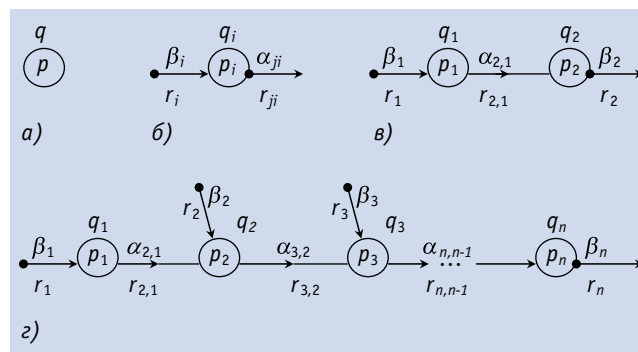


Рис. 1. Графи структур поточкових ліній з послідовно розташованими пакувальними машинами: окрема машина (а); машина q_i з приєднаними зовнішніми r_i і внутрішніми r_{ji} зв'язками (б); дві машини q_1 і q_2 з'єднані зв'язками (в); поточкова лінія з послідовно з'єднаних машин (г)

які ґрунтуються на спільному використанні компонентів різної фізичної природи. Так, у пакувальному обладнанні розрізняють три основних функціональних блоки, що характеризуються з'єднанням відповідних елементів у систему: механічну, електричну та апаратно-програмну [6]. Таке взаємопроникнення електричної системи в механічну та синергетична апаратно-програмна інтеграція складових елементів утворює мехатронний модуль.

Мехатронний підхід до створення нового пакувального обладнання полягає в тому, що воно є органічно-цілісною електро-механо-гідро-електронною технічною системою, яка містить електронно-комп'ютерну апаратуру автоматизованого управління [6].

Сьогодні пакувальне обладнання — це складна технічна система, створена на основі мехатронних модулів, об'єднання яких підлягає певним функціональним закономірностям для вирішення поставленого виробничого завдання та утворює багаторівневу інтелектуальну систему керування з розгалуженою мережею зворотних зв'язків, здатну адаптуватися до зміни умов виробництва.

Сукупність обладнання, що виконує багатоопераційний технологічний процес, називають лінією [4].

Основною ознакою лінії є її технологічне призначення. За цією ознакою виокремлюють лінії, що виконують однотипні технологічні операції, та лінії, що виконують операції декількох технологічних процесів. Такі лінії називають комплексними. Вони виконують: пакування продукції у споживчу тару, формування групових

упаковок, формування збільшених вантажних одиниць. У комплексних лініях пакування двічі здійснюється трансформація вантажного потоку: споживча упаковка → групова упаковка; групова упаковка → збільшена вантажна одиниця.

При створенні автоматизованих ліній пакування, окрім оптимального підбору пакувальних машин автоматичної дії, основну увагу необхідно звертати на автоматизацію міжопераційних процедур, таких як транспортування, орієнтування, з'єднання та роз'єднання потоків упаковки, міжопераційне нагромадження тощо [4]. Технологічною основою побудови таких ліній є поточковий метод організації виробництва.

До основних ознак побудови автоматизованих поточкових ліній належать:

- послідовний, паралельний, послідовно-паралельний принцип побудови;
- наявність різної кількості послідовних позицій і паралельних потоків;
- неперервність або дискретність міжпозиційного транспортування виробів.

Структура технологічного потоку, що реалізується автоматизованою лінією пакування, визначається зв'язками між його окремими позиціями. Будь-який технологічний потік можна охарактеризувати одним із трьох його видів: потік із жорсткими, напівжорсткими та гнучкими зв'язками.

У потоках із напівжорсткими і гнучкими зв'язками можлива більш «м'яка» організація виробництва, що пов'язано з недосконалістю технології, нестабільними властивостями

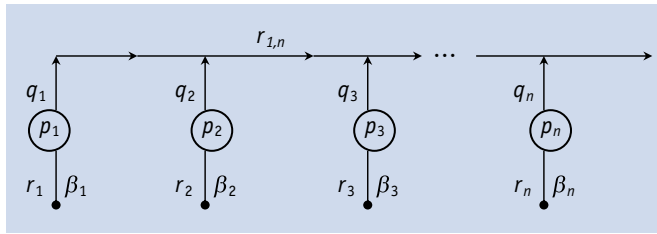


Рис. 2. Граф структури потокової лінії з паралельним розташуванням пакувальних машин



матеріальних потоків, відсутністю машин з потрібними технічними характеристиками, різними технологічною надійністю операцій та конструктивною надійністю машин тощо.

Пакувальні виробництва здебільшого побудовані на організації поточкових ліній із напівжорсткими зв'язками. Це обумовлено тим, що перехід до застосування ефективних машинних технологій не є простим механічним поєднанням наявних або новостворених машин у лінію — це насамперед перехід до якісно нових технологій і машин-автоматів.

Під час проектування автоматизованих поточкових ліній пакування важливо виконати попередній синтез варіантів їх компонування з погляду прогнозованої надійності. Надійність потокової лінії — один із важливих параметрів, що впливає на фактичну продуктивність лінії, геометричні розміри конвеєрів накопичувачів [7]. Автоматизовані поточкові лінії пакування — це складні структурні схеми технологічних комплексів, а тому для їх опису доречно застосувати топологічні моделі або графи.

На таких моделях пакувальна машина представлена у вигляді кола, а транспортні засоби, що з'єднують машини, — відрізком. У результаті такого з'єднання одержуємо топологічну модель або граф лінії (рис. 1).

Структуру лінії із n послідовно з'єднаних машин можна описати виразом $S(Q, R) = S(n-1, n)$, де $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ — кількість технологічних машин, а $R = \{r_{2,1}, r_{3,2}, \dots, r_{n,n-1}\}$ — кількість транспортних засобів, що з'єднують машини. Зв'язки $R_i = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ є зовнішніми. За допомогою зовнішніх зв'язків до пакувальних машин q_1, \dots, q_n подаються продукція, тара, допоміжні пакувальні засоби.

Через ці зв'язки лінія пов'язується з іншими машинами та лініями (виготовлення продукції, тари, закупорювальних засобів тощо). Надійність системи $S(I, 0)$, що складається з однієї $Q = \{q_j\} = 1$ окремої машини дорівнює $P[S(I, 0)] = P$. Якщо до цієї машини приєднати внутрішню транспортну систему r_{ij} , що має надійність α_{ij} , то надійність такого поєднання буде дорівнювати $P[S(I, 0)] = P \cdot \alpha_{ij}$. Надійність системи $S(I, I)$, яка складається з однієї машини q_i , внутрішніх r_{ji} та зовнішніх r_i транспортних зв'язків, буде дорівнювати $P[S(I, I)] = p_i \cdot \alpha_{ji} \cdot \beta_i$. Надійність системи $S(2, I)$, що складається з двох машин, одного внутрішнього $r_{2,1}$ і двох зовнішніх r_1 та r_2 транспортних зв'язків, дорівнює $P[S(2, I)] = p_1 \cdot p_2 \cdot \alpha_{2,1} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$. Подібно наведеним прикладам запишемо вираз для визначення надійності лінії з n послідовно з'єднаних машин.

$$P[S(n, n-1)] = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n \cdot \alpha_{2,1} \cdot \alpha_{3,2} \cdot \dots \cdot \alpha_{n,n-1} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_n, \quad (1)$$

де p_1, p_2, \dots, p_n — надійність пакувальних машин; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — надійність зовнішніх зв'язків; $\alpha_{2,1}, \alpha_{3,2}, \dots, \alpha_{n,n-1}$ — надійність внутрішніх транспортних зв'язків.

На основі отриманого виразу можна зробити висновок, що надійність поточкових ліній $S(Q, R)$ з n послідовно розташованих і з'єднаних пакувальних машин дорівнює добутку надійності p_i машин і зв'язків β_i та α_{ij} , що входять до цієї лінії.

У випадку паралельного розташування пакувальних машин у потоковій лінії, її надійність можна визначити, представивши такою топологічною моделлю (рис. 2).

Надійність такої лінії визначається як

$$P[S(n, 1)] = 1 - [(1 - p_1 \beta_1) (1 - p_2 \beta_2) \dots (1 - p_n \beta_n)] \alpha_{1,n}. \quad (2)$$

Якщо припустити, що магістральний конвеєр r має надійність $\alpha_{1,n} = 1$, то формула (2) матиме вигляд

$$P[S(Q, R)] = 1 - (1 - p_1 \beta_1) (1 - p_2 \beta_2) \dots (1 - p_n \beta_n). \quad (3)$$

У випадку, коли $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_n = 1$, а $p_1 = p_2 = \dots = p_n = p$, то вираз (3) можна записати як

$$P[S(Q, R)] = 1 - (1 - p)^n = np - \frac{n(n-1)}{2!} p^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} p^3 - \dots + (-1)^m \frac{n!}{(n-m)! m!} \cdot p^m - (-1)^n \cdot p^n. \quad (4)$$

На основі виразу (4) можна зробити такі висновки: поточкові лінії з паралельним розташуванням пакувальних машин мають підвищену надійність лінії при збільшенні кількості паралельно розташованих пакувальних машин; лінія буде виконувати свої технологічні функції, якщо з ладу вийдуть одна, дві або більше машин. На практиці широко застосовується послідовно-паралельне компонування. До того ж машини з найменшими значеннями надійності розташовують паралельно. А тому, під час проектування автоматизованої потокової лінії, потрібно зосереджуватися на пошуку оптимального варіанту щодо високої надійності і незначної її вартості.



Висновки

1. Машини-апарати є основними складовими автоматизованих поточкових ліній пакування. Вимоги до проектування та створення машин-автоматів мають ґрунтуватися на вихідних даних автоматизованих поточкових ліній. Лише за таких умов можна одержати наближені до оптимальних результати роботи поточкової лінії пакування.
2. Для забезпечення широких запитів виробництв доречно здійснити проектування машин-автоматів на основі функціонально-модульного принципу, який може забезпечити широку лінійку параметричних рядів пакувальних машин одного функціонального призначення.
3. Одержання раціонального або наближеного до оптимального компонування автоматизованих поточкових ліній потребує попереднього аналізу та синтезу структури лінії за прийнятими критеріями ефективності.

Література

1. Панфилов В.А. Технологические линии пищевых производств / В.А. Панфилов. — М.: Колос, 1993. — 288 с.
2. Тютюнникова С.В. В2В-маркетинг: влияние характеристик упаковочно-

го оборудования на потребительский выбор / С.В. Тютюнникова, М.А. Голованова // Экономика та управління підприємствами машинобудівної галузі : Проблеми теорії та практики. — 2008. — № 2. — С. 147–158.

3. Гавва О.М. Пакувальне обладнання в 3 кн. — 1 кн. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. — Київ: ІАЦ «Упаковка», 2008. — 436 с.

4. Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів) / Б.О. Пальчевський. — Львів: Світ, 2007. — 392 с.

5. Пальчевський Б.О. Структурна оптимізація автоматизованих ліній пакувального виробництва / Б.О. Пальчевський, С.В. Власюк // Упаковка. — 2004. — № 3. — С. 20–23.

6. Якимчук М.В. Основи методології створення пакувальних машин із мехатронних модулів / М.В. Якимчук, О.М. Гавва // Пакувальна індустрія (ринок, інновації, бізнес-практики) : Матеріали VIII Науково-практичної конференції. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2014. — С. 38–41.

7. Волчеквич Л.И. Надежность автоматических линий / Л.И. Волчеквич — М.: Машиностроение, 1971. — 354 с. *Ж*

Машини-автоматы или автоматизированные поточковые линии упаковывания

А.Н. Гавва, д.т.н., Е.А. Кохан, к.т.н., В.В. Халайджи, к.т.н.

Автоматизированные поточковые линии упаковывания реализуют комплекс процессов, который является одним технологическим потоком. Оптимизация процесса только в одной машине, без учета связей с другими машинами линий, часто приводит к тому, что весь технологический поток далек от оптимального режима. Авторы анализируют современные машины-автоматы для упаковывания продукции. В статье также сформулированы основные требования к ним для обеспечения оптимального режима исполнения процесса упаковывания в поточковой автоматизированной линии.

Ключевые слова: машина-автомат; поточковая линия; продуктивность; надежность; технологический процесс; внешние и внутренние связи.

Automatic machines or automated packaging line

O.M. Gavva, Dr., O.O. Kohan, Ph.D., V.V. Khalaydzhi, Ph.D.

Automated packaging line are implemented complex processes, which are one process stream. Optimization of the process in one machine without incorporation connections with other machines lines, often resulting in that the entire process flow is far from optimal mode. The authors analyze the modern automatic machines for the packaging of products. In the article authors also formulate the basic requirements to them for optimal performance packaging process in an automated flow lines.

Keywords: automatic machine; stream line; productivity; reliability; the manufacturing process; internal and external communications.



- Нанесение любого изображения на флаконы и баночки методом тампопечати
- Широкий выбор баночек, тубофлаконов и флаконов для косметики
- Разнообразные цветовые решения и формы
- Создание креатива, разработка оригинал-макета

ЧП "ЛЕКО-ПЛЮС"
Украина, г. Киев,
ул.Чистяковская 2-а, оф.517
Тел./факс (044) 581-56-33
www.leko-plus.com.ua
E-mail: leko-plus@ukr.net

