

Логістичні аспекти організації пакувального виробництва

О.М. Гавва, д.т.н., Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., Г.Р. Валіулін, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Сьогодні на підприємствах багато уваги приділяють формуванню потокових технологічних ліній з оптимальними матеріальними витратами і швидкій окупності виробництва, незважаючи на поєднання всього виробничого процесу, включаючи пакувальні ділянки, єдиним логістичним потоком.

Логістичний підхід до управління матеріальними потоками на підприємстві дає можливість максимально оптимізувати виконання комплексу логістичних операцій. За даними фірм Bosch-Siemens, Mitsubishi, General Motors, один відсоток скорочення витрат на виконання логістичних функцій мав такий самий ефект, як і збільшення на 10 % обсягу збуту продукції.

Основними складовими сукупного ефекту від застосування логістичного підходу до управління матеріальними потоками на підприємстві є [1–3]:

- Орієнтування виробництва на ринок. Стає можливим ефективний перехід на малосерійне та індивідуальне виробництво.
- Скорочення простоїв обладнання. Це забезпечується тим, що на робочих місцях постійно є необхідні для роботи матеріали.
- Оптимізація запасів — одна із центральних проблем логістики.
- Скорочення чисельності допоміжних робітників. Чим менше рівень системності, тим більш невизначеним є трудовий процес і тим вище потреба в допоміжному персоналі для виконання пікових обсягів робіт.
- Поліпшення якості продукції, що виробляється.
- Зниження втрат матеріалів.
- Поліпшення використання виробничих і складських площ.

Основною метою організації розвитку будь-якого виробництва, у тому числі і пакувального, є покращення еко-

номічного показника E (шт/грн), який характеризується відношенням сумарної видачі продукції за визначений час використання пакувальної техніки до сумарних витрат за той самий час:

$$E = \frac{\sum_0^T R}{\sum_0^T J}, \quad (1)$$

де R — видача, тобто кількість виготовлених виробів;

J — витрати, грн;

T — календарний час функціонування даної виробничої техніки, год.

До виразу $\sum_0^T R$ включають поточні відношення продуктивності Q до календарного часу T з урахуванням коефіцієнта календарного часу k_r . До виразу $\sum_0^T J$ включають суму всіх витрат за час T , тобто разові витрати (вартість обладнання, виробничих площ, оборотні кошти), поточні витрати, витрати експлуатації.

Безперервність виробництва — це характеристика потоку виробів у технологічному процесі. Вона зазвичай характеризується трьома параметрами: швидкістю, щільністю і площею оброблення. Для збільшення продуктивності виробництва необхідно збільшувати значення даних параметрів. Поряд із цим перераховані параметри впливають і на супутні показники виробництва.

У разі збільшення швидкості руху виробів оброблення зменшуються тривалість усього виробничого циклу і об'єм незавершеного виробництва, а поряд із цим зменшуються і оборотні кошти. У разі збільшення щільності потоків виробів зменшується довжина шляху їхнього переміщення під час оброблення в технологічному процесі, що є передумовою зменшення габаритів обладнання в обраній площі і зменшення самих виробничих площ.

Чим більшою буде щільність потоку виробів, тим більше предметів можна розмістити на одиниці його довжини, що неухильно збільшує продуктивність системи (рис. 1).

Оптимальним розміщенням виробів у потоці можна вважати таке їхнє розташування, коли найбільший розмір виробу знаходиться у площині поперечного перерізу потоку (рис. 1, б). Чим більшою є площа поперечного перерізу потоку виробів, тим більшою буде продуктивність технологічної системи. Збільшення площі поперечного перерізу потоку за умови максимальної поперечної щільності розташування виробів оброблення у поперечному перерізі потоку, тобто в разі їхнього розташування впритул один до одного і за умови постійності відстані від периферії поперечного перерізу потоку до габаритних розмірів виробничої зони, збільшує (рис. 2) відношення площі перерізу потоку до площі поперечного перерізу обладнання і, відповідно, зменшує габарити, масу, вартість і виробничу площу, яка приходить на одиницю продуктивності. На основі аналізу рис. 2 можна записати:

$$\frac{f'}{F_1} = \frac{(nc)^2}{(2b+nc)^2} = \frac{1}{(1+2\frac{b}{nc})^2};$$

$$\frac{f}{F_1} = \frac{c^2}{(2b+c)^2} = \frac{1}{(1+2\frac{b}{c})^2}, \quad (2)$$

де $f = c^2$ — площа поперечного перерізу одного потоку виробів, рівна площі поперечного перерізу виробу;

c — габаритний розмір виробу;

b — відстань від предмета до зовнішнього габаритного розміру машини;

F — площа поперечного перерізу машини в разі одного виробу;

F_1 — площа поперечного перерізу машини в разі кількох виробів обробки;

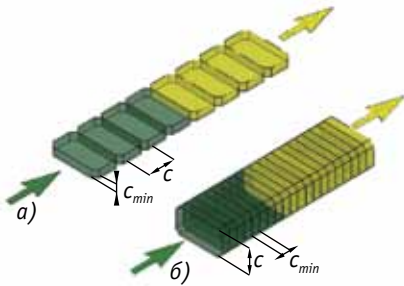


Рис. 1. Потіки виробів обробки в технологічному циклі: потік з максимальною щільністю (а), потік з максимальною щільністю і оптимальним розташуванням виробів (б): c — габаритний розмір виробу у потоці, c_{min} — мінімальний габаритний розмір виробу

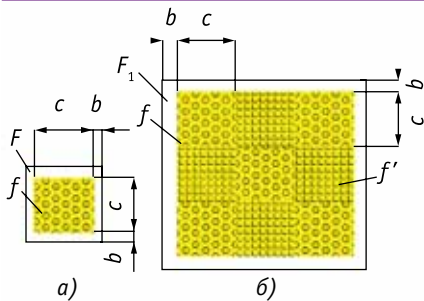


Рис. 2. Співвідношення між площею поперечного перерізу потоку і площею поперечного перерізу машини (робочої зони) за різної кількості виробів у поперечному перерізі потоку: один виріб в обробці (а); декілька предметів обробки (б)

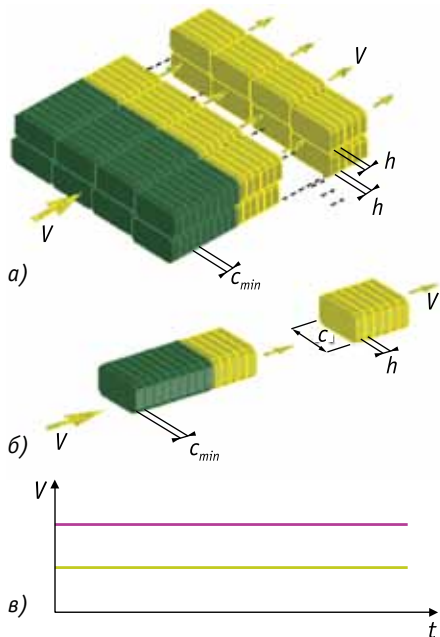


Рис. 3. Характеристика ідеальних потоків виробів під час їхнього оброблення: багаторядний і багатошаровий (а), однорядний і одношаровий (б), та діаграма швидкості потоків (— багатошарового; — одношарового) (в): V — швидкість потоку; $h = c_{min}$ — крок між виробами

f' — площа поперечного перерізу потоку в разі кількох виробів [4].

Якщо, $n > 1$, то $2\frac{b}{nc} < 2\frac{b}{c}$; відповідно:

$$\frac{1}{(1+2\frac{b}{nc})^2} > \frac{1}{(1+2\frac{b}{c})^2}, \text{ тобто } \frac{f'_1}{F} > \frac{f}{F}.$$

Ураховуючи даний аналіз, можна сформулювати вимоги щодо ідеального технологічного виробничого потоку. Ідеальний потік повинен мати середню швидкість, протягом всього календарного часу і на всій його довжині рівну максимально можливій швидкості виробничого потоку, максимальну щільність у поздовжньому перерізі і поперечному напрямі, оптимальне розташування виробів у потоці і максимально можливу їхню кількість у поперечному перерізі потоку (рис. 3, а). За дискретного виробництва важливе практичне значення мають однорядні потоки, що характеризуються розміщенням у поперечному перерізі лише одного виробу (рис. 3, б). Для однорядного потоку поперечний переріз визначається параметрами перерізу одного виробу, тому поняття поперечної щільності є для нього неактуальним. В ідеальному однорядному потоці вироби повинні бути розташовані оптимально, тобто максимальним перерізом поперек площини потоку, а мінімальним габаритним розміром — уздовж потоку. Реалізація ідеальних потоків, тобто забезпечення повної безперервності, полягає в усуненні всіх видів зупинок і, відповідно, авто-

матичному виконанні всіх виробничих функцій, які можуть виконуватись оператором під час обслуговування технологічної ділянки пакування.

Для забезпечення руху виробів з постійною швидкістю на всіх ділянках технологічного шляху необхідно усунути затори виробів між технологічними операціями, звести до мінімуму тривалість виробничого циклу і об'єм незавершених операцій.

Найвища ступінь безперервності технологічного процесу передбачає усунення міжопераційних запасів продукції, забезпечує скорочення виробничих площ і, відповідно, зниження поточних експлуатаційних витрат. Але реальний виробничий потік (рис. 4, а) відрізняється від ідеального за всіма показниками. Швидкість потоку у процесі функціонування обладнання є величиною несталою на різних ділянках технологічного процесу (рис. 4, б), бо на деяких міжопераційних ділянках застосовується ручна праця. Крім цього багато пакувальних машин є нерациональними за своєю структурою. Основними проблемами забезпечення високотехнологічного безперервного оптимального процесу є [2, 3]:

- збереження стабільно високого значення коефіцієнта використання автоматичних ліній у разі збільшення кількості об'єднаних операцій;
- складність кінематичної і компоувальної структури пакувальних машин;

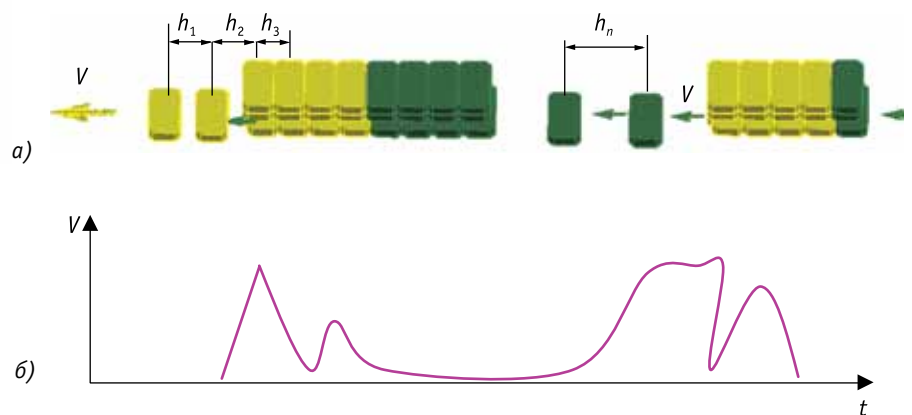
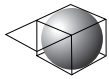


Рис. 4. Схема реального потоку (h_1, \dots, h_n — кроки між виробами під час оброблення) виробів під час їхнього оброблення в дискретних технологічних циклах (а) та діаграма швидкості переміщення потоку виробів у технологічному циклі (б)



- значна тривалість окупності машин, які замінюють працю людини;
- незбалансованість продуктивності машин під час виконання різних операцій;
- ступінь універсальності машин автоматичної дії;
- недостатня масовість об'єктів пакування.

Компонування технологічного процесу, який допускає одночасне масове транспортування виробів або заготовок, має найбільш ефективне рішення за використання роторних схем (рис. 5). При цьому вирішується ряд завдань, пов'язаних з питаннями повної автоматизації контрольно-технологічних операцій. У разі використання подібних роторно-конвеєрних систем вирішуються такі завдання: зменшення виробничих площ оброблення виробів, автоматична заміна робочих органів і матеріалів технологічного процесу, автоматизація контрольно-вимірвальних операцій, простота переналагоджування технологічних ділянок під різні типорозміри виробів, безперервна робота автоматичних систем протягом значної тривалості робочого часу.

Під час побудови логістичного ланцюга технологічного процесу однією з важливих проблем, яку потрібно вирішувати, є окупність автоматичних пристроїв і машин, які замінюють працю людини. Економічний ефект від такої заміни можна визначити як:

$$R = C_{p.n.} Q, \quad (3)$$

де $C_{p.n.}$ — вартість переміщення одного виробу вручну;

Q — продуктивність машин, об'єднаних у технологічну лінію.

Умову економічної окупності за заданий термін $T_{ок.}$ запишемо виразом:

$$C_{p.n.} Q T_{ок.} \geq C_{AM},$$

де C_{AM} — вартість автоматичної машини. У кожному конкретному випадку вартість ручної праці і вартість автоматичної машини є заданими величинами. Умова окупності може бути виконана лише в разі значної продуктивності. Продуктивність, яка є необхідною для забезпечення окупності автоматичної машини, визначається як:

$$Q_0 = \frac{C_{AM}}{C_{p.n.} T_{ок.}}. \quad (4)$$

Забезпечення такої продуктивності протягом усього календарного часу є обов'язковою економічною вимогою. Для більшості машин, які використовуються в дискретному пакувальному виробництві, теоретична продуктивність визначається тривалістю операційного циклу, тобто $Q_T = \frac{1}{T_{o.c.}}$,

а реальна продуктивність $Q_T = \frac{1}{T_{o.c.}} k_T$.

За цієї умови і продуктивність потрібно приймати за задану величину, яка не допускає вільного вибору.

Проблема окупності пристроїв і машин, які замінюють працю людини, полягає в можливості забезпечення економічно необхідної продуктивнос-

ті або усунення залежності продуктивності від тривалості операційного циклу і від всіх технологічних параметрів. Проблема забезпечення однакової продуктивності машин під час всіх операцій, які об'єднані в загальний технологічний процес, має технічний і економічний аспекти. Збереження сталим значення коефіцієнта використання виробничих площ у разі збільшення кількості об'єднаних в одну лінію технологічних ділянок оброблення вирішується за рахунок переходу від лінійного компонування технологічного простору до роторно-конвеєрних систем.

За невеликої продуктивності, тобто коли кількість робочих органів перевищує кількість керуючих систем (контролерів і серводвигунів), доцільно використовувати принцип розділення функціональних елементів між окремими роторно-конвеєрними ділянками — з метою зменшення кількості приводів і складних керуючих елементів системи (рис. 6) [5].

Блоки виконавчих органів, виконані за вимогою технологічної послідовності циклу обробки виробу, можуть працювати за різними циклограмами і з різною продуктивністю. Для забезпечення контролю якості оброблення виробів доцільно використовувати автоматичну перевірку за ходом технологічного процесу, яка базується на дотриманні заданих параметрів обробки виробів.

За умови використання високопродуктивних технологічних циклів можна

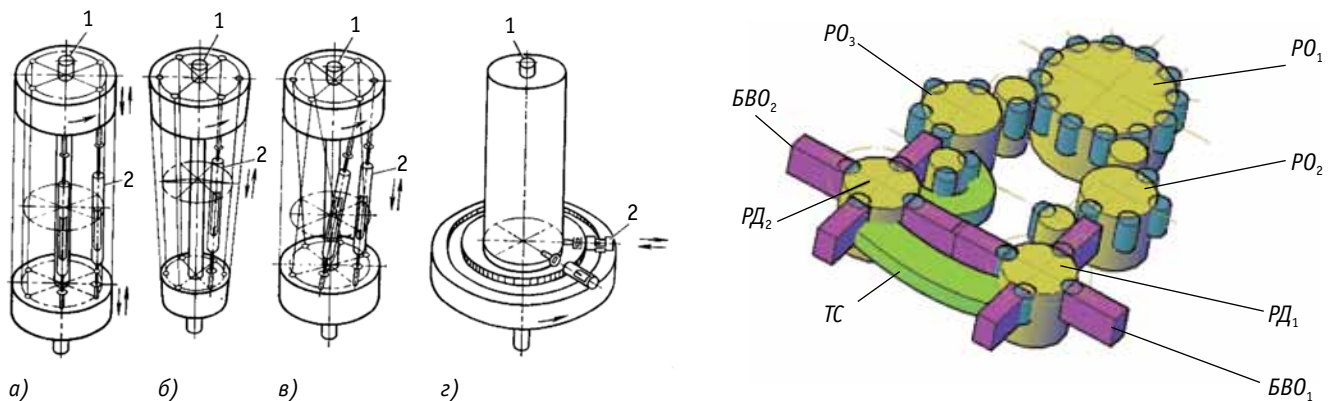


Рис. 5. Схеми розташування технологічних ділянок оброблення виробів у роторно-конвеєрних компоновках: циліндричній (а), конічній (б), гіперболічній (в), радіальній (г): 1 — вісь ротора; 2 — робочий орган

Рис. 6. Принципова схема компоновки роторно-конвеєрної машини з автоматичною зміною позицій оброблення виробів, де PO_1, PO_2, PO_3 — обслуговуючі технологічні ротори; RD_1, RD_2 — додаткові ділянки з обслуговування виробів; BBO_1, BBO_2 — блоки виконавчих органів, $ТС$ — транспортна система

переналаджувати систему в автоматизовані багаторівневі роторно-конвеєрні лінії або гнучкі виробничі системи. Гнучкість виробничого процесу або обладнання є їхньою здатністю до переналаджування, адаптації до змінних умов виробництва (наприклад, зміна виробів, які виробляються). Гнучкість виробництва відтворює можливість швидкого внесення корекцій у технологічний процес, перехід на випуск нової продукції без додаткових матеріальних потоків [3]. Але ефективність використання такого виробництва напряму залежить від правильності організації технологічних процесів, виробничих систем, супроводжувальних операцій і циклів, враховуючи логістичні зв'язки і матеріальні потоки. Схематично представити формування гнучкої виробничої системи можна як функціональну взаємодію цілого ряду факторів (рис. 7). Схема відображає забезпечення якості роботи через ряд незалежних факторів (показників), іншими словами, як функцію певного ряду аргументів:

$$Q = Q \{ T, S, P, A, D \}, \quad (5)$$

де T — технологічні процеси виробничої системи;
 S — компоновка обладнання, що входить до виробничого циклу;

P — технічні параметри основного і допоміжного обладнання;
 A — алгоритм взаємодії між одиницями обладнання;
 D — методи планування і контролю виробництва.
 Кожен з наведених аргументів у свою чергу є функцією аргументів рівня деталізації процесу:

$$\begin{aligned} T &= T \{ T_1 \dots T_i \}; \\ S &= S \{ S_1 \dots S_i \}; \\ P &= P \{ P_1 \dots P_i \}; \\ A &= A \{ A_1 \dots A_i \}; \\ D &= D \{ D_1 \dots D_i \}. \end{aligned} \quad (6)$$

Може існувати різна комбінація набору значень наведених вище змінних для досягнення необхідної якості роботи виробничої системи [6]. Висока якість функціонування виробничої системи досягається лише за умови комплексного підходу до формування виробництва з урахуванням усіх технологічних, матеріальних і логістичних потоків за їхнього оптимального поєднання. Утілення приведених рішень організації пакувального виробництва дасть змогу активізувати потенційні можливості технологічних процесів, зменшити час обробки виробів, скоротити кількість міжопераційних простоїв, прискорити окупність капітальних інвестицій у виробництво. Подібні автома-

тизовані багаторівневі системи мають у своєму складі додаткові можливості з контролю за якістю обробки продукції і, крім того, можливість переналаджування окремих технологічних ділянок без зупинки всього процесу пакування.

Література

1. Аникин Б.А. Логистика. — М.: ИНФРА, 1997. — 187 с.
2. Крикавський Є.М. Логістика підприємства. — Л.: Львівська політехніка, 1996. — 201 с.
3. Николайчук В.Е., Кузнецов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция). — Донецк: КНТИС, 1999. — 387 с.
4. Плоткин В.К. Управление материальными ресурсами: очерк по коммерческой логистике. — Л.: Изд-во Ленингр. фин.-экон. ин-та, 1991. — 305 с.
5. Райхард Юнеманн. Материальные потоки в логистике. — Берлин: Шкрингер, 1989. — 297 с.
6. Советов Т.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов по специальности «Автоматизированные системы управления». — М.: Высшая школа, 1985. — 314 с. *Ж*

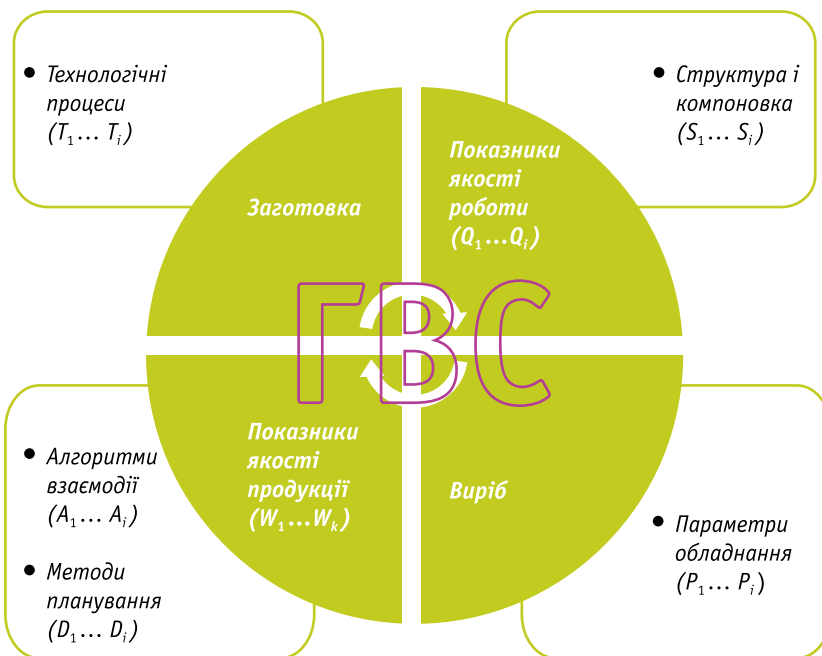


Рис. 7. Схема побудови гнучкої виробничої системи

Логистические аспекты организации упаковочного производства

А.Н. Гавва, д.т.н., Л.А. Кривопись-Володина, к.т.н., Г.Р. Валиулин, к.т.н.

Авторы рассмотрели особенности анализа оптимальной организации упаковочного производства согласно логистическому построению. Они привели примеры формирования различных технологических циклов с наиболее употребляемыми способами размещения изделий.

Ключевые слова: упаковочное производство; логистический подход; производственный цикл; технологический цикл; компоновка, технологические линии.

Logistical aspects of packaging

A.M. Gava, Dr., L.O. Krivoplyas-Volodina, Ph.D., G.R. Valiulin, Ph.D.

The authors examined the special of the analysis of optimal organization packaging production according to the logistics construction. They gave examples of the formation of different technological cycles with the most used methods of placing products.

Key words: packaging production; logistic approach; production cycle; arranging; process lines.