

М.В. ЯКИМЧУК, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ В РОБОТИЗОВАНИХ ЛІНІЯХ ДЛЯ ГРУПОВОЇ УПАКОВКИ

В статті розглядається математична модель для визначення максимальної продуктивності обладнання в роботизованих лініях для укрупнення вантажних одиниць. Визначено вплив інтенсивності потоків пакованих виробів різного типорозміру на формування групової упаковки та шляхи досягнення максимальної продуктивності промислового робота.

Ключові слова: укрупнена вантажна одиниця, інтенсивність потоку, робот, групова упаковка.

В статье рассмотрена математическая модель для определения максимальной производительности оборудования в роботизованных линиях для укрупнения грузовых изделий. Определено влияния интенсивности потоков упаковочных изделий на формирования групповой упаковки и пути достижения максимальной производительности робота.

Ключевые слова: укрупненная грузовая единица, интенсивность потока, робот, групповая упаковка.

In article the mathematical model for definition of the maximum productivity of the equipment in lines for integration of cargo products is considered. It is defined influences of intensity of streams of packing products on formations of group packing and a way of achievement of the maximum productivity of the robot.

Keywords: integrated cargo unit, intensity of a stream, the robot, group packing.

Сучасний етап науково-технічного розвитку пакувального обладнання характеризується комплексною механізацією та автоматизацією виробничих процесів, починаючи від подачі об'єкту пакування і закінчуючи виконанням заключних операцій пов'язаних з навантажувально-розвантажувальними і транспортноскладськими операціями пакованої продукції.

Прикладом такої автоматизації є застосування робототехнічних систем на заключних операціях укрупнення дрібноштучних вантажних одиниць з пакованою продукцією з подальшим укладанням її в транспортну тару або формуванням групової упаковки.

Як правило роботизований комплекс для виконання таких операцій (рис. 1) складається з робота маніпулятора, системи конвеєрів для подачі упаковок, конвеєрів для подачі пустої тари та відповідного конвеєра заповненої транспортної тари або утвореного пакету.

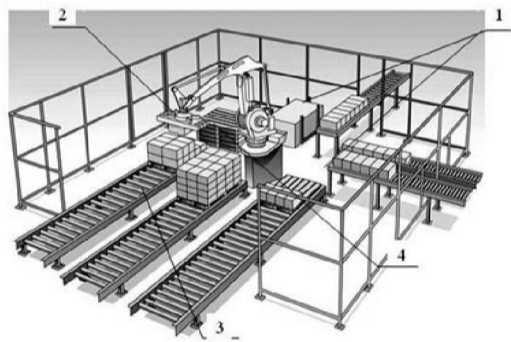


Рис.1. Схема роботизованого комплексу для групового пакування: 1 — конвеєра подачі упаковок різного типорозміру, 2 — конвеєр подачі тари, 3 — конвеєр відводу групової упаковки; 4 — маніпулятор

Основною перевагою таких комплексів є можливість формувати укрупнені вантажні одиниці з різних по типорозміру упаковок, наповнених різною номенклатурою продукції, та швидкою можливістю перенастроювання системи при зміні форм, розмірів, ваги, циклу укладання, кількості упаковок в вантажному пакеті, форми та розмірів тари чи піддону.

Умовно обладнання, з якого складається типова схема роботизованого комплексу для групового пакування можна розділити на три основні групи. Перша — транспортна система, яка служить для подачі упаковок та відводу укрупненої одиниці; друга — робот або маніпулятор, який виконує укладання упаковок або формування пакету за попередньо заданою структурою; третя — систему подачі пустої тари з можливістю виділення одиничного зразка з магазину. В свою чергу кожна група складається із системи взаємозв'язаних між собою одиниць обладнання або пристроїв, які характеризуються певними технологічними параметрами: часом виконання технологічної операції, надійністю роботи, ємкістю енергозатрат і т.д. Синхронна

робота обладнання забезпечується за рахунок інформаційних потоків, які безпосередньо впливають на рух матеріальних потоків.

Модель роботизованого виробничого комплексу для виконання заключних операцій можна представити у вигляді рис.2.

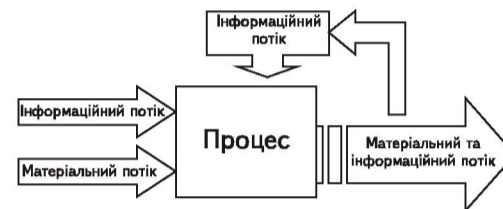


Рис. 2. Модель роботизованого комплексу для виконання заключних операцій

Відповідно до рис.1 модель має чотири входи і один вихід, тобто відбувається з'єднання декількох матеріальних та інформаційних потоків в один вихідний, структура якого складається з поєднання різної кількості одиниць кожного вхідного потоку. З представленої моделі видно, що основним обладнанням роботизованого комплексу є обладнання, яке забезпечує «процес» формування вихідного потоку, тобто робот. Якщо задатись умовою, що транспортна система безперебійно забезпечує подачу упаковок і тари на робочі позиції і має певний запас продуктивності та можливість розподілення потоків пакованих виробів, наприклад, по типорозміру упаковок, то продуктивність робота буде основною технологічною характеристикою комплексу. Таким чином можна стверджувати, що підбір робота, який забезпечить максимальну продуктивність системи є основною проблемою під час модульного проектування таких комплексів. Методики розрахунків його продуктивності в таких системах в науковій літературі малодосліджені.

Мета роботи полягає у розробці математичної моделі для визначення максимальної продуктивності робота в системі роботизованих пакувальних комплексів для виконання заключних операцій — групового пакування.

Початковими умовами для визначення продуктивності робота є технічна характеристика комплексу, основними параметрами якої є: продуктивність F ; n — кількість транспортних систем, які постачають упаковки різних розмірів або різної номенклатури продукції; k — кількість упаковок одного типорозміру які використовуються для формування укрупненої одиниці; кількість технологічних операцій з кожною упаковкою $I = \{i_1 \dots i_p\}$, який виконує робот під час її укладання; t_i — час виконання i -ої операції, де $i \in I$.

Матриця формування пакету та її розмірність із числа упаковок типу має k вигляд

$$A = k \times I = \|\alpha_{ki}\| \quad (1)$$

Тоді загальна кількість операцій, яку виконує робот під час формування укрупненої вантажної одиниці k типу визначається

$$Z_k = \{i : a_{ki} = 1\} \quad (2)$$

Продуктивність робота для упаковки k типу F_k залежить від інтенсивності її потоку і позначається

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k, \text{ де } k = \overline{1, K}.$$

Тоді для такої кількості k типу упаковок необхідно забезпечити певну інтенсивність потоку вимог на виконання i -ої операції укладання, яку

$$\text{позначимо } \sum_{i=1}^I \lambda_{ik}$$

Введемо ряд обмежень для роботи системи:

Всі інтенсивності потоків вантажів є невід'ємними числами, тобто для будь-яких k та i виконуються вимоги

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \geq 0, \sum_{i=1}^I \lambda_{ik} \geq 0 \quad (3)$$

Інтенсивність потоку упаковок будь-якого k типу відповідає певній долі їх кількості в загальному потоці упаковок з яких формується укрупнена одиниця.

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = \chi_n \cdot F \quad (4)$$

де $k = \overline{1, K}$, c_n — доля k типу упаковок в загальному потоці n з якого формується пакет.

Потік упаковок k типу утворює потік вимог такої ж інтенсивності на виконання i -ої операції для кожної упаковки і знаходиться як

$$\sum_{i=1}^I \lambda_{ik} = \alpha_{ki} \sum_{k=1}^K \lambda_k \quad (5)$$

Розрахункова продуктивність робота для k типу елемента враховує час виконання кожної операції і має вигляд

$$\rho = \sum_{i=1}^I \lambda_{ik} \omega_i \quad (6)$$

де, $i = \overline{1, I}$, $k = \overline{1, K}$, r — коефіцієнт продуктивності робота для k типу упаковок.

Перераховані умови будемо розглядати як обмеження для інтенсивності потоків кожного типорозміру упаковок які використовуються для формування укрупнення вантажної одиниці у визначений технологічний час.

Тоді поставлену задачу можна сформулювати наступним чином: збільшити до максимального значення продуктивність роботизованої системи яка складається із кількості потоків n з урахуванням введених обмежень (3), (4), (5), (6) для кожного типу упаковок.

Математична модель для визначення максимальної продуктивності робота складається з наступних етапів:

Сумарна інтенсивність потоків всіх упаковок k типу становить

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = \chi_n \cdot F \quad (7)$$

Сумарна інтенсивність вимог на виконання всіх операцій для k типу упаковок

$$\sum_{i \in I} \lambda_{ik} = \alpha_{ki} \chi_n \quad (8)$$

Продуктивність робота для k типу упаковок визначається за рівнянням

$$\sum_{i \in I} \omega_i \lambda_{ik} = F \chi_n \alpha_{ki} \quad (9)$$

Залежність (8) показує розподілення загального потоку вимог на виконання кожної операції для k типу виробу по робочим позиціям укладання.

Враховуючи реальні процеси переміщення упаковок роботом під час формування групової упаковки можна стверджувати, що інтенсивність загального потоку виробів (а відповідно і продуктивність) яких переміщає робот не залежить від розподілення потоків виробів по їхньому типу розміру, а визначається загальним потоком вимог на виконання кожної операції з упаковкою по робочим позиціям укладання.

Якщо для формування пакету використовується n кількість потоків, кожний з яких постачає k типів упаковок то максимальна продуктивність робота, який забезпечує формування укрупненої вантажної одиниці в роботизованому пакувальному комплексі визначається з умови:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{i \in I} \omega_i \lambda_{ikn} = \sum_{n=1}^N F \chi_n \alpha_{ki} \quad (10)$$

де $F \geq 0$, λ_{ikn} — інтенсивність потоку вимог на виконання i -ої операції для упаковок k типу, які використовуються з n -ої кількості транспортних систем для формування групової упаковки. Інтенсивність вимог повинна задовольняти умову $\lambda_{ikn} \geq 0$ для будь якого значення i та k при цьому продуктивність робота буде максимальною

$$F \rightarrow \max \quad (11)$$

Математична модель представляє задачу лінійного програмування в якій число обмежень дорівнює $I + IK$, а число змінних $1 + IK$. Отримана математична модель може бути використана для оцінки максимальної продуктивності в існуючих та її розрахунку в нових роботизованих комплексах для пакувальної.

Висновки. Максимальну продуктивність робота може бути визначена за допомогою математичної моделі рівняння (6) — (11) з урахуванням обмежень (3), (4), (5), (6).

Інтенсивність загального потоку виробів яких переміщає робот не залежить від розподілення потоків виробів по їхньому типу розміру, а визначається загальним потоком вимог на виконання кожної операції по робочим позиціям при формуванні групової упаковки.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бабич А.В., Баранов А.Г., Калабин И.В. и др.* Промышленная робототехника: Под редакцией Шифрина Я.А. — М.: Машиностроение, 1982 — 415 с.

2. *Попов Е.П., Письменный Г.В.* Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. для вузов по спец.

«Робототехнические системы и комплексы» — М.: Высш. шк., 1990. — 224 с.

3. *Шахинпур М.* Курс робототехники: Пер. с англ. — М.; Мир, 1990. — 527 с.

4. *Фу К., Гансалес Ф., Лик К.* Робототехника: Перевод с англ. — М. Мир; 1989. — 624.

Одержано редколлегією 26.02.2010