

## ГНУЧКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ

УДК 004.9:519.168

Пальчевський Б.О., д.т.н., проф., Вараніцький Т.Л., ас.

Луцький національний технічний університет

### ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ МОДУЛІВ ПАКУВАННЯ

*В статті описано систему методів і способів збору, накопичення, зберігання, пошуку, обробки, аналізу, видачі даних та інформації про структуру гнучких виробничих модулів пакування на основі застосування апаратних і програмних засобів відповідно до вимог, що висувуються замовником. Інформаційна технологія автоматизованого проектування гнучких виробничих модулів складається з організаційно-методичного забезпечення, що містить моделі та системи опису пакувань, структури гнучких виробничих модулів, конструкцій функціональних модулів, критеріїв оцінювання, а також алгоритми покрокового спрямованого синтезу та синтезу з використанням еволюційних методів; системи програмних засобів для виконання завдань синтезу, оцінювання, відбору компоновань гнучких виробничих модулів пакування та бази даних, що містить структуровану інформацію про характеристики пакувань та функціональних модулів, для підтримки процесу автоматизованого проектування, а також комплексу технічних засобів – обчислювальної техніки для збереження та обробки даних.*

Інформаційне забезпечення, синтез, оптимізація, гнучкий виробничий модуль, пакування.

Розвиток пакувального виробництва ставить принципово нові суперечливі вимоги до структур технологічних систем пакування. Розширення номенклатури серійного випуску виробів з одного боку та сезонність і швидка змінюваність програми виробництва – з іншого, вимагає універсальності обладнання, що може бути досягнуте застосуванням гнучких виробничих модулів (ГВМ) пакування функціонально-модульної будови. При цьому широке впровадження функціонально-модульного принципу побудови пакувального обладнання стримується відсутністю розвиненого інформаційного забезпечення для його проектування. Методи синтезу модульного обладнання відрізняються від традиційних методів орієнтованістю на широке застосування інформаційних комп'ютерних технологій.

Інформаційна технологія (ІТ) автоматизованого проектування гнучких виробничих модулів (ГВМ) пакування – це система методів і способів збору, накопичення, зберігання, пошуку, обробки, аналізу, видачі даних та інформації про структуру ГВМ на основі застосування апаратних і програмних засобів відповідно до вимог, що висувуються замовником.

ІТ автоматизованого проектування ГВМ складається з трьох основних компонентів (рис. 1):

-організаційно-методичного забезпечення, що містить моделі та системи опису пакувань, структури ГВМ, конструкцій функціональних модулів (ФМ), критеріїв оцінювання, а також алгоритми покрокового спрямованого синтезу та синтезу з використанням еволюційних методів;

-системи програмних засобів для виконання завдань синтезу, оцінювання, відбору компоновань ГВМ пакування та бази даних, що містить структуровану інформацію про характеристики пакувань та ФМ, для підтримки процесу автоматизованого проектування;

-комплексу технічних засобів – обчислювальної техніки для збереження та обробки даних.

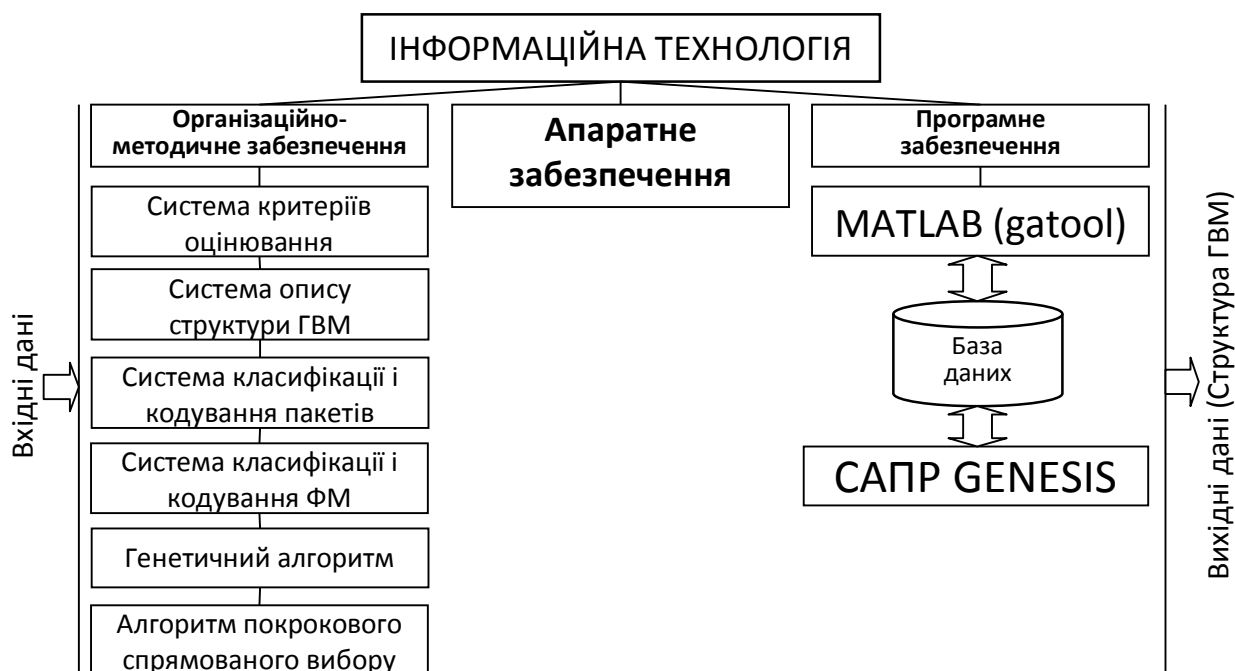


Рис. 1. Структура інформаційної технології синтезу і оптимізації функціонально-модульної структури ГВМ пакування

Вихідними даними для проектування ГВМ є задана множина пакетів та обмеження на його параметри. Технічне завдання представимо у вигляді кортежу:

$$TZ = \{[\Pi], Z_1, Z_2, \Omega\}$$

де  $[\Pi]$  – задана множина (сімейство) пакетів,  
 $Z_1$  – обмеження для критеріїв оптимізації,  
 $Z_2$  – обмеження для послідовності реалізації операцій пакування,  
 $\Omega$  – множина вагових коефіцієнтів критеріїв оптимізації.

Тоді задача синтезу буде сформульована наступним чином.

Для заданих  $[\Pi]$  синтезувати компонування  $C^*$  так, що

$$f(C^*) \rightarrow \min$$

та виконуються умови

$$\begin{cases} \{f_{[\Pi]}\} = [F], \\ F^* \geq [F], \\ F^* \subset F, \\ S^* \subset S. \end{cases}$$

при заданих обмеженнях  $\{Z_1, Z_2\}$ .

Синтез групової технологічної операції (ГТО) пакування сипкого продукту здійснюється на основі перетворення вихідних даних про конструктивні елементи пакувань, що входять до сімейства, яке необхідно виготовити [1]. Після цього на базі ГТО формується матриця структури ГВМ, що описує склад, розміщення та характеристики ФМ. [2]

За основу групової технологічної операції пакування взято послідовність перетворень, необхідну для створення узагальненого пакета. Узагальнений пакет містить елементи, властиві всім конструкціям пакетів, які повинен виготовляти ГВМ:

$$[\Pi] = \bigcup_{i=1}^n \Pi_i,$$

де  $\Pi_i$  – множина конструктивних елементів  $i$ -го пакета,  
 $n$  – кількість пакетів у сімействі.

Множина переходів, під час яких формуються однотипні конструктивні елементи пакету, визначає груповий перехід

$$O_n = \bigcup_{i=1}^Q f_n^i,$$

де  $f_i$  – перехід, в результаті виконання якого утворюється  $i$ -й елемент пакета,  
 $Q$  – кількість окремих переходів, що реалізує ГВМ.

Множина переходів, під час яких формується множина конструктивних елементів для певного типу пакета – одиничну операцію

$$F^n = \{f_1^n, f_2^n, f_3^n, \dots, f_N^n\},$$

де  $N$  – кількість ФМ в ГВМ.

ГТО формується з усіх групових переходів, що розподілені по робочих позиціях ГВМ чи одиничних операцій пакування у відповідні типи пакетів:

$$F^* = \{O_1, O_2, O_3, \dots, O_Q\} = \{F^A, F^{A/B}, F^B, \dots, F^I\}.$$

Порядок реалізації переходів ГТО встановлюється на основі матриці передування за алгоритмом Анрі Кофмана. Після цього відбувається розподіл переходів між робочими позиціями, та вибір типів ФМ для кожної позиції. При цьому можливе об'єднання кількох переходів на одній робочій позиції. Вибір типів ФМ здійснюється за ознакою подібності технологічних можливостей ФМ та робочої позиції.

Якщо типи переходів, які виконує ФМ певного типу  $F^{m_k} = O_d$  та які призначені для даної робочої позиції рівні

$$F^{m_k} = O_d,$$

то на  $d$ -ту робочу позицію встановлюється ФМ  $k$ -го типу.

У випадку, якщо

$$F^{m_k} < O_d,$$

то на  $d$ -ту робочу позицію встановлюється ФМ  $m'_N$  і ФМ  $m''_N$  для якого

$$F^{m'_k} = O_d \cap F^{m'_k}$$

У випадку, якщо

$$F^{m_k} > O_d,$$

то на  $d$ -ту робочу позицію встановлюється тип ФМ з меншим набором реалізованих переходів, або ж дана робоча позиція об'єднується з робочою позицією  $d'_N$  для якої

$$O_{d_N} = O_{d'_N} \cap F^{m_k}.$$

Для оцінювання компонувань ГВМ пакування розроблена система показників, що включає загальнотехнічні критерії (вартість, енерговтрати, надійність, продуктивність, мобільність) та критерії функціонально-модульної структури (кількість типорозмірів готової продукції, варіативність сімейства виробів, складність переналагодження в межах сімейства виробів, складність конструкції ГВМ, універсальність).

В якості часткових критеріїв оптимізації вибрано надійність, універсальність (2.45) енерговтрати та складність ГВМ. Вагові коефіцієнти встановлено методом експертних оціно . Цільова функція має вигляд:

$$P = \left(1 - \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{K_{Fi}} - 1\right)}\right) \cdot 0,209 + \left(\prod_{i=1}^{\alpha} (1 - K_{yi}) \cdot \prod_{i=1}^{\beta} \left(1 - \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^q \left(\frac{1}{1 - K_{yq}}\right)}\right)\right) \cdot 0,4 + \\ + \left(1 - \prod_{i=1}^N \eta_{\Phi Mi} \cdot \eta_{np}\right) \cdot 0,172 + \left(1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^N S_i + \sum_{i=1}^N N_{npi}}\right) \cdot 0,214$$

при обмеженнях:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\sum_{i=1}^N B_{\Phi Mi} + \sum_{i=1}^{N_{np}} B_{npi} \cdot K_E\right) \leq [Pr], \\ K_{III} \geq \prod_{i=1}^i F_i^*, \\ \bigcup_{i=1}^N f_i \geq [F], f_i \in F, \\ s_{ij} \neq 0, S^* \in S, \end{array} \right.$$

В основу алгоритму формування альтернативних компоноків покладено алгоритм Керніган-Ліна, на початку роботи якого передбачається, що вже існує деяка початкова структура (в даному випадку вона формується на основі матриці передування), потім існуюче наближення покращується шляхом обміну елементами між наявними підмножинами ФМ. Для автоматизації процесу проектування може бути застосована САПР GENESIS, в результаті роботи якої отримують компоновання ГВМ для пакування сипких речовин у задане сімейство пакетів.

Для автоматизації процесу формування компоноків ГВМ модульної структури доцільно мати інтерактивний програмний засіб, інформаційна основа якого крім алгоритмів синтезу та відбору компоноків повинна містити базу даних відповідної модульної системи. Така база є необхідною для отримання необхідних властивостей структур ГВМ. В базі можна виділити сім структурних об'єктів:

- 1) Конструктивні елементи пакетів,
- 2) Пакет,
- 3) Функції пакетоформування,
- 4) Приводи,
- 5) Таблиця допустимих поєднань функцій,
- 6) Таблиця відношень передування,
- 7) Функціональні модулі.

ER діаграма основних структур бази наведена на рис. 2.

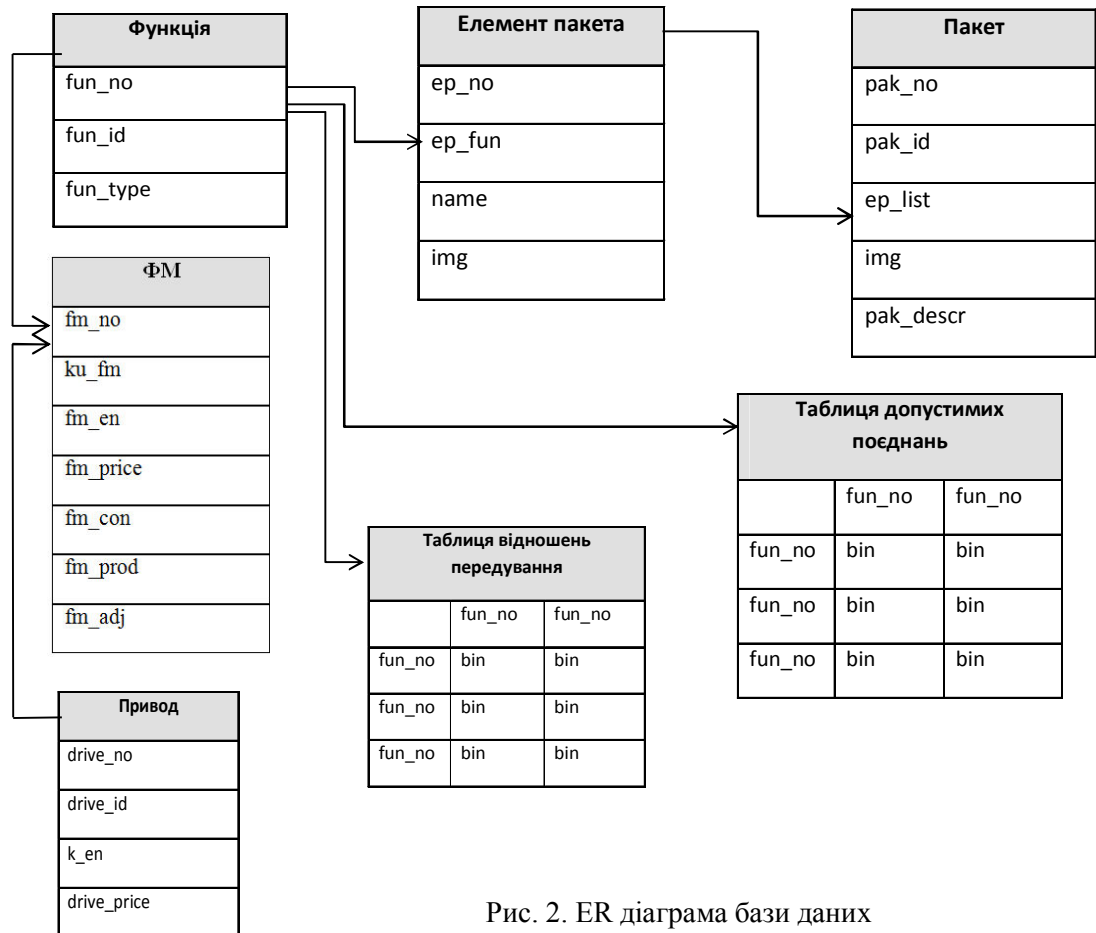


Рис. 2. ER діаграма бази даних

Об'єкт «Елементи пакетів» містить дані про номер елемента, назву елемента, номер функції, в результаті реалізації якої він формується, та зображення елемента. Цей об'єкт є основою для всієї бази даних. Саме через нього встановлюється відповідність між конструкцією пакета та компонованням ГВМ.

Інформація про набір конструктивних елементів отримується з їх переліку для кожного типу пакета в об'єкті «Пакет», що містить дані про номер пакета, шифр пакета, перелік конструктивних елементів пакета, зображення пакета та його розширений опис.

Об'єкт «Функції» містить дані про номер функції, назву функції, тип функції.

Об'єкт «Приводи» містить інформацію про: номер привода, тип привода, коефіцієнт вартості енергії, умовну вартість привода. Об'єкт є незалежним та не має зв'язків з іншими об'єктами в базі даних, а використовується виключно для збереження довідкової інформації.

Таблиця допустимих поєднань функцій містить дані про можливість встановлення з'єднання ФМ в машині. Кожна комірка таблиці містить числове значення 0 або 1.

Таблиця відношень передування містить дані про необхідність реалізації певної функції перед обраною. Стовпці та рядки таблиці мають номери відповідних функцій. Кожна комірка таблиці на перетині рядка і стовпця містить числове значення 0 або 1.

Об'єкт «Функціональні модулі» містить дані про конструктивні виконання ФМ, що входять до складу ГВМ. Ця інформація може в подальшому бути використана для прискорення процедур синтезу структур ГВМ.

Створена модель компонування ГВМ пакування сипких продуктів функціонально-модульної структури на основі матрично-символьного представлення зв'язку функцій пакування, технічних засобів для їх реалізації, з'єднань та конструктивних виконань цих засобів, дозволила розробити інформаційне забезпечення для процедур послідовного спрямованого синтезу та відбору компонувань із заданими функціональними властивостями. Застосування процедур генерування множини можливих варіантів структур ГВМ пакування, та відбір альтернативних варіантів компонувань за модифікованим алгоритмом Керніган-Ліна, значно скорочує час, що витрачається на синтез та оптимізацію структури ГВМ, а також підвищує ефективність пошуку нових структур за рахунок аналізу та оцінки більшої кількості варіантів.

1. Palchevskiy B. Analysis of Variability of the Family of Packages And The Versatile Packaging Machine Design // Applied Computer Science. – 2012. – Vol. 8 No. 1. – p.22-32. – ISSN 1895-3735.

2. Palchevskiy B. Genetic-Based Approach to the Functional-Modular Structure Design of Packaging Machines / B. Palchevskiy, T. Varanitskiy // Computer Aided Production Manufacturing / Monografie – Politechnika Lubelska [ed. Antoni Świć, Jerzy Lipski]. – Lublin: Politechnika Lubelska, 2013. – 136 p. – p.20-31. – ISBN 978-83-63569-72-3.

3. Пальчевський Б.О., Вараніцький Т.Л. Особливості розвитку груп пакувань та оцінка їх варіативності // Технологічні комплекси: Науковий журнал.- Луцьк: видавництво Луцького НТУ, 2012, №1,2(5,6), с.249-254.

4. Пальчевський Б.О., Вараніцький Т.Л. Особливості застосування генетичного алгоритму для оптимізаційного синтезу пакувальних машин // Технологічні комплекси, Науковий журнал.- Луцьк: видавництво Луцького НТУ, 2011, №2(4), с.8-13.

5. Świć A., Gola A.: Elements of design of production systems – methodology of machine tool selection in casing-class FMS. Management and Production Engineering Review. Vol. 1, No 2, 2010, p. 72 – 80.

6. Gola A., Świć A., Kramar V.: A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexible manufacturing systems. Management & Production Engineering Review. Vol. 2, No 4, 2011, p. 21 – 32.