

## ФОРМАЛЬНЕ ПОДАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ГВС ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЇХ БАЗИ ЗНАНЬ

*Анотація:* Визначені та формалізовані ознаки сумісності елементів організаційно-технологічних структур ГВС та розроблені принципи побудови їх узагальненої бази знань

*Ключові слова:* гнучки виробничі системи, принципи формування структур, оптимізація структур.

**Вступ.** Процес формування організаційно-технологічних структур гнучких виробничих систем (ОТС ГВС), як будь-який інший процес проектування або розробки, включає в свій склад значну частину додаткових витрат на перевірку, зміну й переформування численних проміжних варіантів ОТС створюваної ГВС. І чим вищий ієрархічний рівень ГВС, тим вища частка додаткових витрат, а, отже, дорожчий і довший процес створення її ОТС.

Кількість варіантів просторової організації ОТС ГВС, які можуть бути сформовані на основі всієї множини елементів ОТС ГВС  $gm_i \in GM$ , у відповідності з правилами комбінаторики дуже велика. Тому формування та оцінка цих варіантів може здійснюватись лише за умови використання обчислювальної техніки. Але для цього необхідно мати відповідні автоматизовані методи направленої формування формального відображення оптимальної ОТС ГВС з заданими властивостями з моделей  $gm_i \in GM$ .

Слід відмітити, що якщо при декомпозиційному підході формування ОТС ГВС починається з евристичного або емпіричного вибору деякої можливої структури з наступним вибором (розробкою) її елементів, то в даному випадку за допомогою автоматизованих методів здійснюється самоорганізація ОТС ГВС з визначеної множини елементів  $gm_i \in GM$  [1,2].

Таким чином, використання автоматизованих методів направленої формування ОТС ГВС повинно дозволити значно підвищити ефективність формованої ОТС ГВС, тому що в цьому випадку здійснюється її направлене формування з такою просторово-структурною організацією, яка є найкращою у відповідності до прийнятого критеріального показника при визначеній множині  $gm_i \in GM$ .

**Аналіз попередніх досліджень.** Задача направленої формування ОТС ГВС, як відмічається в роботі [3], може бути зведена до формування графа ОТС ГВС з оптимальною просторовою організацією шляхом топологічного об'єднання графових моделей  $gm_i \in GM$ , які задовольняють заданим умовам.

Вирішення даної задачі потребує розробки проблемно-орієнтованих методів оптимального формування ОТС ГВС, які можуть бути побудовані

на основі використання апарату теорії графів та поточкових алгоритмів і які забезпечать достатньо однозначне рішення даної задачі. В свою чергу, розробка таких методів в значній мірі залежить від наявної бази знань, яка в даному випадку повинна забезпечити автоматизоване формування ОТС ГВС з відповідними властивостями на основі встановлених формальних правил її самоорганізації з моделей елементів  $gm_i \in GM$ , опис яких і складає дану базу знань, тобто така база знань може розглядатись як узагальнена модель елементної бази, що забезпечує формування ОТС ГВС. Тому при побудові такої бази знань повинні бути, в першу чергу, відображені ознаки сумісності елементів  $gm_i \in GM$ .

**Мета роботи.** Визначення ознак сумісності елементів ОТС ГВС та розробка принципів побудови їх бази знань.

**Матеріал і результати дослідження.** В роботі [4] відмічається, що, в загальному випадку при формалізованому описі ОТС ГВС доцільно використовувати потокове представлення операцій перетворення та передачі об'єктів виробництва (ОВ) з їх відображенням в  $n$ -мірному неоднорідному дискретному топологічному просторі  $Q$ . Однак, ця форма відображення може бути суттєво спрощена, якщо перейти до однорідного координатного простору

$$Q^*(R, P),$$

де  $R \in [1, 2, \dots]$  – координатна множина умовних індексів дискретних точок (робочих зон) тривимірного метричного простору  $M(X, Y, Z)$  формованої ОТС ГВС;

$P \in [1, 2, \dots]$  – координатна множина умовних індексів дискретних точок координатного простору  $O(OP, P)$ , сформованого в системі координат “технологічні операції – послідовність їх виконання”.

Тоді, якщо індивідуальні маршрути (послідовності виконання операцій) виготовлення ОВ представити у формі поточкових графів, вершини яких відповідають елементам  $gm_i \in GM$ , а дуги – послідовності їх використання, то композиція графового відображення формованої ОТС ГВС може бути здійснена шляхом направлено топологічного об'єднання в координатному просторі  $Q^*$  вершин поточкових графів індивідуальних маршрутів виготовлення ОВ, що забезпечує успішне вирішення поставленої перед ОТС ГВС, яка формується, функціональної задачі – отримання заданої номенклатури готових виробів.

Виходячи з цього при побудові узагальненої бази знань на машинних носіях для забезпечення формування ОТС ГВС повинні, в першу чергу, відобразитись ознаки сумісності елементів  $gm_i \in GM$  у відповідності з прийнятими єдиними кодами координатного простору  $Q^*$ .

Тоді, в загальному випадку, елемент  $gm_i \in GM$  узагальненої бази знань може бути представлений в ній тримісним предикатом

$$X(gm_i), N(gm_i), Y(gm_i),$$

де  $X(gm_i)$  та  $Y(gm_i)$  – відповідно коди входів та виходів елемента  $gm_i \in GM$ ;

$N(gm_i)$  – код цього елемента в узагальненій базі знань.

Відповідно коди  $X(gm_i)$  та  $Y(gm_i)$  представляються наступним чином:

$$X(gm_i) = [R_x, P_x], Y(gm_i) = [R_y, P_y],$$

де  $R_x \in [R_{x_1}, \dots, R_{x_j}, \dots, R_{x_n}]$ ,  $R_y \in [R_{y_1}, \dots, R_{y_j}, \dots, R_{y_m}]$ ,  $R_x, R_y \in R$  – відповідно коди просторової сумісності вхідних  $n$  та вихідних  $m$  зв'язків елементів  $gm_i \in GM$  з входами та виходами інших елементів узагальненої бази знань при організації їх в ОТС ГВС;

$P_x \in [P_{x_1}, \dots, P_{x_j}, \dots, P_{x_n}]$ ,  $P_y \in [P_{y_1}, \dots, P_{y_j}, \dots, P_{y_m}]$ ,  $P_x, P_y \in P$  – коди сумісності потоків  $\{p_x^{o_i}\}$ ,  $\{p_y^{o_i}\}$  на вході та виході елемента  $gm_i \in GM$  з відповідними потоками інших елементів узагальненої бази знань.

Розглянемо більш детально зміст операцій побудови координатного простору  $Q^*$ .

При формуванні координатної множини  $R$  доцільно відображати послідовність виконання технологічних операцій  $\{OP_{i_m}\}$ , які забезпечують отримання  $i$ -го ОБ у просторі ОТС ГВС, яка формується. Тому нумерація дискретних точок (робочих зон) метричного простору  $M(X, Y, Z)$  формованої ОТС ГВС здійснюється в прийнятій послідовності перетворення вхідного стану  $i$ -го ОБ (заготівки)  $o_{i_o}$  в кінцевий стан (готовий виріб)  $o_{i_k}$ . Якщо технологічний процес виготовлення  $o_i$  та просторова організація ОТС ГВС – суворо регламентовані, то достатньо поставити у відповідність кожній робочій зоні ОТС ГВС, яка формується, умовний індекс відповідного елемента  $gm_i \in GM$ . Тоді операція формування ОТС ГВС здійснюється лише на основі ідентифікації кодів операцій  $\{OP_{i_j}\}$ , які закріплені за відповідними елементами  $gm_i \in GM$ . Так, наприклад, якщо ми маємо наступний вектор операцій, які складають технологічний процес виготовлення  $i$ -го ОБ

$$o_i \equiv (OP_{11}, OP_{21}, OP_{12}, OP_{15}),$$

та деякий набір елементів (ГВМ)  $\{gm_j\} \in GM$  формованої ОТС ГВС

$$\begin{aligned} gm_1 &= \{OP_{15}\} \\ gm_2 &= \{OP_{13}, OP_{27}\} \\ \dots & \\ gm_i &= \{OP_{16}, OP_{21}, OP_{17}, OP_{12}\}, \\ \dots & \\ gm_{j-1} &= \{OP_{24}, OP_{19}\} \\ gm_j &= \{OP_{11}, OP_{14}, OP_{20}\} \end{aligned}$$

то результатом операції формування ОТС ГВС для цього ОБ буде наступна її структура

$$o_{i_o} \rightarrow gm_j \rightarrow gm_i \rightarrow gm_1 \rightarrow o_{i_k}.$$

Однак даний випадок є поодиноким, оскільки при формуванні ОТС ГВС регламентуються тільки зони просторового розташування “початкових” елементів  $gm^P$  та “кінцевих”  $gm^K$ . Просторова ж організація елементів  $gm^{Pp} \in GM$  проміжного перетворення ОВ з одного стану в інший стан є результатом пошуку в процесі формування ОТС ГВС. Тому на початковому етапі вирішення задачі формування ОТС ГВС допускається попереднє розміщення елементів  $gm_i \in GM$  лише в “початкових” та “кінцевих” робочих зонах, а потім здійснюється реконструкція просторової організації формованої ОТС ГВС з метою покращення її відповідно критеріальних показників.

Таким чином, при реалізації означеного вище підходу до формування координатної множини  $R$ , кожному елементу  $gm_x^{Pp} \in GM$  (джерелу) та кожному елементу  $gm_y^{Pp} \in GM$  (споживачу) потоків ОВ елемента  $gm_i \in GM$  присвоюється код  $K_{gm}$ , який відповідає їх порядковому номеру  $N$  в узагальненій базі знань, тобто  $K_{gm} = N$ , і який ставиться у відповідальність індексам  $R_x$  та  $R_y$  (індексам  $R_x$  ставляться у відповідність номери джерел  $N_{gm_x^{Pp}}$ , а індексам  $R_y$  – номери споживачів  $N_{gm_y^{Pp}}$ , тобто  $R_x = N_{gm_x^{Pp}}$ ,  $R_y = N_{gm_y^{Pp}}$ ).

Якщо ж в якості джерела або споживача потоків ОВ виступає зовнішнє середовище, яке може розглядатися як фіктивний елемент ОТС ГВС  $gm^\Phi$ , то індексам  $R_x$  та  $R_y$  ставляться у відповідність символи:  $V$  – вхідний елемент;  $W$  – вихідний елемент.

Координатна множина  $P$  відображує внутрішню сумісність елементів  $gm_i \in GM$  узагальненої бази знань. Два елемента  $gm_k, gm_{k+1} \in GM$  є внутрішньо сумісними по  $j$ -му виходу  $j \in Y(gm_k)$  елемента  $gm_k \in GM$  та  $i$ -му входу  $i \in X(gm_{k+1})$  елемента  $gm_{k+1} \in GM$ , якщо вихідний потік  $p_y^{o_i}$ ,  $y \in Y(gm_k)$  ОВ співпадає з вхідним потоком  $p_x^{o_i}$ ,  $x \in X(gm_{k+1})$ . Таким чином, умовою внутрішньої сумісності елементів  $gm_i \in GM$  є належність їх вхідних та вихідних потоків означеній зоні в системі координат  $(RP)$ . Тому для відображення умов просторової сумісності потоків ОВ може бути використаний відповідний код  $K_p = [N_{p^{o_i}}]$ , де  $N_{p^{o_i}}$  – умовний індекс відповідного потоку ОВ.

Виходячи з цього коди входів  $X(gm_i)$  та виходів  $Y(gm_i)$  елемента  $gm_i \in GM$  в загальному випадку можуть бути представлені наступним чином

$$\begin{aligned} X(gm_i) &= \left[ N_{gm_x^{Pp}}^1, \dots, N_{gm_x^{Pp}}^n; N_{p_x^{o_i}}^1, \dots, N_{p_x^{o_i}}^n \right]; \\ Y(gm_i) &= \left[ N_{gm_y^{Pp}}^1, \dots, N_{gm_y^{Pp}}^m; N_{p_y^{o_i}}^1, \dots, N_{p_y^{o_i}}^m \right], \end{aligned}$$

де  $n$  та  $m$  – відповідно число внутрішніх входів та виходів елемента  $gm_i \in GM$ .

Що стосується представлення коду самого елемента  $gm_i \in GM$ , то він складається з порядкового номеру цього елемента в узагальненій базі знань  $N$  та двозначних умовних індексів  $C_i = \left( B_{i_k}^j P_{i_l}^j \right)$ , що відповідають

технологічним операціям  $\{OP_{i_j}\}$ , які закріплені за даним елементом пілля структурної декомпозиції технологічної моделі ГВС [5], тобто

$$N(gm_i) = [N; B_{i_k}^1 P_{i_l}^1, \dots, B_{i_k}^j P_{i_l}^j],$$

де  $j$  – число технологічних операцій, які реалізуються елементом  $gm_i \in GM$ .

**Висновки.** На основі визначених та формалізованих ознак сумісності елементів ОТС ГВС сформовані принципи побудови їх узагальненої бази знань, що дозволяє в подальшому розробити автоматизовані методи направленого формування ОТС ГВС.

### Література

1. Ткач М.М. Синтез організаційно-технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2008. – Вип. 13(33). - С.129-134.
2. Ткач М.М., Костюк В.І., Красничук А.В. Оптимізація організаційно-технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2010. – Вип. 16(36). - С.122-129.
3. Ткач М.М., Костюк В.І., Красничук А.В. Методи композиції оптимальних варіантів структурної організації ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2010. – Вип. 17(37). - С.124-129.
4. Ткач М.М., Костюк В.І., Красничук А.В. Принципи побудови організаційно-технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2011. – Вип. 18(38). - С.124-128.
5. Ткач М.М. Системно-структурний аналіз технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2008. – Вип. 12(32). - С.140-144.

Отримано 10.11.2011 р.