

## ВИЗНАЧЕННЯ ТИПОВИХ СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ГВС

**Вступ.** Розвиток сучасного виробництва характеризується постійним удосконаленням та оновленням зразків продукції. Це обумовлює необхідність систематичної перебудови виробництва, що в свою чергу, потребує широкого впровадження гнучких виробничих систем (ГВС). Такі системи це не традиційні системи комплексної автоматизації, не просто системи машин з повною автоматизацією технологічних операцій, об'єднаних єдиною транспортною системою, а принципово нове покоління систем, яке здатне швидко переходити з випуску одного виду виробу на інший [1].

Технічними передумовами появи таких систем є наявність:

- сучасного автоматизованого обладнання, яке оснащено промисловими роботами або іншими типами технічних засобів, що забезпечують автоматизацію допоміжних операцій та операцій встановлення об'єктів;

- засобів, які забезпечують автоматизоване зберігання, накопичення та транспортування об'єктів;

- комп'ютерної техніки, яка дозволяє будувати як взаємопов'язані, так і не пов'язані управляючі структури для окремих технологічних одиниць та їх компонентів.

Для подібних систем характерна висока ступінь технологічної, параметричної та структурної гнучкості, що дає можливість варіації маршрутів виготовлення об'єктів виробництва з метою максимального використання технологічного обладнання без додаткового його переобладнання. Крім того, такі системи базуються на використанні гнучких виробничих модулів (ГВМ), які реалізують в автоматичному режимі виготовлення об'єктів у відповідності до виробничої ситуації.

Досвід впровадження ГВС, які побудовані на базі окремих ГВМ показує, що вони можуть бути дуже ефективними в сучасному виробництві. Однак суттєвої уваги потребують питання їх

структурування, особливо на етапах структурно-компонувального синтезу.

Однією з основних задач структурно-компонувального синтезу ГВС є задача визначення складу ГВМ на основі аналізу їх технологічних структур [2].

**Аналіз попередніх досліджень.** В роботах [3,4,5] наведені принципи формування групових операцій, які дозволяють ГВС, що проектується на їх основі, адаптуватись до зміни номенклатури об'єктів, побудовані моделі технологічних структур групових операцій та проведені дослідження взаємозв'язків як між елементами технологічних структур ГВС так і між їх структурними компонентами, що дозволило сформулювати всі необхідні умови для формування типових структурних компонент та проведення на їх основі аналізу технологічних структур ГВС.

**Мета роботи** – спрощення та підвищення ефективності структурного аналізу технологічних структур групових операцій ГВС за рахунок виділення в них типових структурних конфігурацій (структурних компонент), які мають специфічні властивості як з формальної точки зору, так і по суті їх ролі в формуванні ГВС.

**Матеріал і результати дослідження.** Уведемо поняття структурної компоненти (СК) технологічної структури (ТС) групової операції (ГрОП), для чого в технологічній структурі  $TS_{Гр_i}$  [4], яка має операції  $ОП_{ji}$  та  $ОП_{jk}$ ,  $i, k = 1, 2, \dots, N$ , утворимо сукупність операцій  $E_m$  виду  $ОП_{ji}, ОП_{j_1}, ОП_{j_2}, \dots, ОП_{j_r}, ОП_{jk}$  розміщуючи між  $ОП_{ji}$  та  $ОП_{jk}$  будь-які сукупності з операцій, що залишились. Пронумеруємо отримані сукупності  $E_m$  в деякому фіксованому для даної ТС порядку  $m = 1, 2, \dots, s$ . Крім того, уведемо нумерацію операцій  $\{ОП_{jp}\}$  в кожній сукупності  $E_m$ ,  $p = 0, 1, \dots, f_m$ . При цьому під  $ОП_{j_0}$  будемо розуміти  $ОП_{ji}$ , а під  $ОП_{j_{f_m}}$  -  $ОП_{jk}$ .

Будемо вважати, що операції  $ОП_{ji}$  та  $ОП_{jk}$  слабо зв'язані в даній ТС, якщо в цій ТС існує хоча б одна сукупність операцій  $E_m$  така, що будь-які дві її сусідні ( $p$ -та та  $p+1$ -ша,  $p = 0, 1, 2, \dots, f_m$ ) операції безпосередньо зв'язані.

Наведене означення відношення слабкого зв'язку для будь-яких двох операцій  $OP_{ji}$  та  $OP_{jk}$  потребує, щоб існувала хоча б одна сукупність операцій  $E_m$  така, яка має наступні властивості:

- 1) операція  $OP_{ji}$  є першим елементом  $E_m$ , а  $OP_{jk}$  - останнім;
- 2) для будь-якого  $p$  за умови  $0 \subseteq p \subseteq f_m$  впливає наявність безпосереднього зв'язку між  $OP_{jn(p,m)}$  та  $OP_{jn(p+1,m)}$ .

Першу з цих властивостей можна описати тримісним предикатом

$$\xi(i, k, m) = (\{n(0, m) = i\} \wedge \{n[f_m, m] = k\}). \quad (1)$$

Другу властивість можна описати за допомогою двох предикатів: предиката умови

$$\mu(p, m) = [0 \subseteq p \subseteq f_m], \quad (2)$$

та предиката наслідку

$$(\alpha[n(p, m), n(p+1, m)] \vee \alpha[n(p+1, m), n(p, m)]). \quad (3)$$

Тоді, будь-яку сукупність  $E_m$ , що відповідає відношенням (1), (2) та (3) будемо розглядати як структурну компоненту відповідної технологічної структури ГВС.

Розглянемо деяку структурну компоненту  $CK_{js}$ , яка складається з набору операцій  $OP_{ji} \in CK_{js}$ , що входять до складу технологічної структури  $TS_{Гр_j}$  як самостійну структуру.

Введемо відображення

$$\left\{ \left[ X_{l_\phi}^{(\phi)s} \right]_1^{n_\phi} \bigcup_{OP_{ji} \in CK_{js}} \left[ X_{l_i}^{(i)} \right]_1^{n_i} \right\} \rightarrow \left\{ \left[ Y_{l_\phi}^{(\phi)s} \right]_1^{m_\phi} \bigcup_{OP_{ji} \in CK_{js}} \left[ Y_{l_i}^{(i)} \right]_1^{m_i} \right\}, \quad (4)$$

яке реалізується оператором

$$Y_{l_i}^{(i)} = \mathfrak{R}_s(X_{l_k}^{(k)}), \quad (5)$$

який будемо називати внутрішнім оператором сполучення структурної компоненти  $CK_{js}$ .

Таким чином, для структурної компоненти  $CK_{js}$  маємо: сукупність операцій, які входять до її складу; множини фіктивних вхідних  $\left[ X_{l_\phi}^{(\phi)s} \right]_1^{n_\phi}$  та вихідних  $\left[ Y_{l_\phi}^{(\phi)s} \right]_1^{m_\phi}$  контактів, які представляють зовнішнє середовище (операція  $OP_{j\phi}$ ); оператор  $\mathfrak{R}_s$ , в область

визначення якого входять всі вхідні контакти  $\left[ X_{l_i}^{(i)} \right]_1^{n_i}$  операцій  $ОП_{ji} \in CK_{js}$  та операції  $ОП_{j\phi}$  і який описує сукупність зв'язків, які з'єднують ці контакти з вихідними контактами  $\left[ Y_{l_i}^{(i)} \right]_1^{m_i}$  операцій  $ОП_{ji} \in CK_{js}$  та операції  $ОП_{j\phi}$ .

Очевидно, що структурна компонента  $CK_{js}$  є окремою технологічною структурою, характеристики якої не залежать від інших структурних компонент, які складають  $TS_{\Gamma p_j}$ , і тому може бути реалізована за допомогою дискретної ГВС відповідного рівня організаційної структури, а саме рівня ГВМ.

Розглянемо деяку множину структурних компонент  $\left[ CK_{jq} \right], q = 1, 2, \dots, Q$ , як елементів  $TS_{\Gamma p_j}$ , кожен з яких характеризується множиною вхідних  $\left[ X_{l_q}^{(q)} \right]_1^{n_q}$  та вихідних  $\left[ Y_{l_q}^{(q)} \right]_1^{m_q}$  контактів, а також множинами контактів  $\left[ X_{l_\phi}^{(\phi)q} \right]_1^{n_\phi}$  та  $\left[ Y_{l_\phi}^{(\phi)q} \right]_1^{m_\phi}$ .

Уведемо відображення

$$\left( \bigcup_{q=0}^Q \left[ X_{l_q}^{(q)} \right]_1^{n_q} \right) \rightarrow \left( \bigcup_{q=0}^Q \left[ Y_{l_q}^{(q)} \right]_1^{m_q} \right),$$

яке реалізується оператором

$$Y_{l_h}^{(h)} = \mathfrak{R}_2 \left( X_{l_q}^{(q)} \right). \quad (6)$$

Оператор  $\mathfrak{R}_2$  будемо називати оператором сполучення структурних компонент в технологічній структурі  $\Gamma p ОП$  (або оператором спряжиння другого рівня).

Таким чином, структурні компоненти  $CK_{js}$  можуть об'єднуватись в структурні компоненти більш високого рівня (реалізуються дискретними ГВС рівня ГАЛ, ГАД і т.д.) за допомогою операторів сполучення  $\mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3$  і т.д. у відповідності до рівня ієрархії ГВС.

Для визначення характеристик сполучення структурних компонентів різних рівнів придатні співвідношення, які розглядалися в роботі [5], якщо замість характеристик операцій  $\Gamma p ОП$  підставити відповідні характеристики структурних компонент. Тоді можна

розглядати внутрішні СК:  $[\beta(l,0) \vee \gamma(l,0)] = 0$ , зовнішні СК:  $[\beta(l,0) \vee \gamma(l,0)] = 1$ , безпосередньо зв'язані СК:  $[\alpha(i,k) \vee \alpha(k,i)] = 1$ , а також відношення слабого зв'язку  $\nu(i,k) = 1$ , слідовання  $\eta(i,k) = 1$  і т.д. між різними структурними компонентами ТС *ГрОП*.

Розглянемо деякі типові структурні компоненти ТС *ГрОП*.

Будь-яку сукупність  $E_m$ , для якої

$$(\forall p) \left( [\xi(i,k,m) \wedge \mu(p,m)] \right) \rightarrow \eta[n(p,m), n(p+1,m)] \wedge \eta[n(0,m), n(f_m,m)] \quad (7)$$

назвемо структурною компонентою “ланцюг”.

Якщо операція  $ОП_j(p-1)$  передує операції  $ОП_j p$ , або іде слідом за операцією  $ОП_j p$  для всієї множини  $\{ОП_{jp}\} \in E_m$ , т.т.

$$(\forall p) \left( [\xi(i,k,m) \wedge \mu(p,m)] \right) \rightarrow \eta[n(p,m), n(p+1,m)] \wedge \eta[n(f_m-1,m), n(0,m)] \quad (8)$$

то таку структурну компоненту назвемо “замкнений контур”.

Коли для будь-якої операції  $\{ОП_{jp}\} \in E_m$  вихідний зв'язок операції  $ОП_j(p-1)$  є вхідним зв'язком операції  $ОП_j p$  і навпаки – вихідний зв'язок  $ОП_j p$  є вхідним зв'язком для  $ОП_j(p-1)$ , то таку структурну компоненту будемо називати “взаємозв'язок”. В цьому випадку

$$(\forall p) \left( [\xi(i,k,m) \wedge \mu(p,m)] \right) \rightarrow \eta[n(p,m), n(p+1,m)] \wedge \eta[n(p+1,m), n(p,m)] \quad (9)$$

Нарешті, коли для будь-якої операції  $ОП_j i$  характерна наявність тільки вихідних зв'язків

$$(\forall k) [\beta(i,k) = \emptyset], \quad (10)$$

то таку структурну компоненту будемо називати “початковою”, а коли тільки вхідних

$$(\forall k) [\gamma(i,k) = \emptyset], \quad (11)$$

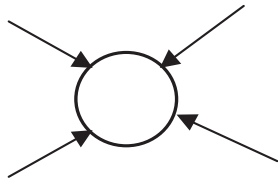
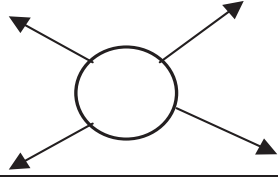
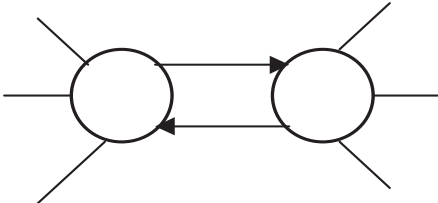
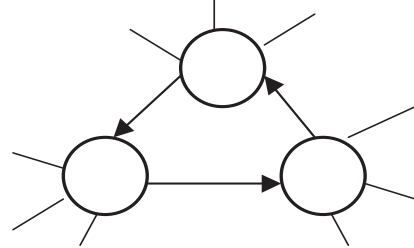
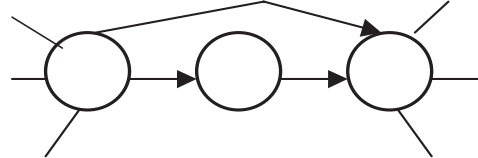
то – “кінцевою”.

Треба відмітити, що зазначені типи структурних компонент (7-11) легко інтерпретуються на графах (табл. 1) і являють собою дуже розповсюджені в реальних умовах структурні конфігурації ГВМ.

Тому, процес виділення таких типів СК на структурних моделях ТС ГрОП складає одну з основних задач її структурного аналізу.

Таблиця 1

Типові СК

Графічне відображення типових СК	Формалізований опис типових СК
<p>“кінцева”</p> 	$(\forall k)[\gamma(i, k) = \emptyset]$
<p>“початкова”</p> 	$(\forall k)[\beta(i, k) = \emptyset]$
<p>“взаємозв’язок”</p> 	$(\forall p)([\xi(i, k, m) \wedge \mu(p, m)]) \rightarrow$ $\eta[n(p, m), n(p+1, m)] \wedge \eta[n(p+1, m), n(p, m)]$
<p>“замкнений контур”</p> 	$(\forall p)([\xi(i, k, m) \wedge \mu(p, m)]) \rightarrow$ $\eta[n(p, m), n(p+1, m)] \wedge \eta[n(f_m - 1, m), n(0, m)]$
<p>“ланцюг”</p> 	$(\forall p)([\xi(i, k, m) \wedge \mu(p, m)]) \rightarrow$ $\eta[n(p, m), n(p+1, m)] \wedge \eta[n(0, m), n(f_m, m)]$

**Висновки. 1.** Проведені дослідження структурних компонент технологічної структури ГВС показали, що кожна з них є окремою технологічною структурою, характеристики якої не залежать від інших структурних компонент, що складають відповідну технологічну структуру, і тому може бути реалізована за допомогою дискретної ГВС відповідного рівня організації.

2. Отримані типові структурні компоненти дають можливість підвищити ефективність структурного аналізу технологічних структур ГВС за рахунок виділення в них відповідних структурних конфігурацій, які реалуються відповідними організаційними утвореннями ГВС.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гибкие производственные комплексы/ Под ред. П.Н. Беянина, В.А. Лещенко, М.: Машиностроение, 1984. - 384 с.
2. Ткач М.М. Основні концепції методології структурного системного аналізу і проектування ГВС // Адаптивні системи автоматичного управління. - 2003 №6(26). С.90-93.
3. Ткач М.М., Поліщук М.М. Методологія формування групових операцій при проектуванні ГВС // Адаптивні системи автоматичного управління. - 2005 №8(28). С. 142-146.
4. Ткач М.М. Моделювання технологічних структур ГВС // Адаптивні системи автоматичного управління. - 2007 №10(306). С.142-151.
5. Ткач М.М. Формалізований опис відносин між елементами технологічних структур ГВС // Вісник ХНАДУ - 2007 №37. С. 134-135.

Получено 20.02.2008 г.