

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

М.М. Ткач, доцент, к.т.н., НТУУ «КПІ»

***Анотація.** Розглядаються питання визначення та дослідження структурних компонент технологічних структур гнучких виробничих систем, використання яких суттєво спрощує процес їх структурного аналізу.*

***Ключові слова:** гнучкі виробничі системи, структурні компоненти, автомобільний транспорт.*

Вступ

Як показує зарубіжний досвід та досвід передових галузей нашої країни [1], гнучкість виробничих систем в умовах дрібносерійного багатомоделного виробництва може бути забезпечена організацією їх за модульним принципом, основу якого складають гнучкі виробничі модулі (ГВМ) і побудовані на їх основі гнучкі виробничі системи (ГВС). Таке виробництво відповідає практиці реалізації принципу модульного проектування на автомобільному транспорті.

Аналіз публікацій

Наведений у роботі [2] формалізований опис структурних співвідношень між елементами технологічних структур (ТС) та визначені умови їх сполучення, дали можливість побудувати модель технологічної структури ГВС у вигляді орієнтованого графа [3, 4]. Для подальшого проведення структурних досліджень отриманої моделі, а саме одержання інформації про ТС у цілому й визначення основних її структурних компонент, необхідно виділити ці структурні компоненти та дослідити їх.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є визначення та дослідження структурних компонент технологічних структур ГВС, які, з одного боку, самі є свого роду технологічними структурами, а з іншого, є елементами технологічних структур ГВС.

Матеріал і результати дослідження

Розглянемо технологічну структуру j -ї групової операції $TS_{Гр_j}$ [3], яка складається з упорядкованої сукупності операцій $\{OP_{jp}\}$, $p = 0, 1, \dots, P$, зв'язки між якими задані оператором сполучення \mathfrak{R} . Розчленуємо уявно цю структуру на деяке число структурних компонент (СК), які мають не менш ніж одну операцію. При цьому скористаємось таким правилом: кожна з операцій $\{OP_{jp}\}$ може входити тільки до однієї з виділених $СК_{jq}$, $q = 0, 1, \dots, Q$ (нуль відповідає зовнішньому середовищу). Очевидно, що для структурної компоненти $СК_{js}$, яка складається з деякого набору операцій $OP_{ji} \in СК_{js}$, зовнішнім середовищем є не тільки операції зовнішнього середовища $OP_{j\phi}$ відносно $TS_{Гр_j}$, але й операції OP_{jk} технологічної структури $TS_{Гр_j}$, які не увійшли до $СК_{js}$, тобто $OP_{jk} \notin СК_{js}$. Таким чином, в загальному випадку (рис. 1) структурна компонента $СК_{js}$ може мати вхідні зв'язки як від зовнішнього середовища (структурної компоненти $СК_{j\phi}$), так і від інших структурних компонент $TS_{Гр_j}$ (операцій $OP_{jk} \notin СК_{js}$). Аналогічно структурна компонента $СК_{js}$ може мати вихідні зв'язки як у зовнішнє се-

редовище (структурна компонента $CK_{j\phi}$), так і до інших структурних компонент цієї $TS_{\Gamma p_j}$ (операцій $OP_{jk} \in CK_{js}$).

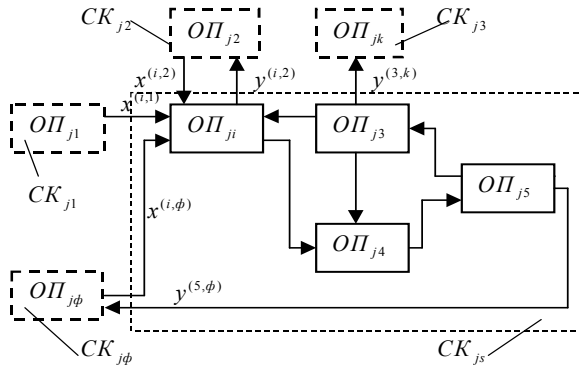


Рис. 1. Приклад вхідних та вихідних зв'язків структурної компоненти CK_{js}

Для подальшого розгляду структурної компоненти CK_{js} як елемента $TS_{\Gamma p_j}$ з точки зору сполучення її з іншими структурними компонентами, задамо простори вхідних $\hat{X}^{(s)}$ та вихідних $\hat{Y}^{(s)}$ зв'язків цієї структурної компоненти, представивши кожен зв'язок як сукупність вхідного n та вихідного m контактів. Тоді відповідні множини контактів структурної компоненти CK_{js} визначаються співвідношеннями

$$\begin{aligned} [\hat{X}^{(s)}] &= \\ &= \bigcup_{OP_i \in CK_s} \left\{ [X^{(i,\phi)}]_1^{n\phi} \cup \left(\bigcup_{OP_k \in CK_s} [X^{(i,k)}]_1^{nk} \right) \right\}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} [\hat{Y}^{(s)}] &= \\ &= \bigcup_{OP_i \in CK_s} \left\{ [Y^{(i,\phi)}]_1^{m\phi} \cup \left(\bigcup_{OP_k \in CK_s} [Y^{(i,k)}]_1^{mk} \right) \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $[X^{(i,\phi)}]_1^{n\phi}$ та $[Y^{(i,\phi)}]_1^{m\phi}$ – відповідно вхідні та вихідні контакти CK_{js} з операціями зовнішнього середовища $OP_{j\phi}$, а $[X^{(i,k)}]_1^{nk}$ та $[Y^{(i,k)}]_1^{mk}$ – відповідно вхідні та вихідні контакти CK_{js} з операціями $OP_{jk} \in CK_{js}$. Контакти, які належать співвідношенням (1) та (2), є контактами операцій, які входять до

структурної компоненти CK_{js} і відповідно мають нумерацію, що відповідає нумерації операцій $\{OP_{jp}\}$ в технологічній структурі $TS_{\Gamma p_j}$. Це значно ускладнює опис сполучення її структурних компонент. Тому доцільно ввести поняття – структурні контакти. Позначимо вхідний структурний контакт компоненти CK_{js} через $X_{l_s}^{(s)} \in [X_{l_s}^{(s)}]_1^{n_s}$, де $[X_{l_s}^{(s)}]_1^{n_s}$ – множина вхідних контактів CK_{js} , а вихідний – через $Y_{l_s}^{(s)} \in [Y_{l_s}^{(s)}]_1^{m_s}$, де $[Y_{l_s}^{(s)}]_1^{m_s}$ – множина вихідних контактів CK_{js} . В загальному випадку вихідний контакт $Y_{l_i}^{(i)} \in [\hat{Y}^{(s)}]$ операції $OP_{ji} \in CK_{js}$ може мати дійсний зв'язок із декількома вхідними контактами операцій $OP_{jk} \in CK_{js}$ (рис. 2, а).

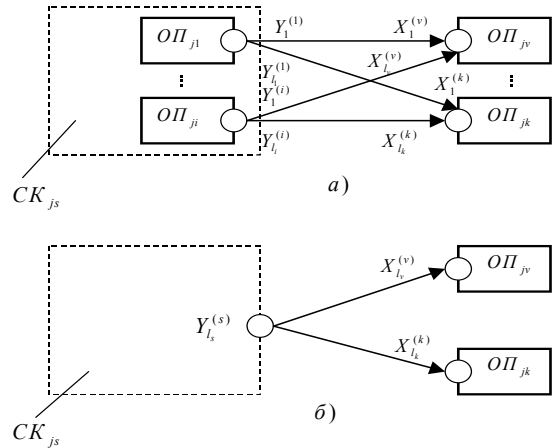


Рис. 2. Процес поєднання вихідних контактів $Y_{l_i}^{(i)}$ у структурний контакт $Y_{l_s}^{(s)}$

У відповідності до закону ідемпотентності [4] об'єднання множин, множина (2) містить тільки по одному набору контактів $Y_{l_i}^{(i)}$, які входять у різні $[Y^{(i,k)}]_1^{mk}$ для $OP_{jk} \in CK_{js}$ (т.т. усі контакти, які відповідають цьому контакту $Y_{l_i}^{(i)}$, поєднуються в один структурний контакт $Y_{l_s}^{(s)}$ (рис. 2, б). Вихідний контакт $Y_{l_s}^{(s)}$ структурної компоненти CK_{js} , який відповідає цьому $Y_{l_i}^{(i)}$, може мати дійсний зв'язок з будь-яким кінцевим числом

вхідних контактів інших структурних компонент $TS_{\Gamma p_j}$. В тому випадку, коли дві або більше операцій j -ї групової операції (ГрОП $_j$), які мають дійсний зв'язок між своїми вхідними контактами та контактами $Y_{l_s}^{(s)}$ (рис. 3, а), належать одній і тій же структурній компоненті СК $_{jh}$, то залишається лише один дійсний зв'язок, який поєднує вихідний контакт $Y_{l_s}^{(s)}$ структурної компоненти СК $_{js}$ з вхідним структурним контактом $X_{l_h}^{(h)}$ компоненти СК $_{jh}$ (рис. 3, б).

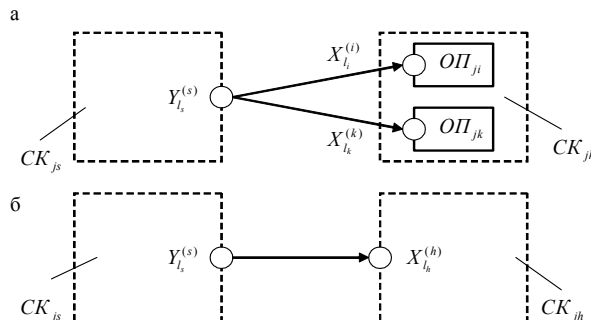


Рис. 3. Процес поєднання контактів $X_{l_i}^{(i)}$ компоненти СК $_{jh}$ в структурний контакт $X_{l_h}^{(h)}$

Таким чином, для реалізації процесу переходу від поопераційної нумерації контактів до нумерації за структурними компонентами, можуть бути використані такі відображення:

$$\begin{aligned} [\hat{Y}^{(s)}] &\rightarrow [Y_{l_s}^{(s)}]_1^{m_s}, \text{ позначається як} \\ Y_{l_s}^{(s)} &= F_s(X_{l_i}^{(i)}) \end{aligned} \quad (3)$$

та

$$\begin{aligned} [\hat{X}^{(s)}] &\rightarrow [X_{l_s}^{(s)}]_1^{n_s}, \text{ позначається як} \\ X_{l_s}^{(s)} &= Q_s(X_{l_i}^{(i)}). \end{aligned} \quad (4)$$

Для структурної компоненти СК $_{j\phi}$, яка представляє собою зовнішнє середовище технологічної структури $TS_{\Gamma p_j}$, нумерацію контактів можна залишити такою, якою вона була для операцій зовнішнього середовища ОП $_{j\phi}$,

(т.т. $X_{l_\phi}^{(\phi)}$ та $Y_{l_\phi}^{(\phi)}$ будемо вважати вхідними та вихідними структурними контактами компоненти СК $_{j\phi}$). Зважаючи на викладене та ввівши відображення

$$\begin{aligned} &\left\{ [X_{l_\phi}^{(\phi)s}]_1^{n_\phi} \cup_{\text{ОП}_{ji} \in \text{СК}_{js}} [X_{l_i}^{(i)}]_1^{n_i} \right\} \rightarrow \\ &\rightarrow \left\{ [Y_{l_\phi}^{(\phi)s}]_1^{m_\phi} \cup_{\text{ОП}_{ji} \in \text{СК}_{js}} [Y_{l_i}^{(i)}]_1^{m_i} \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

яке реалізується оператором

$$Y_{l_i}^{(i)} = \mathfrak{R}_s(X_{l_k}^{(k)}), \quad (6)$$

для структурної компоненти СК $_{js}$ маємо: сукупність операцій ОП $_{ji}$, які входять до її складу; множини контактів $[X_{l_\phi}^{(\phi)s}]_1^{n_\phi}$ та $[Y_{l_\phi}^{(\phi)s}]_1^{m_\phi}$, які представляють зовнішнє середовище; оператор \mathfrak{R}_s , який є її внутрішнім оператором сполучення. Очевидно, що в цьому випадку, структурна компонента СК $_{js}$ може розглядатись як окрема технологічна структура, характеристики якої не залежать від інших структурних компонент, що складають $TS_{\Gamma p_j}$, яка реалізується відповідним організаційним рівнем ГВС. З визначених відносин між структурними компонентами ТС витікає декілька очевидних наслідків: якщо операція ОП $_{ji}$ структурної компоненти СК $_{js}$ слабо зв'язана з операцією ОП $_{jk}$ структурної компоненти СК $_{jh}$, то структурна компонента СК $_{js}$ слабо зв'язана з структурною компонентою СК $_{jh}$; якщо операція ОП $_{ji}$ структурної компоненти СК $_{js}$ передує операції ОП $_{jk}$ структурної компоненти СК $_{jh}$, то структурна компонента СК $_{js}$ передує структурній компоненті СК $_{jh}$; якщо структурна компонента СК $_{js}$ слабо зв'язана з структурною компонентою СК $_{jh}$, то будь-яка операція ОП $_{ji} \in \text{СК}_{js}$ слабо зв'язана з будь-якою операцією ОП $_{jk} \in \text{СК}_{jh}$.

Висновки

Визначені структурні компоненти технологічних структур ГВС та характеристики відносин між ними можуть бути використані при структурному аналізі ТС ГВС, що суттєво спрощує цей процес.

Відповідна ГВС дозволяє реалізувати модульний підхід до створення колісних та гусеничних машин у автомобілебудуванні.

Література

1. Гибкое автоматизированное производство. – 2-е изд. перераб. и доп. / В.О. Азбель, В.А. Егоров, Ю.А. Звоницкий и др. – Л.: Машиностроение, 1985. – 454 с.
2. Ткач М.М. Формалізований опис відносин між елементами технологічних структур ГВС // Сб. наук. пр. – Харків: ХНАДУ. – 2007. – №37. – С. 134 – 135.
3. Ткач М.М. Моделювання технологічних структур ГВС // Адаптивні системи автоматичного управління / Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Дніпропетровськ: ДНВП «Системні технології». – 2007. – №10(306). – С.142 – 151.
4. Куратовский К., Мостовский А. Теория множеств. – М.: Мир, 1970. – 416 с.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 грудня 2007 р.