

В.М. Кореньков, к.т.н., доц.

А.А. Субін, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України "КПІ"

МЕТОД СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ТА ОЦІНКИ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ СИНТЕЗІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ

Розглядаються задачі визначення множини технічно можливих та технологічно обґрунтованих послідовностей загального та вузлового складання виробів, а також формування структури операцій складання (відношення упорядкованості, склад та кількість структурних елементів).

Постановка проблеми. Одна з найбільш важливих та відповідальних задач автоматизованого проектування технологічних процесів складання (ТПС) полягає у визначенні технічно допустимих та технологічно обґрунтованих послідовностей складання виробу. Множина таких послідовностей встановлюється на етапі структурного проектування технологічних процесів і визначається властивостями конструкції конкретного виробу та формальними залежностями технології складання.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Для вирішення поставленого завдання вже розроблено: комбінаторний метод синтезу технологічної структури виробу та метод синтезу послідовностей складання виробів, оптимальний варіант котрих обирається за критерієм мінімальної кількості перебудов [1–4]. Однак комплексне використання даних методів призводить до багатоваріантності структурних рішень. З огляду на велику трудомісткість подальшої оцінки та параметричної оптимізації цих рішень постає завдання залучення додаткової (не лише геометричної) інформації з метою зменшення їх кількості.

Мета статті. Розглянути метод формування структури технологічних операцій шляхом упорядкування множини переходів та об'єднання перших n переходів, сумарний час виконання яких дорівнює наперед заданому значенню.

Основний матеріал. *Описання алгоритмічного процесу формування структури технологічних переходів та операцій маршрутного ТПС.* Як відомо, маршрутний ТПС кожної окремої k -ї складальної одиниці (СО) містить послідовність виконання технологічних операцій: $ТПС_k = \langle Q_1, Q_2, \dots, Q_n \rangle$. На початку кожна операція Q_i даної послідовності, а також ТПС в цілому, представлені упорядкованою множиною переходів p_j : $ТПС_k = \langle p_1, p_2, \dots, p_m \rangle$. В подальшому переходи об'єднуються за рядом ознак, в результаті чого формується послідовність операцій $ТПС_k = \langle Q_1(p_1, \dots, p_3), Q_2(p_4), \dots, Q_n(p_j, \dots, p_m) \rangle$, яка є найкращою, для конкретного випадку, оскільки задовольняє всім висунуті наперед вимоги.

Якщо врахувати те, що технологічний перехід при складанні – це процес установки одного елемента, то для автоматизованого формування маршрутного ТПС достатньо буде лише доповнити схему базової послідовності складання (автоматично синтезовану за допомогою вже розроблених методів) інформацією про час та необхідні для виконання робіт ресурси, за аналогією з мережевими графіками.

Склад та особливості початкової інформації. Об'єднання переходів у операції відбувається за умови максимально можливого завантаження обладнання та рівного деякому значенню $\tau \pm \Delta$ % часу виконання технологічних операцій. Для виконання даних вимог необхідно:

1) за відомими методиками [5, 6] розрахувати такт випуску $\tau \pm \Delta$ %, виходячи із заданої програми випуску;

2) кожному k -му елементу ПС поставити у відповідність набір обладнання $\Omega_k = \{\omega_1^k, \dots, \omega_v^k\}$, яке може здійснити установку даного елемента (перелік обладнання упорядкований за вартістю, займаною площею тощо);

3) для всіх $\omega_j^k \in \Omega_k$ встановити перелік допустимих для виконання робіт та перелік робіт типових переходів, наприклад при використанні промислових роботів це може мати такий вигляд:

основний час $t_k^{осн}$:

- утворення з'єднання;

допоміжний час $t_k^{дон'}$, що перекривається $t_k^{осн}$:

- заміна інструменту;
- захват об'єкта;
- транспортування об'єкта в зону складання;

допоміжний час $t_k^{дон''}$, що не перекривається $t_k^{осн}$:

- орієнтація;
- контроль з'єднання;
- зняття об'єкта;

4) для кожного елемента ПС визначити оперативний час $t_k^{on} = t_k^{ocn} + t_k^{don} + t_k^{don'}$ типового переходу.

Перший та останній з наведених вище кроків є звичайними арифметичними процедурами, а виконання другого та третього – зводиться до роботи з базами даних, або класифікаторами. Єдиною проблемою залишається те, що на етапі розробки маршрутного ТПС в умовах, коли конструкторські розробки відсутні, t_k^{on} визначається наближено, з резервом $\Delta \approx 10\%$ [7], для чого виділяються три складові:

- час, що залежить від процесу утворення з'єднання (наприклад пресові з'єднання, заклепкові та ін.) – дана складова часу прораховується досить точно за відомими методиками [5, 8], на основі аналізу конструкторської документації виробу;
- час, що характеризує транспортні операції (залежить від технічних характеристик обраного обладнання); наприклад при використанні промислових роботів швидкість руху маніпулятора програмується чисельно, що дорівнює відстані [7], а тому ця складова приймається в інтервалі 0,5÷4 с (залежно від розмірно-масових характеристик елементів та величини переміщень);
- час, що залежить від конструкції окремих пристроїв.

Останню складову часу наперед прорахувати неможливо, а тому будемо вважати її рівною $k \times [t_j]$, де k – коефіцієнт, що визначає, у скільки разів продуктивність складання на автоматичній лінії має перевищувати продуктивність механізованого складання, а $[t_j]$ – загально-машинобудівна норма складової часу для виконання тієї ж операції при механізованому складанні.

Визначення технологічних операцій. Аналіз послідовності складання починається з першого – базового елемента. В загальному випадку після кожного p_j -го переходу можливе виконання декількох переходів $p_f \dots p_g$, що відповідає послідовно-паралельному складанню. А тому найпростіший шлях при формуванні технологічної операції Q_i – за наступним алгоритмом упорядкувати множину p_j, p_f, \dots, p_g та об'єднати перші n переходів, сумарний час виконання яких дорівнює $\tau \pm \Delta\%$.

Крок 1. Упорядкування p_j, p_f, \dots, p_g може відбуватись за:

- послідовністю утворення з'єднань, що забезпечують цілісність (у першу чергу утворюються з'єднання, до складу яких входить базовий елемент, а серед можливих альтернатив пріоритетним є утворення з'єднань з максимальною зоною доступу);
- типом обладнання (пріоритетними є переходи, для яких $\omega_\gamma^j = \omega_\xi^g$, іншими словами, якомога більша кількість переходів повинна виконуватись на однаковому обладнанні);
- точністю з'єднання (в першу чергу виконуються більш точні з'єднання).

Крок 2. Виконання переходів p_j, p_f, \dots в межах однієї операції при автоматизованому складанні можливе трьома способами [9].

- Послідовне (p_f йде за p_j):
 - при виконанні вимог доступу в зону складання (ПС передбачена лише послідовна установка елементів);
 - при відсутності характеристики p_f у переліку допустимих для виконання робіт;
 - за сумарного часу виконання переходів $\dots + t_i^{on} + t_j^{on} \approx \tau \pm \Delta\%$, рівного такту випуску.
- Послідовне, з перекриттям допоміжного часу $\dots + t_i^{on} + (t_j^{ocn} + t_j^{don}) \approx \tau \pm \Delta\%$:
 - при виконанні системи нерівностей $\dots + t_i^{on} < \tau - \Delta\%$, та $\dots + t_i^{on} + t_j^{on} > \tau + \Delta\%$.
- Одночасне:
 - у випадку установки технологічної групи;
 - при $t_i^{on} \approx t_j^{on}$, за умови, що зони монтажу p_j та p_f не перетинаються (відповідні елементи встановлюються з різних напрямків).

Зауваження. Якщо при виконанні p_k -го переходу $m = (\tau + \Delta) / t_k^{on} < 1$, – необхідно вводити додаткове обладнання. Внаслідок цього $t_k^{on} = (t_k^{ocn} + t_k^{don}) / m$, де m – ціле число, що характеризує кількість обладнання.

Ілюстрацією наведених вище кроків може бути один із варіантів (рис. 2) маршрутного ТПС складальної одиниці S_0^* виробу “Редуктор планетарний двоступінчатий” (рис. 1).

* S – позначення структурного елемента виробу, нижній індекс якого є номером, а верхній індекс вказує на СО, до складу якої входить даний елемент.

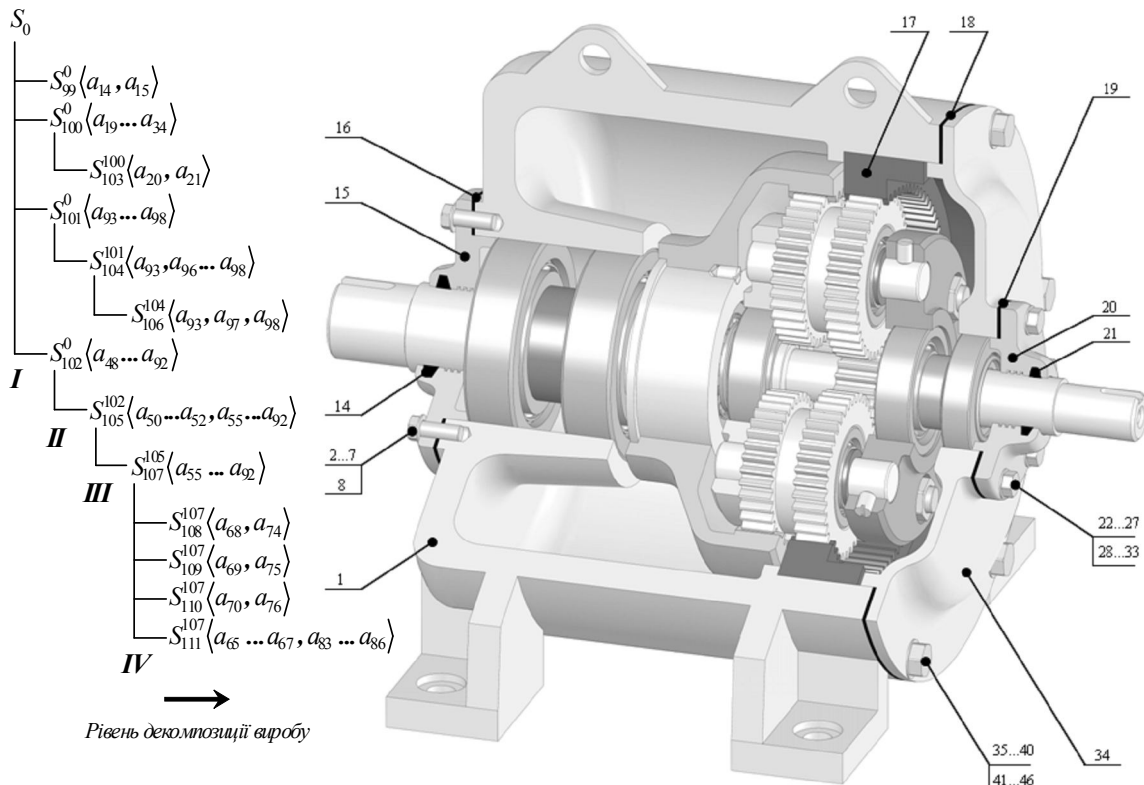


Рис. 1. Система структурних елементів виробу "Редуктор планетарний двоступінчатий" (нумерація проставлена лише для елементів 1-го та частково 2-го рівнів декомпозиції)

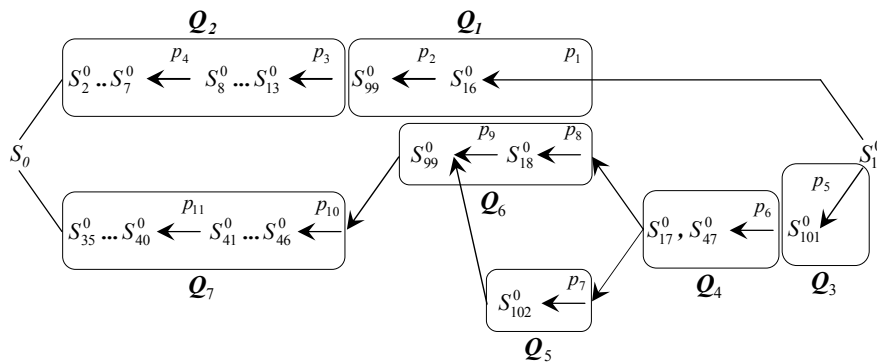


Рис. 2. Графічне представлення процедури формування технологічних операцій складальної одиниці S_0

Упорядкування маршрутного ТПС. Мета даної процедури – покращення базового варіанта ТПС шляхом перегрупування схеми складання.

Вибір остаточного варіанта маршрутного ТПС окремого виробу відбувається у відповідності до обмежень та вимог, що задаються на етапі введення початкових даних, та виконується за допомогою процедури перенесення операцій з нижчого рівня декомпозиції на вищий.

Розглянемо процес перегрупування елемента S_{100}^0 другого рівня декомпозиції, котрий, наприклад через малу кількість операцій, не може бути виділений в окрему СО.

Виконання процедури перенесення операцій починається за аналізу умов доступу для кожної складової S_{100}^0 відносно елементів вищого рівня декомпозиції СО S_0 (до складу котрої входить S_{100}^0). Наприклад деталь S_{34}^{100} контактено обмежена у переміщенні лише елементами $S_1^0, S_{18}^0, S_{35}^0 \dots S_{40}^0, S_{41}^0 \dots S_{46}^0$ та $S_{54}^{102} \in S_{102}^0$ першого рівня декомпозиції. Оскільки за послідовністю складання S_0 установка СО S_{100}^0 йде за установкою $S_1^0, S_{54}^{102}, S_{18}^0$, то, виходячи з умови доступу, S_{34}^{100} може передувати лише $S_{41}^0 \dots S_{46}^0$ (рис. 3).

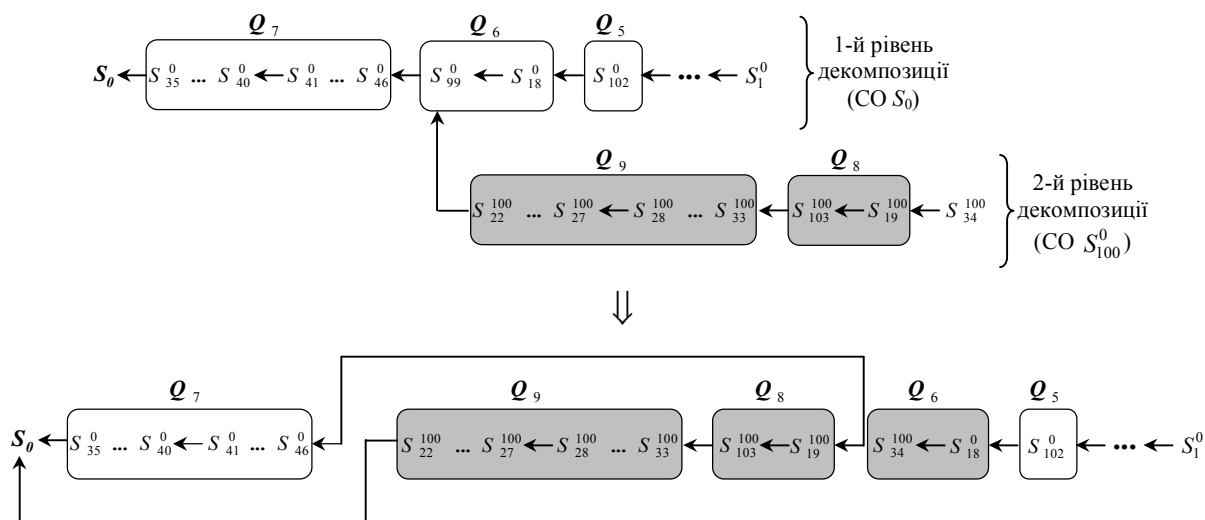


Рис. 3. Упорядкування маршруту складання виробу

У такий спосіб встановлюються зв'язки проходження виконання операцій на вищому рівні декомпозиції, а сама послідовність їх виконання для S_{100}^0 переноситься без змін. Для виробу в цілому необхідно переглянути та оцінити кожен СО, починаючи з останнього (найнижчого) рівня декомпозиції. Якщо умови доступу виконуються для всіх елементів даних СО, то їх складання відповідно до заданих вимог переноситься на рівень вище.

Висновки. В статті розглянуто метод формування структури технологічних операцій шляхом упорядкування множини переходів (за послідовністю утворення з'єднань, що забезпечують цілісність типом обладнання тощо) та об'єднання перших n переходів, сумарний час виконання яких дорівнює наперед заданому значенню. Даний підхід передбачає отримання як початкових варіантів ТПС, котрі відповідають максимально можливому рівню концентрації операцій та можливістю подальшого отримання на їх основі будь-яких інших допустимих конструкцією структурних рішень шляхом використання значної кількості конструктивних, технічних та технологічних обмежень (з можливістю їх зміни та доповнення), що впливає на ефективність прийняття рішень та розмірність кінцевої множини варіантів ТПС.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Давигора В.М. “Зворотний” синтез технологічно доцільних порядків послідовно-паралельного складання // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 12. – С. 100–111.
2. Давигора В.М. Методика автоматизованого синтезу раціональних порядків складання // Technologia i automatyzacja montazu. – Warszawa: OBR ТЕКОМА, 2001. – № 2. – С. 3–10.
3. Давигора В.М., Кореньков В.М. Формальні процедури розробки послідовності складання виробів // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2002. – № 6. – С. 59–67.
4. Кореньков В.М., Пасічник В.А., Сімуца Р.Р. Аналіз з'єднань, що забезпечують нероз'ємність складальних одиниць та виробів і деякі способи визначення таких з'єднань // Вісник технологічного університету Поділля. – 2002. – № 4. – Ч. 1. – С. 48–52.
5. Научные основы автоматизации сборки машин / Под ред. М.П. Новикова. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
6. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. – В 2-х т. / Ред. совет: В.С. Корсаков (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1983. – Т.1: Сборка изделий машиностроения / Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. – 1983. – 480 с.
7. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн. 1: Пер. с англ. / Под ред. Ш. Нофа. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
8. Арпентьев Б.М., Павлова А.А. Автоматизированное проектирование процессов сборки на основе унификации и стандартизации // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2001. – № 8. – С. 2–5.
9. Парамонов Ф.И. Моделирование процессов производства. – М.: Машиностроение, 1984. – 232 с.

КОРЕНЬКОВ Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології

машинобудування Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– удосконалення теорії автоматизованого проектування технології складання.

Тел.: (044) 454-95-33.

E-mail: vnkorenkov@gmail.com

СУБІН Анатолій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– удосконалення теорії автоматизованого проектування технології складання.

Тел.: (044) 454-95-33.

E-mail: Anatoliy.Subin@kvazar-micro.com

Подано 27.10.2008

Кореньков В.М., Субін А.А. Метод структурного синтезу та оцінки альтернатив при автоматизованому синтезі технологічних процесів складання виробів

Кореньков В.Н., Субин А.А. Метод структурного синтеза и оценки альтернатив при автоматизированном синтезе технологических процессов сборки изделий

Korenkov V., Subin A. Structural synthesis method and estimations at the automated synthesis alternatives of assembling technological processes

УДК 621.757; 681.52

Метод структурного синтеза и оценки альтернатив при автоматизированном синтезе технологических процессов сборки изделий / В.Н. Кореньков, А.А. Субин

Рассматриваются задачи определения множества технически реализуемых и технологически обоснованных последовательностей общей и узловой сборки изделий, а также формирование структуры операций сборки (отношение порядка, состав и количество структурных элементов)

УДК 621.757; 681.52

Structural Synthesis Method And Estimations At The Automated Synthesis Alternatives Of Assembling Technological Processes / V.Korenkov, A.Subin

The tasks of technically based multitudes determination and technologically grounded sequences of the general and key assembling are examined, and also forming of assembling operations structure (ordering correlation, composition and amount of structural elements)