

## СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ МОДУЛЬНОЇ СКЛАДАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ SADT-ДІАГРАМ

Григор'єва Н.С. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна)

*The use of method SADT- diagrams for the structural analysis of module technological processes is described. A method foresees the realization of the successive hierarchical working out in detail of such processes on the different levels of analysis that separate phases of module technological processes. At every level functions and blocks of their realization are set. The method of analysis SADT- diagrams provides the effective management at designing which provides the receipt of optimum module technology.*

*Вступ.* Проведення структурного аналізу за допомогою SADT- діаграм є одним з відомих методів дослідження технологічних модульних складальних систем. Метод SADT (Structured Analysis and Design Technique) передбачає проведення послідовної ієрархічної деталізації технологічних складальних систем [1], для чого на підставі особливостей модульної технології виділяються різні рівні аналізу (рис. 1). На таких ієрархічних рівнях і проходить деталізація технології при збереженні еквівалентності попереднім. На кожному ієрархічному рівні визначаються функції і блоки їх реалізації. Так функціями першого рівня будуть блоки управління розробки модульної технології, варіантів технологічних модульних складальних процесів (ТМСП), затрати на розробку і оцінка рівня якості модульної технології. Другий рівень забезпечує деталізацію окремих вказаних попередньо блоків. Так, наприклад, функція управління розробкою ТМСП деталізується в ряд таких блоків, як аналіз вхідних даних і окреслення напрямку розробки, побудова і аналіз моделі модульного складання, розбиття обсягу складальних робіт на окремі рівні чи кратні частини, формування з них окремих модулів і загальне формування ТМСП. На третьому рівні проводиться подальша деталізація попередніх функцій. Так ієрархічний рівень функції формування модулів при деталізації передбачає вже більшу кількість блоків, а саме, аналіз вхідних даних і окреслення напрямку розробки (початковий блок для всіх ієрархічних рівнів), встановлення основних і допоміжних складальних рухів, вибір способу модульного складання, встановлення діапазону переналагодження, базування та установки складаних деталей, вузлів, виробів, компонування складальних технологічних і конструкційних модулів. Подібно можна встановлювати за прийнятою схемою і наступні ієрархічні рівні аналізу модульної складальної системи. Слід відмітити, що такому аналізу повинно підлягати і зовнішнє середовище, в якому функціонуватиме модульна складальна система.

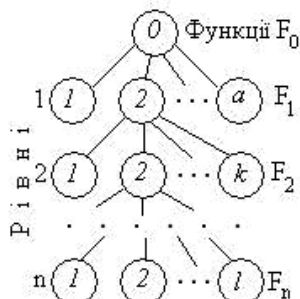


Рис.1. Ієрархічні рівні структурного аналізу

наприклад, функція управління розробкою ТМСП деталізується в ряд таких блоків, як аналіз вхідних даних і окреслення напрямку розробки, побудова і аналіз моделі модульного складання, розбиття обсягу складальних робіт на окремі рівні чи кратні частини, формування з них окремих модулів і загальне формування ТМСП. На третьому рівні проводиться подальша деталізація попередніх функцій. Так ієрархічний рівень функції формування модулів при деталізації передбачає вже більшу кількість блоків, а саме, аналіз вхідних даних і окреслення напрямку розробки (початковий блок для всіх ієрархічних рівнів), встановлення основних і допоміжних складальних рухів, вибір способу модульного складання, встановлення діапазону переналагодження, базування та установки складаних деталей, вузлів, виробів, компонування складальних технологічних і конструкційних модулів. Подібно можна встановлювати за прийнятою схемою і наступні ієрархічні рівні аналізу модульної складальної системи. Слід відмітити, що такому аналізу повинно підлягати і зовнішнє середовище, в якому функціонуватиме модульна складальна система.

*Викладення матеріалу.* Як відомо, розробка ТМСП деталей виробів досить складне, комплексне та багатоваріантне завдання, рішення якого вимагає міцних знань, практики і майстерності [2]. Головними об'єктами моделей є технологічні середовища. Покладається, що здійснюється якась технологічна дія матеріального, енергетичного та інформаційного типів на деталях, вузлах чи виробі, що веде до реалізації процесу технологічних перетворень, які мають вхід і вихід. Технологічні перетворення мають зворотній зв'язок з забезпечуючими об'єктами системи. Зворотній зв'язок використовується для одержання відомостей про кількісні та якісні параметри таких перетворень, а

також забезпечення можливості багаторазового використання засобів технологічної дії при їх поточності та неперервності функціонування. Всі об'єкти системи технологічних перетворень діють в просторі та часі і тому між ними є тісні просторово-часові відношення. Вхідні дії, що надаються системі, вказують різний вплив на технологічні перетворення, які в свою чергу впливають на інші технологічні та нетехнологічні системи, в тому числі на навколишнє середовище. Головними завданнями вхідних дій є забезпечення необхідної структури об'єктів, реалізація потрібної поведінки об'єктів, відновлення потоків технологічної дії знарядь і засобів обробки на деталі. Вхідні дії складають узагальнені дії матеріального, енергетичного та інформаційного типів. При цьому, вказані дії можуть бути як позитивними, так і негативними, шкідливими, що погано впливають на якісні показники деталей та навколишнє середовище. При розробці технологій необхідне врахування всіх діючих вимог, в тому числі і неявних.

Основні ознаки прогресивних технологій нового покоління представляються категоріями якісно нової сукупності властивостей деталей, як причини, і якісно нової міри корисності деталей, як наслідку. Особливостями прогресивних технологій є: науковість, висока інформативність і комп'ютеризація, високий рівень енергозабезпечення, оптимальність технологічного процесу, нові методи перетворення виробів, прогресивні способи виробництва, висока ступінь автоматизації всіх рівнів, стійкість і надійність, відкритість до розвитку, екологічна чистота. Забезпечується це висококваліфікованими кадрами, прогресивними технологічними системами і спеціальними технологічними середовищами з використанням сучасного автоматизованого технологічного обладнання та оснащення, новими принципами їх роботи, системами діагностики, контролю та управління.

В прогресивних технологічних складальних процесах спостерігається:

- підвищення концентрації та паралелізму технологічних областей складання, що веде до підвищення продуктивності;
- нетрадиційні прогресивні просторові структури технологічних областей складання (багатомірні циклічні структури), які розширюють їх технологічні можливості;
- компонування технологічних областей складання лінійними, поверхневими і об'ємними структурами з їх об'єднанням в виробничі комірки і просторові структури;
- підвищення ступені компактності структури за рахунок збільшення щільності технологічних областей складання;
- поточність функціонування технологічних областей складання та підвищення їх інтенсивності;
- спрощення функціональних структур за рахунок суміщення різних функцій технологічних систем.

ТМСР розробляється аналітичним або аналоговим методом. За аналітичним методом він одержується в результаті аналізу закономірностей конструкцій деталей та технологій. При аналоговому методі технологічний процес отримується в результаті корегування наперед відомого аналога технології складання деталей чи вузлів певного типу стосовно до особливостей конкретного складального виробництва.

Загальна методика розробки модульних складальних процесів передбачає виділення найбільш впливових і найменш корельованих чинників для потрібної групи:

- конструкційна документація, особливості та вимоги щодо модульного автоматизованого складання;
- моделі та моделювання модульних складальних процесів і їх елементів;
- параметри внутрішнього та зовнішнього середовищ;
- характеристики базування деталей та вузлів, в цілому виробів;

- формування складальних модулів;
- показники якості модульного процесу.

В загальному SADT- діаграми [3] можна використовувати для розробки модульної складальної технології з одночасною оптимізацією за багатьма параметрами. На рис.2 наведена SADT- діаграма початкового рівня управління розробкою модульної

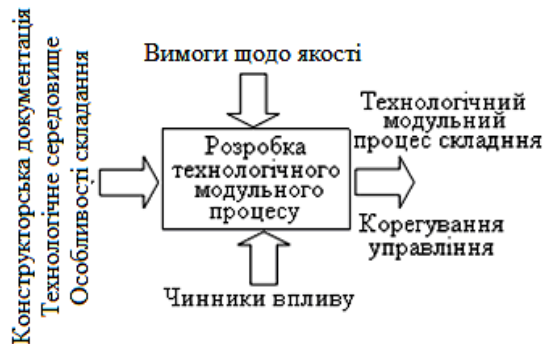


Рис.2. SADT- діаграма початкового рівня розробки модульної складальної технології

ма передбачає виконання ряду необхідних функцій, наприклад, розробки схеми базування для групи виробів, формування показників якості виробу та розробки складальних модулів, тощо.

SADT- діаграма першого рівня розробки схеми базування групи деталей (рис.3) складається з блоків: визначення потрібних степенів свободи для деталей чи вузлів групи, формування установочних елементів в залежності від форми установочних поверхонь, розробка схеми переналагодження установочних і затискних елементів, формування схеми установки і закріплення деталей чи вузлів при їх модульному складанні. При цьому, на вхід подається інформація про схему складання, розміри та точність складальних з'єднань, а на виході отримується комплект установочних і затискних елементів і їх геометричні параметри. SADT- діаграма функціонує при наявності бази необхідних даних, що стосуються базування деталей, вузлів, переліку наявних рухів складальних інструментів, характеристик можливого технологічного обладнання та оснащення, силового поля складання, а також установочних елементів технології модульного складання. Існує можливість корегування процесу з метою його оптимізації.

SADT- діаграма другого рівня формування показників якості виробу (рис.4) передбачає реалізацію таких функцій: окреслення стану елементів виробів, визначення експлуатаційних властивостей виробу, його вузлів і деталей, встановлення потрібних параметрів і показників якості. На вхід подається інформація про конструкцію виробу, технологічне обладнання та оснащення, а також технологічний модульний процес. На виході одержуються показники якості виробу, складеного за модульною технологією. Використовується база даних, яка стосується формування показників якості, а також режими складання, алгоритм направленої формування показників якості, супутні витрати та якість прототипу виробу. При отриманих величинах, які не задовольняють розробника, використовується корегування використаних даних.

SADT- діаграма третього рівня розробки модульної складальної технології (рис.5) передбачає оперування інформацією, що стосується формування складальних модулів і ТМСП. Підхід подібний попереднім випадкам.

Цікавим є зведення SADT- діаграм усіх рівнів в одну матрицю зі своєю системою рівнянь, що можна досягнути методами теорії матриць [4], тобто оперуванні на множи-

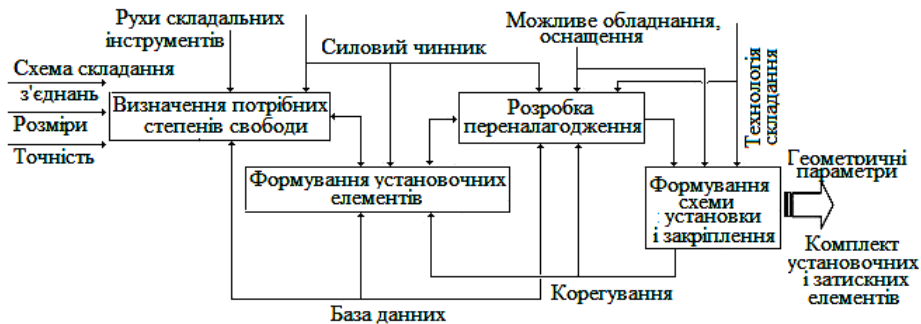


Рис.3. SADT- діаграма першого рівня розробки схеми базування групи деталей

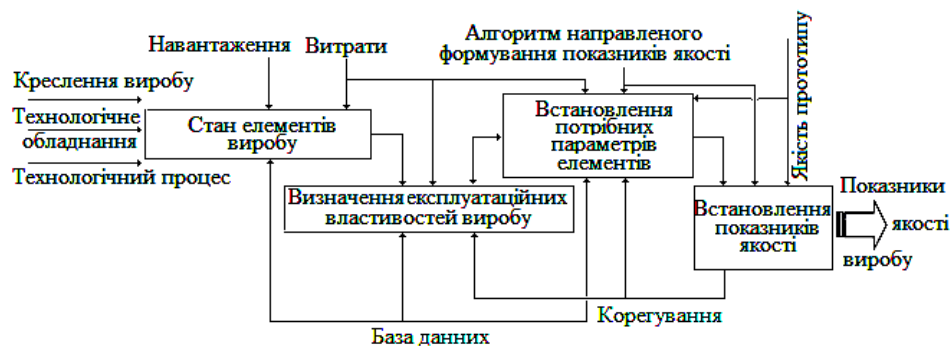


Рис.4. SADT- діаграма другого рівня формування показників якості виробів

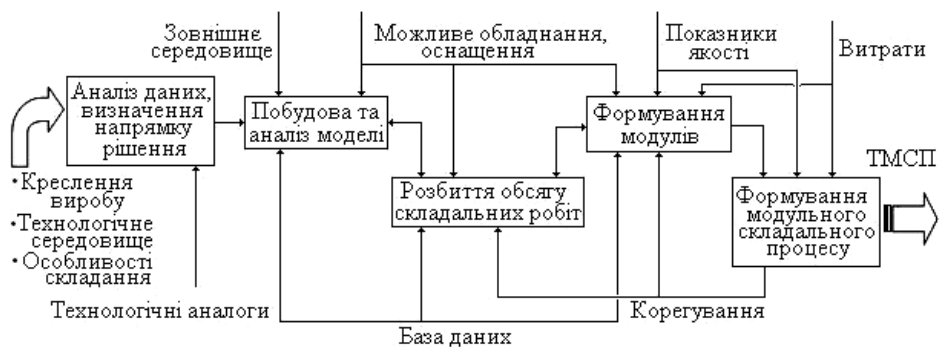


Рис.5. SADT- діаграма третього рівня розробки модульної складальної технології  
ні матриць над числовим полем з використанням матричної алгебри, тобто з викорис-  
танням внутрішньої операції – складанням матриць і зовнішньої операції – множенням матриць.

Кожна з наведених SADT- діаграм може бути представлена оргграфом, в якому вершини відображають окремі блоки, а дуги – зв'язки між ними. В такому графі наявно-

му зв'язку присвоюється певна вагомість через коефіцієнти кореляції, а відсутньому – нуль. Тоді в загальному такий граф записується матричним рівнянням [4]

$$\begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ k_{m1} & k_{m2} & \cdots & k_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

або  $Z = kX$ , де  $z_i$  - вихідні чинники,  $x_i$  - вхідні чинники,  $k_{ij}$  – коефіцієнти кореляції. Таку систему рівнянь можна розглядати як лінійне перетворення сукупності  $x_i$  в сукупність  $z_j$ , яке визначається коефіцієнтами кореляції.

У відповідності з правилом *Крамера* [5] невідомі визначаються співвідношенням

$$x_i = \Delta^{-1} (\Delta_{1i} z_1 + \Delta_{2i} z_2 + \cdots + \Delta_{mi} z_m) = \Delta^{-1} \sum_{j=1}^m \Delta_{ji} z_j, \quad (2)$$

де  $\Delta$  - визначник системи рівнянь;  $\Delta_{ji}$  – алгебраїчні доповнення. Визначник є чисельною функцією, котра обчислюється за відомими правилами [5] і записується як визначник матриці  $K$ ,  $\Delta = \det K$ . Алгебраїчні доповнення обчислюються усуненням з матриці  $K$   $j$ -го рядка і  $i$ -го стовпця.

Якщо ж невідомими будуть вихідні чинники, то вони визначаються як

$$z_m = k_{m1} x_1 + k_{m2} x_2 + \cdots + k_{mn} x_n. \quad (3)$$

**Висновок.** Метод SADT- діаграм передбачає проведення послідовної ієрархічної деталізації ТМСП по різних рівням аналізу, тобто окремим етапам розробки модульних складальних процесів. На кожному рівні встановлюються функції та блоки їх реалізації. Метод аналізу передбачає ефективне управління при розробці, яке забезпечує одержання оптимальної модульної технології.

**Список літератури:** 1. Медарь А.В. Методология технологического синтеза // Технология машиностроения, № 4, 2008. - с. 57-60. 2. Григор'єва Н.С. Наукотехнологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів. Монографія. – Луцьк: Надстир'я, 2008. – 520 с. 3. Корешков В.Н. и др. Использование структурного анализа для управления и контроля операций комбинированной обработки / Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. № 3, 2008. - с. 53-59. 4. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. – 478 с. 5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Изд-во Наука, 1985. – 576 с.

Надійшла до редколегії 08.04.2009 р.

## СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ МОДУЛЬНОЇ СКЛАДАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ SADT-ДІАГРАМ

Григор'єва Н.С.

В статье уделено внимание использованию метода SADT – диаграмм для проведения последовательной иерархической детализации технологических сборочных систем.

*метод SADT- діаграм, модульні складальні процеси, аналіз*