

УДК 621.717-112.6

Григор'єва Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф.
Луцький національний технічний університет

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДУЛІВ РОБОТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ

Технологічні складальні роботизовані модулі представляють основу модульних технологій. Описані особливості модульних технологій складання виробів, основи побудови технологічних і конструкційних модулів, що формують технологічні складальні процеси. Розглянуто оптимізаційний підхід при практичному формуванні модулів за визначеними критеріями. На складальних роботах можна швидше і простіше на першій стадії впливати на критерії максимуму складальних рухів. Для цієї мети множини можливих складальних рухів на роботі і необхідних для типового представника групи складальної одиниці компонуються на базі теорії та практики автоматичного складання. Підходами до вирішення цієї проблеми може бути подальший аналіз і синтез зазначених рівнянь множин складальних рухів. Тепер запускаються у виробництво роботи з більшим діапазоном складальних рухів разом з технологічним обладнанням, які мають різну ціну. Існує також ряд складальних одиниць, що вимагають для складання тих чи інших рухів, оскільки області перетину зазначених множин можуть бути досить різноманітними.

Ключові слова: складання, модулі, технологія, робот.

Вступ. Модульні технології складання [1] представляються деякою множиною взаємозв'язаних технологічних складальних модулів, які описують основні різновиди складальних робіт. Кожен модуль є добре відпрацьованою та оптимізованою одиницею технологічного блоку багаторазового використання, котрий відповідає конструкційному, на якому виконується модульна технологія. Під складальним модулем розуміється завершений комплекс основних і допоміжних рухів складальної операції, котрі виконуються в потрібному порядку в одній робочій зоні, в якій є складальні інструменти і пристосування, тобто технологічне оснащення для змінних форм і властивостей об'єктів складання. Основна оцінка ефективності модульної технології полягає в забезпеченні високої продуктивності та гнучкості, точності, надійності та собівартості продукції.

При досягненні такої технологічної основи, на якій виконується проектування, є можливість проектування автоматизованої складальної технології з програмним керуванням. Такий базис проектування роботизованих технологічних і конструкційних модулів складального вузла є суттю модульної складальної технології. Таке проектування добре відоме [2], суть якого коротко полягає в наступному. Для локальної реалізації (маршрут складання) та глобальної (зберігання параметрів якості при випуску виробів) передбачається використання методів висхідного та низхідного проектування. Висхідне проектування має емпіричну відмітну ознаку і використовує прагматичний підхід до рішення задачі, однозначно технічного рішення без порівняння можливих варіантів при відсутності економічної оптимальності рішення. Низхідне проектування застосовує методи теорії виробничого управління та математичного програмування. Воно характеризується орієнтацією на показники продуктивності та вартості, порівняння варіантів і забезпечення економічності оптимального рішення. Основними принципами проектування складальних робіт є: поєднання високої продуктивності та універсальності, ієрархічність, програмне перенастроювання, забезпечення найбільшої предметної замкнутості.

Виклад основного матеріалу. До ознак конкурентоспроможності процесів складання можуть бути віднесені високі технічні характеристики і параметри якості складання та мінімальні витрати виробництва. Для досягнення такої оцінки може використовуватися метод співвідношення параметрів процесу до базового варіанту, або провести оцінку по інтегральному показнику конкурентності [2]. В більшості випадків цьому методу властива деяка невизначеність. Об'єднаний комплексний технологічний параметр, установлений як,

$$A_T = \sum_1^n a_i f_i$$
, де a_i - чинники ваги i -го параметрів, призначених для експерта, n - число таких

параметрів; f_i - параметричний коефіцієнт. Такий параметр визначається за економічними показниками A_E . Тоді інтегральний показник конкурентності складання формується подібно A_E . Загальний показник конкурентності складання роботами представляється

$$A_f = A_T / A_E = \sum_1^n a_i f_i / \sum_1^n a_i^* f_i^* \quad (1)$$

При $A_f > 1$ складальні процеси перевищують аналог за конкурентністю і навпаки. При досягненні негативних результатів складальний процес перепроєктовується.

Формування складальних модулів. До проектування таких модулів, як було зазначено, можна підійти з точки зору максимального використання технологічних можливостей складальних робіт, тобто складальних рухів, що виконуються для їх здійснення. У загальному вигляді такий робот може мати p координатних систем, в кожній з яких виконувати до трьох лінійних і кутових рухів (рис.1). В загальному кількість виконуваних рухів записується прямокутною матрицею

$$D = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & \alpha_{x1} & \beta_{y1} & \xi_{z1} \\ x_2 & y_2 & z_2 & \alpha_{x2} & \beta_{y2} & \xi_{z2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_p & y_p & z_p & \alpha_{xp} & \beta_{yp} & \xi_{zp} \end{vmatrix}, \quad (2)$$

де: x_i, y_i, z_i – лінійні переміщення робота по координатам; $\alpha_{xi}, \beta_{yi}, \xi_{zi}$ – аналогічно, кутові; p – число координатних систем робота. Фактично таких переміщень в роботах виконується мало, як показано на рис.1. Матриця виконуваних переміщень робота має простий вигляд

$$D_R = \begin{vmatrix} & & & \xi_{z0} \\ & & & \xi_{z1} \\ z_2 & & & \\ z_3 & & \beta_{y3} & \xi_{z3} \\ y_6 & & & \end{vmatrix}. \quad (3)$$

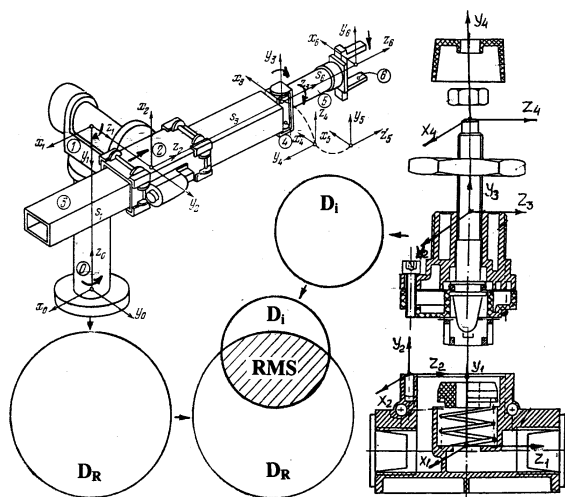


Рис. 1. Формування встановлених переміщень робота і складальної одиниці.

Оскільки складальні переміщення виконуються захватом робота, краще виходити з матриці перетворення i^{oi} ланки зв'язуючого опису позиції в початковій системі координат робота

$$S = \begin{vmatrix} (BC)_x & B_x & C_x & P_x \\ (BC)_y & B_y & C_y & P_y \\ (BC)_z & B_z & C_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

у якому друга колонка B описує вектор орієнтації, C – вектор підходу і P – вектор положення точки P_i захвата. Тому в одній координатній системі складального робота можуть виконуватися різні переміщення безліч яких можна виразити співвідношенням об'єднання

$$d_1 = x_1 Y y_1 Y z_1 Y \alpha_x Y \beta_y Y \xi_z Y l Y \vartheta = \prod_1^a d_i, \quad (5)$$

де: l, ϑ – додаткові спеціальні переходи, наприклад, вібруючі, переривисті, траєкторні, і т.п., необхідні для повноти охоплення; a – їх кількість. Тоді можна представити попередні формули (2, 3), як

$$D_R = d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_p = \prod_1^p d_i, \quad (6)$$

тобто кожен робот може бути описаний як система, в якій, є можливість виконувати певні лінійні, кутові та спеціальні переміщення. Зображення деякої множини рухів може бути отримане за допомогою кругів *Ейлера* [3] (рис. 1).

Остаточні необхідні складальні переміщення для об'єкту записуються як

$$D_j = d_1^* \cdot d_2^* \cdot \dots \cdot d_p^* = \prod_1^{p^*} d_j, \quad (7)$$

Графічно це представляється кругами *Ейлера*. Тому, технологічний роботизований модуль складальних процесів імітується як пересічення кінцевих множин рухів робота та складальної одиниці

$$RMS = D_i \cap D_j = (d_{p1} \cdot d_{p2} \cdot \dots \cdot d_{pk}) = \prod_1^k d_i, \quad (8)$$

де: d_{pi} – складальні рухи, які може виконувати робот і є необхідними для отримання складальної одиниці. Виконуваним роботизованим складальним переміщенням модуля відповідає заштрихована область пересічення даних множин. Технологічний роботизований модуль з номінальними складальними рухами також матиме максимальну концентрацію таких рухів і можливо буде оптимальним за критерієм, наприклад, вартісних витрат.

Підходами до вирішення цієї проблеми може бути подальший аналіз і синтез зазначених рівнянь множин складальних рухів. Починають запускатися у виробництво деякі роботи з більшим діапазоном складальних рухів, технологічного обладнання, які мають різні витрати. З іншого боку, існує також ряд складальних одиниць, що вимагають для складання тих чи інших рухів. Області перетину зазначених множин складальних рухів можуть бути досить різними.

Для цієї мети може бути використана композиція об'єктів, що становить у відповідність парі об'єктів операндів (робот і складальний вузол) третій об'єкт - композицію, тобто роботизований модуль складання

$$D_i \perp D_j = RMS. \quad (9)$$

Висновки. Технологічні складальні роботизовані модулі представляють основу модульних технологій. На складальних роботах можна швидше і простіше на першій стадії впливати по критерію максимуму складальних рухів. Для цієї мети необхідно скомпонувати множини можливих складальних рухів робота і необхідних для типового представника групи складальної одиниці, які компонуються з використанням теорії та практики. Основними етапами розробки роботизованого складального процесу можна вважати: підбір складальних вузлів, їх групування, встановлення способів складання, набір складальних рухів, їх оптимізацію та розробку технологічних операцій, маршруту складання, техніко-економічне обґрунтування.

Інформаційні джерела

1. Божидарнік В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Автоматичне складання виробів: - Луцьк. «Надстир'я». 2005. -386 с.
2. Машинобудування: Енциклопедія. Технологія складання в машинобудуванні. Т III-5. / Під заг.ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машинобудування, 2001. -640 с. іл.
3. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів. – Луцьк. «Надстир'я». 2008. -520 с.

Григорьева Н.С., д.т.н., проф., Шабайкович В.А., д.т.н., проф.
Луцкий национальный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ

Технологические сборочные роботизированные модули представляют основу модульных технологий. Описаны особенности модульных технологий сборки изделий, основы построения технологических и конструкционных модулей, формирующих технологические сборочные процессы. Рассмотрен оптимизационный подход при практическом формировании модулей по определенным критериям. На сборочных роботах можно быстрее и проще на первой стадии влиять на критерии максимума сборочных движений. Для этой цели множества возможных сборочных движений на роботе и необходимых для типового представителя группы сборочной единицы компонуются на базе теории и практики. Подходами к решению этой проблемы может быть дальнейший анализ и синтез указанных уравнений множеств сборочных движений. Теперь начинают запускаться в производство некоторые роботы с большим диапазоном сборочных движений вместе с технологическим оборудованием, которые имеют разные стоимости. Существует также ряд сборочных единиц, требующих для сборки тех или иных движений, поскольку области пересечения указанных множеств могут быть достаточно разнообразными.

Ключевые слова: сборка, модули, технология, робот.

Grigoryeva N., DSc, Prof., Shabaikovich V., DSc., Prof.
Lutsk National Technical University

DESIGNING OF TECHNOLOGICAL ASSEMBLY ROBOTIC MODULES

Technological assembly robot's modules representing a basis of modular technologies. The features of construction a modular assembly technology, shaping of modules, designing assembly of technological processes are circumscribed. The optimizations approaches for reach of practical construction of modules are shown on a criterion of an amount executed assembly movements. On assembly robots can be rather simply at the first stage generated on a criterion of a maximum of assembly movements. For this purpose the sets of possible assembly movements on the robot and necessary for the typical representative of group collected units are composed with use of the theory and practice. The approaches to solution and this problem can be the further analysis of the indicated equations of sets. There are starting up some robots with the executed assembly movements, which together with technological equipment are characterized by the various costs. On the other hand, there is also number of collected units requiring for assembly those or other assembly movements. As it is visible the areas of intersection of the indicated sets can be rather various.

Keywords: *assembling, modules, technology, robot.*

Стаття надійшла до редакції 25.03.2018.