

УДК 621.717-112.6

Н. С. Григор'єва

Луцький національний технічний університет

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДУЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ

© Григор'єва Н. С., 2015

*Описано методи розроблення технологічних модульних процесів складання різномісних деталей виробів. Особливості полягають у створенні доступної загальної бази установлення групи об'єктів, які складатимуться за модульним технологічним процесом. Залежно від завдань розробка має технологічний, конструктивний, організаційний, економічний взаємопов'язані напрямки. Технологічний модульний процес тісно пов'язаний як зі змінними об'єктами складання, так і з окремими елементами модульної складальної операції, та навколишнім технологічним середовищем, і повинен бути економічно обґрунтованим.*

*Ключові слова: модулі, розроблення, технологічні процеси, автоматизація, база.*

*The methods of the development of technological modular processes to assemble the article parts of various types are described in this article. Features consist in the creation of an open general database to determine groups of objects that will be assembled by a modular technological process. Depending on the task, design can have technological, organizational, construction or economic related areas. The technological modular process is closely related to interchangeable objects of assembly, as well as individual elements of the modular assembly operations and technological environment and must be economically justified.*

*Key words: modules, design, technological processes, automation, database.*

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку промисловості технології складання загалом і автоматичного модульного процесу зокрема приділятиметься велика увага. Ступінь автоматизації складального виробництва визначає технічний рівень і ефективність розвитку багатьох галузей промисловості, техніки та науки. Тому постають питання розроблення технологічних модульних процесів складання (ТМПС) виробів, які є багатоплановими, актуальними та важливими.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз тенденцій розвитку автоматизації ТМПС показує, що на сучасному етапі найвідповіднішим є гнучке модульне автоматичне складання різновидів виробів. Це підтверджує концепція розвитку майбутнього комп'ютерно-інтегрованого виробництва СІМ і СІМС, де закладені принципи гнучкого модульного виробництва. Виробництво СІМ передбачає використання СALS-технологій. Багато з цих проблем на певній стадії уже вирішені, але усі вони носять описово-фрагментарний характер і тому потрібен їх подальший розвиток.

Під час аналізу сучасного стану теорії та практики автоматичного модульного складання різновидів виробів були враховані наукові досягнення таких учених: Б. М. Базрова, Л. І. Волчкевича, А. А. Гусєва, Р. К. Калніня, В. С. Корсакова, М. С. Лебедовського, А. Н. Малова, Ю. Л. Маткіна, М. В. Медвідя, С. П. Митрофанова, К. Я. Муценека, М. П. Новікова, А. Н. Рабиновича, А. І. Федотова, Г. А. Шаумяна, В. А. Яхимовича та ін. [1–5], а також напрацювання провідних вітчизняних науково-технічних центрів у минулому та зарубіжних – тепер. Через актуальність та важливість проблеми автоматичного модульного складального виробництва сьогодні воно вимагає подальшого розроблення.

**Мета роботи** – висвітлити особливості розроблення автоматизації ТМПС методикою їх розроблення.

**Виклад основного матеріалу.** ТМПС-вироби, розроблені на основі запропонованого методу, мають бути передусім інноваційними. Структурно інноваційний додатковий ефект формується на окремих етапах розробки ТМПС і складається з ефектів взаємозв'язку нових і відомих ознак. Після визначення мети і доступності засобів формується концепція інноваційного технологічного рішення з його пов'язанням з конструкцією та організацією як єдиним цілим. Вже на цьому етапі потрібно визначати пріоритети з метою виділення чинників, які забезпечують більший додатковий ефект, для реалізації яких виявляються і описуються відомі та невідомі ознаки модульного технологічного рішення. Передбачається початкове формування ідеального рішення, яке, за різними обмеженнями, буде доведено до реального інноваційного.

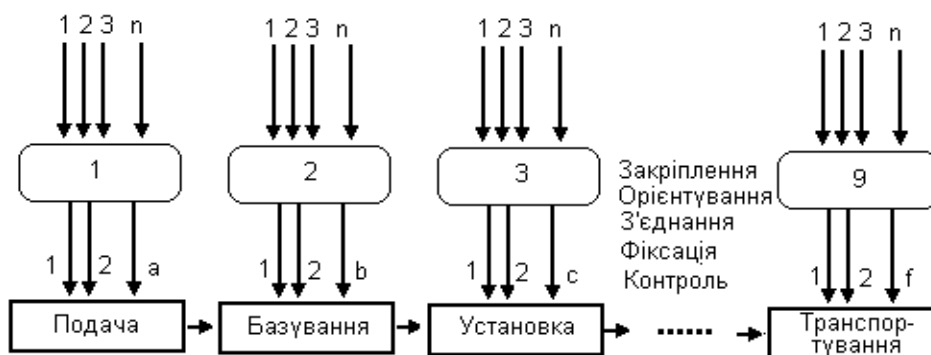


Рис. 1. Схема формування групи складаних вузлів на переналагоджувальному складальному автоматі: 1–9 – переналагоджувальні механізми групи об'єктів вказаних елементів складальної операції

Розробка ТМПС-виробів має багато спільного з розробкою гнучких процесів автоматизованого складання виробів та груповими технологічними процесами. І тут головним завданням є формування груп складаних вузлів, підвузлів, виробів за спільністю конструкційно-технологічних ознак і процесів переналагодження. Цю роботу краще починати зі схем модульного складання виробів. Розробка технологічної схеми автоматизованого модульного складання проводиться за правилами індивідуального складання вузла [1], які наочно показують структуру та послідовність складання. Оскільки формування технологічної схеми групового складання через модульність дещо ускладнюється, то можна рекомендувати спосіб суміщення схем одиничних вузлів групи. Такі схеми складаються за подібністю окремих елементів технологічних модульних операцій автоматизованого складання, які виконуватимуться на переналагоджувальному технологічному модульному обладнанні. Це означає, що подача різних деталей, їх орієнтування, базування, установка, спряження, фіксація, контроль і транспортування на окремих позиціях, повинні виконуватись за однією подібною схемою з потрібним простим переналагодженням. Наприклад, якщо на кожний елемент модульної складальної операції (рис. 1) після можливого переналагодження з загальної кількості  $n$  деталей може поступити лише  $a, b, c, d, \dots, f$  деталей, що мають подібні конструкційно-технологічні ознаки, то розроблятиметься переналагоджувальне складальне обладнання на  $c$  деталей, де  $c < a, b, d, \dots, f$  є найменшою їх кількістю серед вказаних об'єктів. Основні труднощі полягатимуть у визначенні діапазону переналагодження, але отриманий

результат є лише попереднім і буде уточненим під час подальшого розроблення. Відштовхуючись від отриманої групи об'єктів модульного складання та подібності виконання окремих елементів складальної модульної операції, розробляється технологічна схема такого складання у вигляді показу умовних об'єднаних деталей та спільних конструкційно-технологічних рішень. Об'єднання складальних вузлів подібне до процесу формування комплексних деталей та вузлів групової технології. Враховуючи складання з креслення вузлів і технологічної схеми, можна перейти до визначення необхідних основних і допоміжних рухів і дій для здійснення ТМПС.

Значно розширити групу автоматично складаних виробів і деталей можна за рахунок повнішого пристосування їх конструкцій, особливостей технологічних процесів [2]. Вони передусім ґрунтуються на відомих вимогах щодо автоматизованого та гнучкого складання виробів [1–6], але спрямовані також на забезпечення розширення діапазону переналагодження модулів. Зумовлюють це усе технологічно-конструкційні ознаки автоматично складаних виробів. Розробка ТМПС проводиться за потрібною послідовністю складання представника групи вузлів, підвузлів або виробів загалом підбором та стикування необхідних основних технологічних модулів (ТМ), які утворюють ТМПС. Структура методу формування модулів наведена у таблиці. Схему побудови типового ТМПС-виробу показано на рис. 2.

#### Структура методики формування технологічних складальних модулів

1. Структура об'єктів складання	4. Особливості модульної технології складання
2. Група складаних виробів	5. Програма випуску виробу
3. Технологічно-конструкційні ознаки	6. Можливе обладнання та оснащення
Формування технологічних і конструкційних модулів	
1. Способи переналагодження	4. Рациональний порядок складання
2. Матриці суміжності, інцидентності	5. Технологічні модулі
3. Орграф модульного складання	6. Конструкційні модулі
Синтез маршруту (порядку) модульного складання	
1. Аналіз одержаних модулів	4. Автоматизація модульних переходів
2. Модульні переходи	5. Синтез модульних переходів
3. Концентрація переходів	6. Синтез порядків модульного складання
Остаточне формування технологічних і конструкційних модулів	
1. Підбір модульних переходів	3. Формування технологічних модулів
2. Конструкційна реалізація переходів	4. Формування конструкційних модулів

Розробка ТМПС-виробів проводиться на окремих ієрархічних рівнях, на яких покроково реалізуються завдання:

$$P_{ТМПС} \Rightarrow \bigcup_{i=1}^a P_{1i} \rightarrow \bigcup_{j=1}^b P_{2j} \rightarrow \bigcup_{k=1}^c P_{3k} \rightarrow \bigcup_{l=1}^d P_{4l}, \quad (1)$$

де  $P_{1i}, P_{2j}, P_{3k}, P_{4l}$  – ієрархічні рівні формування, відповідно переходів, модулів, комплексних модулів, процесів;  $a, b, c, d$  – кількість потрібних кроків.

Отже, розробка ТМПС-виробів на першому рівні на основі попередньої інформації про конструкцію і технологію автоматичного складання виробів формуються модульні позиції, установи, переходи та операції. Загальна схема покрокового формування: спочатку формуються конкурентні варіанти, далі вибирається раціональний. На другому рівні виконується формування окремих модулів. При цьому постійно враховується можливість їх конструкційної реалізації (принцип сумісного формування ТМ з конструкційними). На наступному рівні з одержаних модулів формуються їх комплекси і комплекти. На останньому рівні формується ТМПС. Такий метод

використовується під час формування ТМ. У випадку, коли модулі вже сформовані, то проводиться їх підбір і стикування залежно від вимог, які ставляться до виробів і їх модульного складання.

Новий ефект модульних технологій складання полягає у використанні переваг одиничних ТП в плані врахування особливостей конкретного модульного автоматизованого складання, типових – збереження типізації технологічних складальних процесів і групових – об'єднання різноманітних складальних вузлів, підвузлів, деталей, з'єднань в одну групу під час забезпечення широкої гнучкості процесу. Можна вважати, що модульна складальна технологія є подальшим розвитком типової та групової, на яких вона ґрунтується, і сприяє подальшій уніфікації технологічних складальних процесів переналагоджувального модульного обладнання та оснащення.

Метод розробки ТМПС-виробів ґрунтується на базовій моделі технології [6], яка складається з елементів і підсистем (операторів, операндів) і передбачає технологічний вплив вхідних чинників процесу перетворення, які мають свій вхід і вихід і зворотний зв'язок із забезпечувальними об'єктами системи. Модель реалізує функцію перетворення множини вхідних операндів у множину виходів операндів. Розроблений метод полягає у такому. На підставі вхідних даних, конструкції виробів, прототипів ТМПС, впливу контактних технологій отримують результати аналізу, які допомагають вибрати правильний напрямок розробки. Результати технологічних розрахунків, зокрема точності та інших показників якості виробу, дають змогу або відхилити виріб як недосконалий, або вибрати бази і схему складання для надійного виробу. Об'єкти розчленування складальних робіт під модулі, раціональний спосіб складання та склад елементів складальної операції, варіанти переналагодження є підставою для проведення відпрацювання конструкції виробів на технологічність за вимогами автоматичного модульного складання та одночасного формування ТМ і ТМПС.

Отже, метод розробки ТМПС-складання різнотипних виробів полягає у такому:

1. Аналіз вхідних даних: інформація про об'єкти модульного складання тощо.
2. Формування груп складаних об'єктів за технологічно-конструкційними ознаками і вимогами модульного складання та способами складання. Виявлення комплексних представників групи.
3. Вибір технологічних баз і схем базування для групи складаних виробів та інших вимог щодо базування під час автоматичного модульного складання.
4. Розроблення технологічної схеми модульного складання комплексного представника групи з виділенням розчленованих складальних робіт.
5. Проведення розмірного аналізу конструкції складаних об'єктів, встановлення методів забезпечення заданої точності, а також інших показників якості.
6. Визначення необхідного рівня автоматизації ТМПС залежно від програми випуску.
7. Встановлення потрібних складальних основних і допоміжних рухів, дій.
8. Вибір способу модульного складання для встановленої групи виробів.
9. Визначення діапазону переналагодження залежно від необхідних основних і допоміжних складальних рухів, дій, способу модульного складання та конструкційно-технологічних властивостей виробів групи тощо.
10. Формування ТМ і відповідних конструкційних модулів.



Рис. 2. Схема побудови типового модульного процесу гнучкого складання

11. Встановлення раціональної структури і компонування окремих модулів з виділенням основних і допоміжних модульних переходів виконання окремих елементів процесу складання.
12. Уточнення схеми та структури переналагодження для окремих груп модульно-складаних деталей, корегування результатів усіх попередніх етапів розробки ТМПС.
13. Вибір режимів модульного складання виробів для окремих ТМ.
14. З одержаних ТМ побудовано модульні комплекти, комплекси, ТМПС-групи виробів.
15. Нормування ТМПС з корегуванням режимів складання.
16. Розрахунок технологічної собівартості складання за одержаним ТМПС.

**Висновки.** Під час розроблення ТМПС необхідно враховувати: технологію автоматичного складання, принципи модульності технологій та конструкцій, особливості типової та групової технології, модульне переналагодження. З автоматичного складання випливають його можливості модульності: структура модулів і типової та групової технології, групування об'єктів складання.

1. *Машиностроение / Энциклопедия. Технология сборки в машиностроении. – Т. 3–5 / под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 2001. – 640 с.* 2. *Божидарнік В. В. Автоматизація складання виробів / В. В. Божидарнік, Н. С. Григор'єва, В. А. Шабайкович. – Луцьк, ЛДТУ, 2005. – 386 с.* 3. *Технология автоматической сборки / А. Г. Холодкова, М. Г. Кристаль, Б. Л. Штриков и др.; под ред. А. Г. Холодковой. – М.: Машиностроение, 2010. – 560 с.* 4. *Сборка в машиностроении, приборостроении // Машиностроение. – М.: Машиностроение, 2010 – 2015.* 5. *Технология сборки в машиностроении: энциклопедия: в 40 т. – Т. 3–5 / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 2001. – 637 с.* 6. *Григор'єва Н. С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: моногр. / Н. С. Григор'єва. – Луцьк: Надстир'я, 2008. – 520 с.*