

УДК 621.717-112.6

Н.С. Григор'єва
Луцький національний технічний університет
СТРУКТУРИЗАЦІЯ СКЛАДАЛЬНИХ МОДУЛІВ

Розглянуті загальні принципи формування складальних модулів, на основі яких можна структурувати конструкційні, технологічні та організаційні модулі модульної технології машинобудування. Головним блоком загальної моделі є процес перетворення вхідних параметрів у вихідні в створеному середовищі, на яке цілеспрямовані керувані інформаційні, матеріальні та енергетичні дії при технічному та кадровому забезпеченні.

Ключові слова: модуль, модель, конструкція, технологія, організація, структура.

Рис. 5. Літ. 3.

Н.С. Григорьева
СТРУКТУРИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

Рассмотрены общие принципы формирования сборочных модулей, на основе которых можно структурировать конструкционные, технологические и организационные модули модульной технологии машиностроения. Главным блоком общей модели является процесс преобразования входных параметров в выходные в созданной среде, на которую целенаправлены управляемые информационные, материальные и энергетические действия при техническом и кадровом обеспечении.

Ключевые слова: модуль, модель, конструкция, технология, организация, структура.

N.S. Grigorieva
STRUCTURING OF ASSEMBLY MODULES

The general guidelines for the development of modules on which it is possible to structure construction, technological and organizational modules module the technology engineering. The main block of the general model is the process of converting the input parameters in the output in the generated environment that is focused on controlled information, material and energy of the technical and people ware ensuring.

Developed are also typical structures of the module systems, ways of providing their flexibility, methods of developing flexible technologic processes of automatic assemblage of the products and methods of drafting optimal compositions of adjustable module equipment and tooling. The flexibility in such systems is provided at construction, technological, algorithmic levels being estimated by the adjustment coefficient. The paper covers technological and construction modules as a basis of the flexible module assembling production, as well as methods of structure establishment. The securing of the basic indices of quality and competitive edge level is based on advance virtual estimation. The stages of the computer verification method include the virtual process of the flexible module assembling, virtual exploitation of the product and further improvement of both technology and construction following the results obtained. The experimental research of the major indices of the of the experimentally-industrial exponents of the adjustable module assembling equipment and tooling has confirmed its sufficiently high efficiency, correctness of the obtained theoretical and practical output. A method of engineering programmatic prognostication of the precision and reliability of the adjustable module assembling equipment has been developed.

Keywords: module, model, design, technology, organization structure.

Постановка проблеми. Модульний принцип відомий давно і широко застосовується в промисловості, будівництві, електроніці та інших галузях господарства. Найбільш загальне поняття модуля було сформульовано Бор-Раменським – модуль це цілісність, спряжена з іншими елементами (об'єктами) структури так, що можлива її оперативна заміна на іншу цілісність того ж функціонального призначення. В машинобудуванні модульний принцип був представлений Васильєвим А.Л. і Базровим Б.М.. Васильєв А.Л. його визначив, як особливість побудови технічних систем, що полягає в підпорядкуванні їх розмірів проектним модулям і забезпеченні можливості комплектування різноманітних складних нестандартних технічних систем з великою різноманітністю характеристик з невеликої, економічно обґрунтованої кількості типів і типорозмірів однакових первинних загальних модуль-елементів. Базров Б.М. вважає, що таке визначення є неповним з точки зору його реалізації, можливостей, комплектування, тому під модульним принципом розуміється побудова різних технічних систем з різноманітними характеристиками компонуванням з типових модулів обмеженої номенклатури [1].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Не дивлячись на те, що модульне автоматизоване гнучке виробництво є принципово новим напрямком а машинобудуванні, його науково-технологічні основи ще не розроблені, що значно стримує його подальший розвиток. Важливою проблемою є формування модулів. Полягає вона в визначенні множини можливих порядків структур, відборі конкурентоспроможних варіантів і встановленні оптимального варіанту

за вибраним критерієм. Все це виконується на етапах розробки конструкції, технології чи організації.

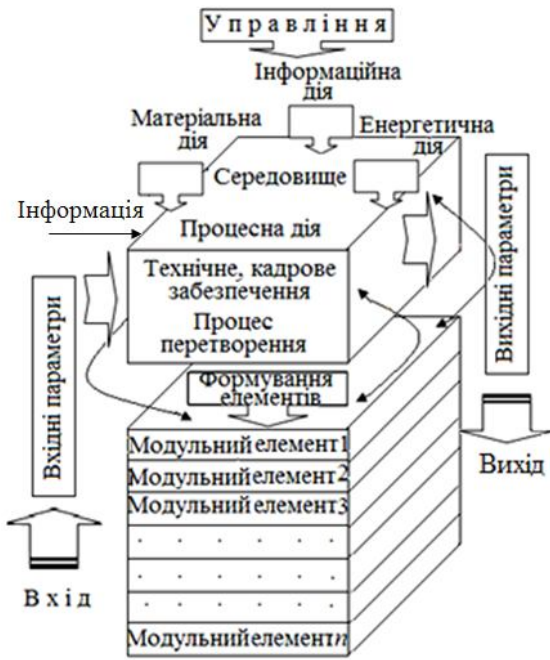


Рис. 1. Структурна схема загального модуля

Основні результати дослідження.

Формування модулів в модульній технології є складним, комплексним і багатоваріантним завданням, рішення якого вимагає як теоретичної підготовки, так і доброї практики й майстерності [2]. Головним блоком загальної моделі (рис. 1) є процес перетворення вхідних параметрів $p_{вх_i}$ у вихідні $p_{вих_j}$ за рахунок технічного та кадрового забезпечення середовища, на яке цілеспрямовані керувані інформаційні, матеріальні та енергетичні дії. Залежність між вхідними і вихідними параметрами можна записати як $p_{вх_i} = K_{ij} p_{вих_j}$, де K_{ij} - коефіцієнт трансформації; i, j - кількість вхідних і вихідних параметрів. Очевидно, що кількість таких параметрів буде різною та обмеженою в залежності від виду модуля. Формування модулів проходить в першу чергу за конструкційно-технологічними ознаками і властивостями об'єкту виробництва та програмою його випуску.

В головному блоці здійснюється

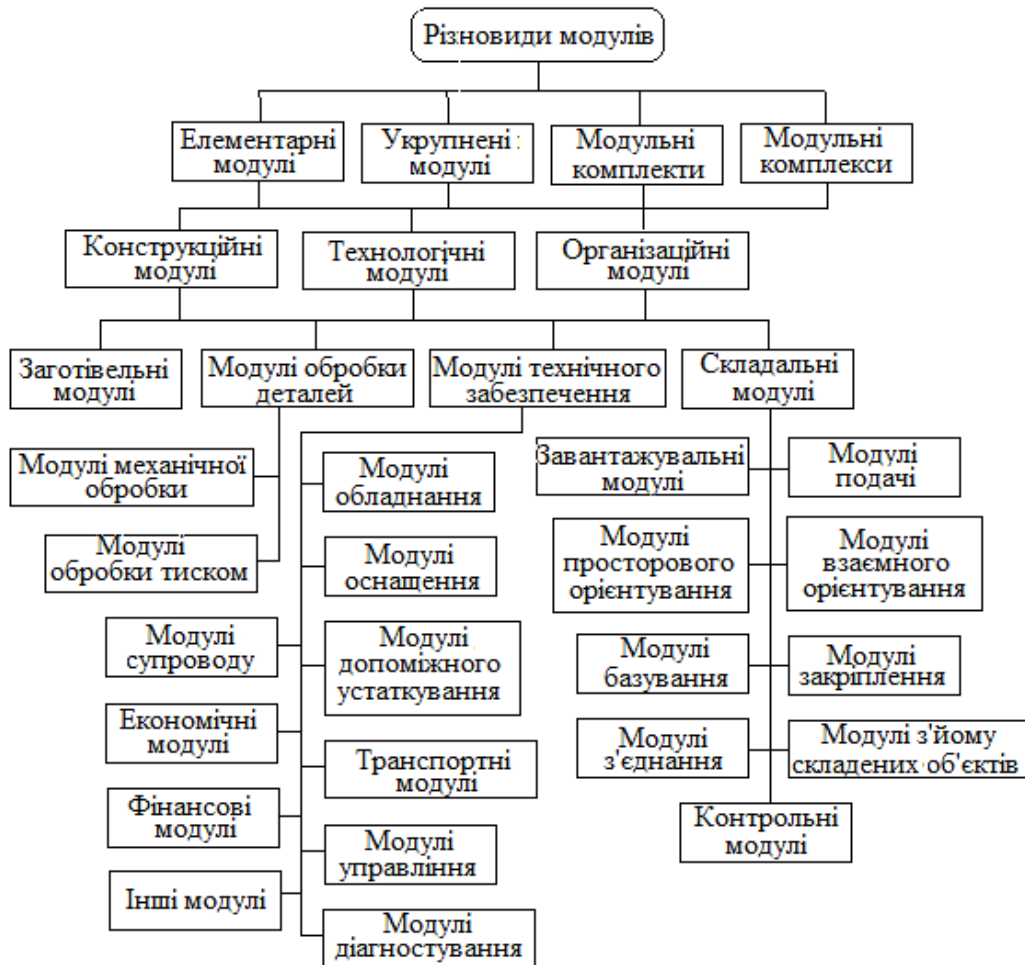


Рис. 3. Класифікація модулів машинобудування

інформаційна, енергетична та матеріальна дії, реалізуючи процес перетворень вхідних параметрів у вихідні. Ці перетворення мають зворотні зв'язки із забезпе-чучими системами, які використовуються для одержання та коректування інформації про якісні та кількісні зміни перетворень, що проходять, а також для забезпечення багаторазового використання засобів усіх дій при поточності та непереривності функціонування. Всі об'єкти системи перетворення проходять у просторі та часі й тому між ними є тісні просторово-часові відношення. Вхідна інформація, що надається, вказує різні дії на перетворення, котрі в свою чергу впливають на інші системи, в тому числі і на навколишнє середовище. Головними завданнями вхідної інформації та дій є забезпечення необхідної структури і потрібного функціонування об'єктів, відновлення потоків дії знарядь і засобів. Управління керує узагальненими діями інформаційного, енергетичного та матеріального типів. При цьому, вказані діяння можуть бути як позитивними, так і негативними, шкідливими, які можуть погано впливати на якісні показники об'єктів та навколишнє середовище. При цьому необхідне врахування всіх діючих вимог і обмежень, в тому числі і неявних, а також результатів спадковості та самоорганізації.

Алгоритми формування конструкції, технології чи організації відомі і тому закладаються в головний блок. За структурною схемою загального модуля при формуванні, наприклад, конструкційного модуля на підставі вказаної інформації та дій встановлюються модульні елементи: креслення деталей, з'єднань, підвузлів, вузлів, машини. При цьому корисною може бути методика проектування сучасних конструкцій машин. Елементи технологічного модуля: модульні установи, позиції, переходи, проходи, дії встановлюються на основі методики розробки прогресивних технологічних процесів з врахуванням їх модульності та результатів розчленування робіт, які виконуватимуться.

Найбільш складні комплексні модулі організації, що включають: планування, забезпечення та функціонування виробництва. Вказуються дані по розташуванню технологічного та допоміжного обладнання, організацію технологічних потоків, подачу деталей, переміщення, зняття та складування завершеного та незавершеного виробництва, тощо.

Стикування модулів проводиться за вхідними і вихідними параметрами, тобто в ланцюжку вихід попереднього модуля повинен відповідати входу наступного і т.д. Також кожний модуль має стикуватися як з модулями іншого ланцюжка, так і модулями управління. Вихід кожного модуля повинен однозначно відповідати входу наступного і т.д., а якщо розглядати вхід-вихід одного модуля то перетворення вхідних параметрів у вихідні представляє собою деяку їх трансформацію за заданими законами зміни. Умову стикування в загальному можна записати як

$$P_{вих_{i-1}} \Rightarrow P_{вх_i} \Rightarrow P_{вих_i} \Rightarrow P_{вх_{i+1}},$$

де P_i – вхідні чи вихідні параметри модуля.

Стикувальні елементи модулів також залежать від їх різновиду. Так для конструкційних модулів повинні бути передбачені установочні та фіксуєчі елементи з іншими модулями, для технологічних і організаційних – відповідні елементи і параметри, які є необхідними для стикування.

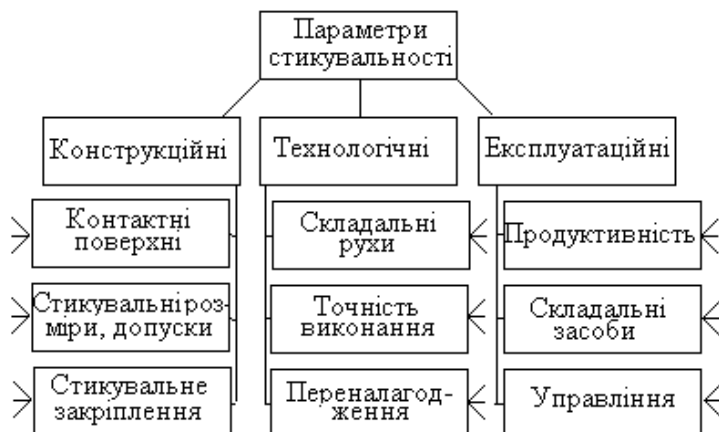


Рис. 2. Схема класифікації головних параметрів стикувальності складальних модулів

На підставі вказаних чинників можна сформувані конкретні параметри стикувальності, наприклад, складальних модулів (рис. 2). При цьому, використовується принцип їх описання об'ємними матрицями з трьома напрямками деталізації. Головними конструкційними параметрами конструкційних модулів можна вважати контактні (базові) поверхні, якими вони стикуються з іншими модулями, стикувальні розміри: допуски та стикувальне закріплення. В свою чергу кожний з параметрів може

бути конкретизованим за рахунок вказаного розширення об'ємної матриці. Так, наприклад, контактні поверхні можуть бути уточненими за геометрією, розмірами і допусками, властивостями, кожне з яких при необхідності підлягає дальшому уточненню за вибраними критеріями і т.д. до повної бажаної конкретизації. Технологічні параметри стикувальності на початку охоплюють складальні рухи, точність їх виконання та переналагодження, експлуатаційні - роботу гнучкого складального виробництва. Передбачено подібне розкриття суті таких параметрів. Параметри стикувальності модулів можуть бути поділені на загальні та часткові. Загальні параметри найбільш повно описують стан модулів, а часткові - безпосередньо використовувемі параметри. Наприклад, остаточний підбір складальних модулів може проводитися лише по забезпечуючій точності складання, продуктивності, черговості складальних рухів, тощо.

Класифікацію модулів машинобудування краще проводити за їх функціональними особливостями (рис. 3). За обсягом модулі градуються від елементарних до комплексних, в які вкладаються прийняті визначення. Наприклад, елементарний модуль складається з одного-двох елементів, укрупнений - з більшої їх кількості згрупованими за функціональними особливостями. Основними модулями в машинобудуванні є конструкційні, технологічні та організаційні.

В залежності від типу виробництва модулі бувають заготівельними, обробними, складальними і технічного забезпечення. При цьому діє правило диференціації чи концентрації елементів, які їх утворюють. Далі може йти їх градація на модулі різних заготовок, обробні - на першому ієрархічному рівні: обробки механічної та тиском з можливістю дальшого підрозділення за їх різновидами. Складальні модулі в першу чергу відображають елементи складальної операції, а далі можуть їх конкретизувати. Модулі технічного забезпечення охоплюють усі модулі, необхідні для правильного функціонування, починаючи від технологічного обладнання, оснащення та закінчуючи модулями супроводу виробництва. Як видно з класифікації цінність модульного підходу в машинобудуванні полягає у тому, що весь виробничий процес можна представити модулями багатократного використання, а його розробку - підбором необхідних, що значно підвищує якість розробки при значному скороченні часу на виконання.

Проф. Михайловим О.М. [3] були розроблені теоретичні основи створення та проектування нових високоефективних технологічних систем неперервної дії, що отримали назву потоково-просторові технологічні системи механічної обробки деталей. Це вважається новим науковим напрямом з нетрадиційними принципами створення таких систем і нетрадиційними техніко-економічними показниками і можливостями. На підставі аналізу загальних принципів відомих технологічних систем були розпрацьовані нові принципи функціонування технологічних систем неперервної дії, досліджені їх властивості. Структури відрізняються від відомих тим, що вони призначені для прогресивних технологій нового покоління, нового технологічного обладнання потоково-просторового розташування, виконаних на базі нових науково-технологічних основ потоково-просторових технологічних систем неперервної дії. При певних обмеженнях і особливостях їх можна використати для автоматичного гнучкого модульного складання різнотипних виробів за умови великих серій складання, коли переналагодження потоково-

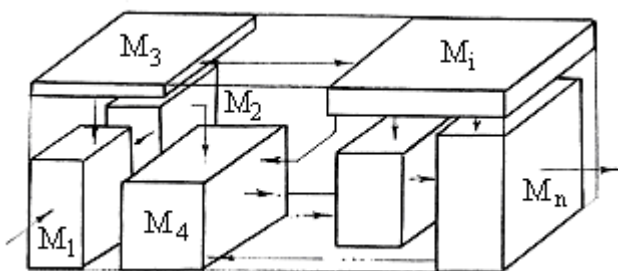


Рис. 4. Формалізована об'ємно-просторова технологічна складальна система: M_1 – підсистема вхідного контролю та завантаження; M_2 – підсистема транспортування деталей; M_3 – підсистема управління та діагностування; M_4 – підсистема установки деталей; M_i – проміжні підсистеми; M_n – підсистема контролю якості та зняття складених вузлів

просторового складального обладнання буде техніко-економічно узasadнено. Цим гнучке автоматичне складання можна наблизити до показників багатосерійного та масового виробництва, в якому технологічна собівартість автоматичного складання є найнижчою. Цей напрямок може також розглядатися як подальша комплексна автоматизація та інтенсифікація гнучких модульних складальних процесів.

Формалізована об'ємна технологічна складальна система (рис. 4) з максимальним використанням робочого простору складається з контрольних модулів, модулів переміщення складаних деталей на позицію складання, модулів установки і закріплення деталей, модулів взаємного орієнтування та спряження,

модулів фіксації деталей в спряженні, модулів знімання бракованих деталей та складених вузлів, модулів діагностування і управління. Вказаним модулям може бути притаманне лінійне, поверхневе чи об'ємне розміщення з різним числом позицій та потоків. Переналагодження модулів здійснюється за рахунок одного комплексного модуля переналагодження на складання іншого виробу чи окремих модулів переналагодження, що входять в склад вказаних складальних модулів. З метою забезпечення неперервності гнучкого складання процес переналагодження зводиться до простої заміни модулів налагодження. Просторове розташування модулів може бути різне, наприклад, лінійне, спіральне, гвинтове, тощо, в залежності від специфіки гнучкого складання.

Приклади просторового розміщення структурних моделей потоково-просторових технологічних модулів наведені на рис. 5. На вхід V_i можуть подаватися складані деталі, а складені вузли і вироби виводяться з системи виходом W_i , виконаної з радіусом початкового кола R , кроком просторової траєкторії t_i та довжиною осевого чи радіального переміщення складаних деталей. Можливі і інші варіанти просторового розміщення складальних модулів, наприклад з

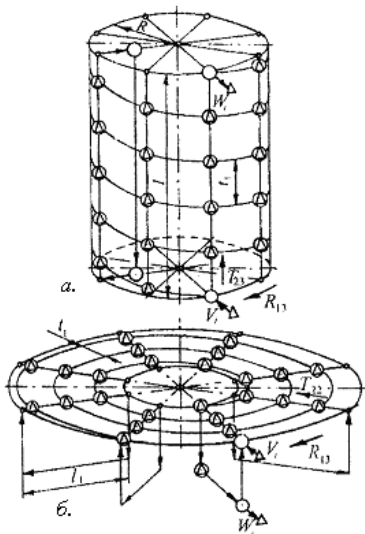


Рис. 5. Структурні моделі потоково-просторових гвинтових (а) і спіральних (б) технологічних модулів

циліндричною технологічною областю, тобто цілою множиною можливих варіантів, що залежать від способів автоматичного гнучкого складання, технологічного діяння складальних засобів, ступені диференціації та концентрації, особливостей складального обладнання та оснащення, виду міжмодульних зв'язків, тощо. Але головним вважається отримання оптимального варіанту гнучкого технологічного процесу складання.

Модулі машинобудівного виробництва творять модульні конструкції, технології, організації, тощо за рахунок їх набору та стикування. На підставі теорії структур проф. Чарнко О.В., а також проф. Гусева А.А. структура модульного процесу визначається поєднанням класів і груп структур. Під класом структур розуміється спосіб суміщення основних технологічних переходів і склад основного часу їх виконання. При першому класі послідовного виконання процесу основний час визначається сумою основного часу всіх переходів, при другому - сумою часів послідовно виконуваних основних переходів і тривалості найбільшого суміщеного основного переходу і при третьому - часу найбільшого основного

суміщеного переходу, котрі виконуються паралельно. Але, окрім основного часу в структурі процесу велике значення має і допоміжний час, що становить значну його частину. Способи суміщення допоміжних переходів, що характеризуються складом допоміжного часу, творять групи структур. Таке суміщення забезпечується їх перекриттям як за рахунок одночасного їх виконання з основними, так і допоміжними переходами. Якщо за способами виконання основних переходів нараховується три класи, то груп переходів може бути більш, а саме за кількістю допоміжних переходів.

У першій групі структур всі допоміжні переходи виконуються послідовно, без будь-якого суміщення і загальний час їх сумується. Проміжні групи характеризуються частковим наростаючим суміщенням, а остання група - повним суміщенням всіх допоміжних переходів, які виконуються під час основних. При накладанні класів структур на групи одержуються типові структури процесів. Так для однопозиційного одно потокового модульного складання одержано 24 типових структур технологічних модулів зі своєю величиною оперативного часу на їх виконання, тобто продуктивністю.

Висновки. Структуризація модулів в машинобудуванні може бути проведена за схемою загального модуля, яка передбачає наявність головного блоку, в якому на підставі інформації та енергетичних і матеріальних процесних дій за відповідними алгоритмами формуються модульні елементи. Для конструкційних модулів це – деталі, їх з'єднання, підвузли, вузли, машина, технологічних модулів – операції, установи, позиції, переходи, проходи, прийоми, організаційних модулів – планування обладнання та устаткування, забезпечення та функціонування виробництва. Головним при цьому є конструкційно-технологічні ознаки і властивості та програма випуску продукції. Класифікація модулів проведена за функціональними особливостями об'єктів

виробництва, може бути описаною об'ємною 3D- матрицею, котра допускає довільне розширення, допускаючи тим бажану деталізацію. Застосування нових високоефективних технологічних потоково-просторових технологічних систем неперервної дії дозволяє значно підвищити продуктивність модульного гнучкого складання виробів.

1. Базров Б.М. Технология сборки машин./ Б.М. Базров, О.В. Таратынов, В.В.Клепиков. – М: Изд. Дом «Спектр», 2011. – 368 с.: ил.
2. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: [монографія] / Наталія Сергіївна Григор'єва. - Луцьк: Надстир'я, – 2008. – 520 с.
3. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2014.