

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Вступ. Використання групової технології, яка полягає у формуванні номенклатури оброблюваних об'єктів виробництва (ОВ) із властивостями формоутворення, що забезпечуються наявними у виробничій системі обробляючими ресурсами, є невід'ємним компонентом вимог при створенні гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем (ГКІС). Інакше кажучи, склад обробляючих ресурсів системи повинен забезпечити весь набір технологічних операцій, які визначають виготовлення ОВ із заданими конструктивними параметрами та функціональними властивостями. Підготовка групового виробництва супроводжується побудуванням так званого “*віртуального*” ОВ, який узагальнює в собі всі особливості технологічних операцій по виготовленню кожного з об'єктів, що включається в групу [6]. В подальшому, при необхідності доповнення групи іншими ОВ або при формуванні нової групи об'єктів, які запускаються у виробництво, на підставі матриць відповідності (в тому числі, реляційних таблиць) або використання прийомів апарата теорії множин “просююється” технологічні параметри усієї групи ОВ з визначенням їх відповідності до наявних в системі ресурсів, які можуть формувати необхідний набір забезпечуючих групу технологічних операцій. Проте, *загальна концепція створення ГКІС* при трактуванні поняття “*групова технологія*” ґрунтується на більш широкому змісті, при якому до складу обробляючих ресурсів, крім власне формоутворюючих, додаються також ресурси *системи упорядкування середовища (СУС)*, які забезпечують упорядкування ОВ, тобто орієнтуючі, транспортні, завантажуючі та нагромаджуючі засоби, а також промислові роботи, які, в тому числі, можуть виконувати й функції перелічених засобів СУС. Отже, група ОВ, яка виготовляється в ГКІС, має формуватися також і з урахуванням можливості їх обслуговування засобами СУС при переналагодженні у межах технологічної і структурної гнучкостей ГКІС [2, 4].

Викладені нижче концептуальні засади щодо моделювання групового виробництва мають узагальнюючий характер, але, враховуючи особливості створення ГКІС із широким трактуванням поняття “*групова технологія*”, більша увага приділяється функціональному аналізу СУС.

Узагальнена концептуальна модель гнучкого виробництва. При такій постановці на узагальненому *верхньому рівні* абстрагування концептуально функція ГКІС ($\Phi_{\text{ГКІС}}$ -функція) (як і будь-якої організаційно-технічної системи) як *об'єкта керування* (ОК) подається декартовим добудком множин M, R, T та K [5, 7] (рис. 1):

$$\Phi_{\text{ГКІС}} \in \{M, E, I\} \times R \times T \times K, \quad (1)$$

де $\{M, E, I\}$, R, T та K – відповідно підмножини об’єктів праці (причому M – матеріали, E – енергія та I – інформація), способів їх реалізації (перетворення, або взаємодії знарядь і об’єктів праці), моментів часу (в які здійснюються відповідні перетворення об’єктів праці) та просторових координат, які займають об’єкти праці в робочій зоні ОК (далі для скорочення запису будемо вживати позначення M як узагальнююче потоки ОВ, енергетичні та інформаційні).

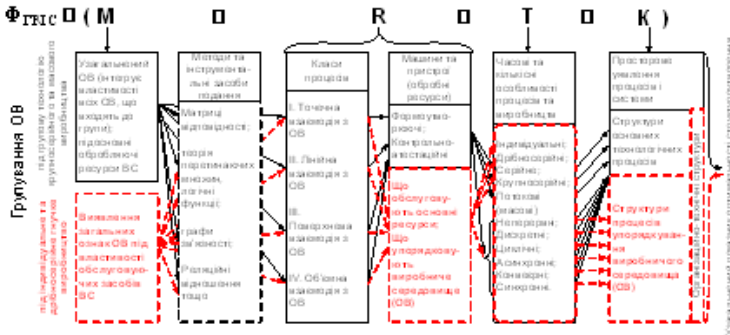


Рис. 1 – Концептуальна модель гнучкої виробничої системи під групу технологію

Залежність (1) відбиває відомий постулат діалектичного матеріалізму щодо існування матерії у просторі та часі у своїх різноманітних формах проявлення. Отже, як основа формалізації при кінематичному, геометричному, технологічному та структурному описах ГКІС як ОК може використовуватися *метод Ф-функцій*, за якими установлюється відповідність множин об’єктів праці, методів (технологій) та реалізуючих засобів їх перетворення, що відбувається у просторових координатах ОК у відповідні часові інтервали. Тоді метою етапів системного синтезу/аналізу ГКІС є визначення складу та закономірностей організації окремих компонентів в єдину систему — ОК з урахуванням того, що *функція останнього визначає його структуру*.

Формалізований опис функціонального складу і структури ГКІС в задачах синтезу/аналізу. Як основа формалізації при описі конструктивно-технологічної бази ОК— технологічної підсистеми (ТП) ГКІС та її функціональних компонентів — *елементарних об’єктів* (ЕО) на виділених ієрархічних рівнях використовуються кінцеві графи, що відображають властивості ОК і ЕО та взаємозв’язок між ними [7].

Взагалі, при створенні та дослідженні ТП ГКІС слід розрізнити дві постановки задачі:

- *пряму* (задача аналізу) — відомі структура та склад компонентів технологічної підсистеми. Треба визначити склад і напрямки руху матеріальних потоків;

- *обернену* (задача синтезу) — відомі склад і напрямки руху (технологічні маршрути виготовлення виробів) матеріальних потоків у часі. Треба визначити склад і структуру (розташування у просторі) складових компонентів-обробляючих ресурсів ТП ГКІС.

Пряма задача виникає в процесі запуску нової номенклатури виробів в існуючій ТП ГКІС, а обернена — при створенні нової або суттєвій модернізації існуючої ТП ГКІС під певну номенклатуру виробів, що запускаються у виробництво.

Отже, якщо загальна $\Phi_{\text{ГКІС}}$ *функція* ТП ГКІС як об'єкта керування може бути подана на вищому ієрархічному рівні абстрагування виразом (1), то підфункції — *виробничі процеси*

$\Phi_{\text{вир.пр}}$ -*процеси ОК* — призначені для зміни в часі предметів праці чи їх просторових координат, мають відповідно вигляд:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{вир. пр}_1}(R, K) &\subset M \times T; \\ \Phi_{\text{вир. пр}_2}(T, K) &\subset M \times R; \\ &\dots\dots\dots; \\ \Phi_{\text{вир. пр}_{14}}(M) &\subset R \times T \times K. \end{aligned} \tag{2}$$

Іншими словами, вирази (2) уявляють собою проєкції функціональних залежностей, що описують $\Phi_{\text{вир.пр}}$ - *процеси*, на координатні площини, відповідно $ТОМ$, $ТОК$, $МОК$, ..., $МОР$. Зокрема, серед виразів (2) є подання предметів праці і у просторовій, і у часовій розподіленостях, відповідно:

$$\Phi_{\text{вир. пр}_i}(T) \subset (R \times M \times K), \tag{3}$$

$$\Phi_{\text{вир. пр}_i}(K) \subset (R \times M \times T). \tag{4}$$

З умов визначеності функціонального відображення (1) послідовність реалізацій $\Phi_{\text{вир.пр}}$ - *процесів* описується оргграфом $c_1, c_2, c_3, c_4 \in M \times K$ (рис. 2, а), який уявляє собою **другий ієрархічний рівень** (процесний) подання функцій ОК (орієнтованість оргграфа може відбивати послідовність виконання операцій та переходів на нижчих рівнях ієрархічного подання ГКІС).

Однак при цьому не забезпечується однозначність технологій та технологічних процесів для різних партій об'єктів M , що обслуговуються.

Дійсно, якщо сутність технологічних процесів полягає у взаємодії між знаряддям і предметом праці, то якісні зміни в їх розвитку, що характеризують перехід до нового класу процесів (до наступної стадії їх розвитку), полягають в докорінних змінах характеру цієї взаємодії. Тому подальша деталізація функції (1) дозволяє виділити **третій рівень** — формального подання **технологій** ($\Phi_{\text{техн}}$ - *технології*), для чого у виразі деталізується спосіб R взаємодії знарядь і об'єктів праці (рис. 2, б), відбиваючий якісні зміни в розвитку знарядь праці та визначаючий перехід до певного класу технологій (до визначеної стадії їх розвитку).

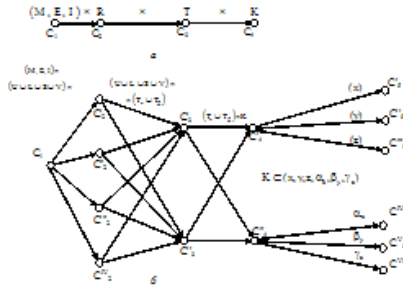


Рис. 2 – Повний функціональний орграф виробничого процесу (а) та виробничої системи (б)

Докорінні зміни *характеру взаємодії* між описаними функціональними пристроями-обробляючими ресурсами (П-ОР) та ОВ дозволяють виділити чотири класи технологій:

- перший клас (U-технології) характеризується точковим (індивідуальним) впливом R_T обробляючих ресурсів/пристроїв на окремі ОВ (наприклад, процеси точіння, хонінгування, поштучного завантаження та орієнтації тощо). Для операцій цього класу П-ОР відрізняються низькою продуктивністю;
- другий клас (L-технології) передбачає лінійний вплив П-ОР на ОВ. При цьому одночасному впливові R_L піддаються декілька об'єктів, розташованих, наприклад, у рядок (лінію) (прикладом таких технологій слугують фрезерування, волочіння, прокатування, безцентрове шліфування, одночасне орієнтування розташованих в рядок/стовпець ОВ тощо). Продуктивність у цьому випадку росте пропорційно збільшенню кількості об'єктів, розташованих у рядок, що піддаються одночасному впливу;
- для (S-технології) третього класу характерним є поверхневий вплив R_P функціональних пристроїв на ОВ — так званих засобів групового впливу (обслуговування) об'єктів, розташованих, наприклад, на поверхні П-ОР. Продуктивність підвищується пропорційно збільшенню робочої поверхні S обробляючих ресурсів/функціональних пристроїв (наприклад, штампування, пресування, лиття, плоськошліфувальні операції, технології з використанням роторних ліній, матричне орієнтування тощо);
- нарешті, четвертий клас (V-технології) характеризується просторовим впливом R_{np} функціональних пристроїв на ОВ, що обслуговуються. Прикладами можуть слугувати електрохімічна, термічна (сушіння, травлення, фарбування у ваннах) обробка, партійне завантаження тощо. У даному випадку з'являється можливість не тільки підвищення продуктивності за рахунок одночасного об'ємного впливу на ОВ (чи на їх об'ємне розташування), але й збільшення імовір-

ності здійснення одночасних операцій, що не менш важливо при розробці гнучких технологій. Прикладом четвертого класу технологій служать пресо-штампувальні, ливарні тощо).

Для виділення підфункцій технологій — технологічних процесів $\Phi_{\text{техн.пр}}$ -процесів на **четвертому ієрархічному рівні** необхідно деталізувати опис функції (1) за характером змін у часі — неперервним T_n або дискретним T_d , для чого у виразі (1) часова складова подається у вигляді $T = T_n \cup T_d$ (рис. 2, б).

Описані вище класи технологій $R \subset U \cup L \cup S \cup V$ не завжди забезпечують таке підвищення продуктивності, яке необхідне для ефективного застосування самих П-ОР. Це пов'язано не з технологією, а із засобами праці, якими реалізується та чи інша технологія. Основними суперечливими властивостями технологічної машини є *транспортні та технологічні рухи*: переміщення об'єкта через робочу зону машини і комплекс рухів (впливів), що супроводжують ці переміщення. Саме для третього S і, особливо, четвертого V класів технологій, які реалізуються відповідними П-ОР, забезпечується одночасний вплив на групу об'єктів, у зв'язку з чим зменшується операційний час і підвищується продуктивність процесу. Тому на **п'ятому рівні** виділяються функції операцій ($\Phi_{\text{оп}}$ -операцій), для чого деталізуються координатні перетворення K , які необхідно подати у вигляді добутку $K \subset \Pi \times P$, де Π – множина лінійних координат, а P – множина кутових (ротаційних) координат (рис. 2, б):

$$\Phi_{\text{оп}} \subset M \times (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times (\Pi \cup P). \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_{\text{оп}}(P) &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times M \times \Pi; \\ \Phi_{\text{оп}}(\Pi) &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times M \times ; \\ \Phi_{\text{оп}}(M) &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times \Pi \times ; \\ \Phi_{\text{оп}}(T) &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times M \times \Pi \times P \\ \Phi_{\text{оп}}(M, P) &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times \Pi; \\ \dots &\dots \dots \dots \\ \Phi_{\text{оп}}(U \cup L \cup S \cup V) &\subset (T_n \cup T_d) \times M \times (\Pi \cup P) \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Одержана з виразу (5) система (6) визначає $\Phi_{\text{оп}}$ -операції шляхом встановлення у часі відповідності: між елементами множин M і Π при несуттєвій зміні P або фіксованих його значеннях; між елементами множин M і P при несуттєвій зміні Π ; між лінійними Π та кутовими P координатами елементів тощо. Таким чином, множина (6) Φ_5 -операцій, утворюючи п'ятий ієрархічний рівень функцій ГРІС, визначає й типи функціональних П-ОР (зокрема, встановлення у часі відповідності кутових і лінійних координат, тобто RP -операція реалізується RP -пристроєм; R -операція реалізується R -пристроєм і т.п.), що належать виконавчій частині системі — ТП ГРІС. Порядок виконання $\Phi_{\text{оп}}$ – операцій впливає з визначеності виразу (5) і подається оргграфом $c_1, c_2, \dots, c_5 \in M \times (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times (\Pi \cup P)$, зображеним на рис. 2, б, в якому

$$\begin{aligned}
 \Phi_1 &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times M \times \Pi; \\
 \Phi_2 &\subset (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times M; \\
 \Phi_3 &\subset [(U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times M] \cup [(U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d) \times \Pi]; \\
 \Phi_4 &\subset [(U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d)] \times \Pi \times R; \\
 \Phi_5 &\subset [M \times (U \cup L \cup S \cup V) \times (T_n \cup T_d)] \times \Pi \times R.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Виділення п'ятого рівня ієрархії, що характеризує виконавчу частину ТП ГКІС, є надзвичайно важливим етапом системного аналізу/синтезу ТП ГКІС. Синтезовані на цьому етапі типи функціональних П-ОР є *необхідними і достатніми* для розв'язання прикладних задач побудови системи при обумовленому характері взаємодії R між П-ОР і ОВ.

Шостий ієрархічний рівень деталізації (уточнення) функції ГКІС як ОК відповідає функціональним задачам-переходам ($\Phi_{\text{зад}}$ -*задачам*), які реалізуються елементарними рухами робочих органів П-ОР. Множина ($\Phi_{\text{зад}}$ -*задач*) формується з виразів (6) шляхом уточнення множини Π і R :

$$\Pi = X \times Y \times Z; B = a \times b \times g,$$

де X, Y, Z – множини лінійних координат по відповідних осях; a, b, g – множини кутових координат відносно тих же осей.

Зокрема, в правій частині системи (5) при цьому утвориться декартовий добуток $(T_n \cup T_d) \times [(X \times Y \times Z) \times (a \times b \times g)]$, з якого можна одержати $2^{n-1} - 1 = 2^{8-1} - 1 = 127$ фактор-множин, тобто 127 ($\Phi_{\text{зад}}$ -*задач*), (n – кількість множників декартового добутку). Зокрема, множину $\Phi_{\text{зад}}$ -*задач* для РТПР-операції можна розбити на наступні класи (по числах Π і R):

$$\begin{aligned}
 R \times T \times \Pi; R \times T \times \Pi^2; R \times T \times \Pi^3; R \times T \times \Pi \times P; \\
 R \times T \times \Pi^2 \times P; R \times T \times \Pi^3 \times P; R \times T \times \Pi \times P^2;
 \end{aligned}$$

$$R \times T \times \Pi \times P^3; R \times T \times \Pi^2 \times P^2; R \times T \times \Pi^3 \times P^2; R \times T \times \Pi^2 \times P^3; \tag{8}$$

$$R \times T \times \Pi^3 \times P^3; R \times T \times P; R \times T \times P^2; R \times T \times P^3.$$

Система (8) та рис. 2, б дають уявлення про повний функціональної *орграф* (ПФО) ГКІС. Порівнюючи класи $\Phi_{\text{зад}}$ -*задач* (8) для $\Phi_{\text{оп}}$ – *операцій* (6), можна, використовуючи кола Ейлера, побудувати розподіл (рис. 3), який показує, що у реальних технологічних системах деякі $\Phi_{\text{оп}}$ – *операцій* можуть не виконуватися, а деякі ланцюжки $\Phi_{\text{оп}}$ – *операцій* можуть виконуватися одним комбінованим функціональним пристроєм (наприклад, РР-*пристрої* можуть виконувати $\Phi_{\text{зад}}$ -*задачі* РТП – і РР -*пристроїв*, оскільки класи $\Phi_{\text{зад}}$ -*задач* у них перетинаються).

Гіперпросторове уявлення процесу формування обробляючих ресурсів для групової технології. Процедура формування складу технічних засобів ґрунтується на використанні *об'єктно-орієнтованого*

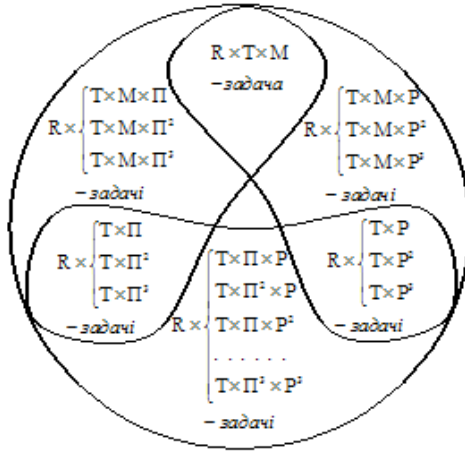


Рис. 3 – Розподіл Ейлерового простору $\Phi_{ГКІС}$ -функції на підфункції $\Phi_{зад}$ -задач-переходів

принципу групування (ООПГ), в основі якого лежить теоретико-множинний підхід [7]. Загальна схема формування групи ОБ спочатку полягає у визначенні типу розв’язуваної задачі та побудованні інформаційних моделей або *пошукових образів об’єктів* (ПОО): виробництва (ОВ); виробничих процесів ($\Phi_{вир.пр}$ -процесів); технологій ($\Phi_{техн}$ -технологій), реалізуючих останні; технологічних процесів $\Phi_{техн.пр}$ -процесів; обробляючих ресурсів П-ОР тощо.

Формування ПОО здійснюється визначенням характеристик (ознак) об’єктів, необхідних для успішного виконання пошукових процедур. Необхідно зазначити, що при проектуванні ГКІС встановлюють та формалізовано подають лише ті властивості ОБ, які певним чином впливають на розроблювану систему.

Наведений функціонально-структурний аналіз встановлює багаторівневу ієрархічну структуру ТП ГКІС, а елементи на цих рівнях і закономірності утворення систем з цих елементів відповідають їх функціональним призначенням (рис. 4).

Наприклад, розглядаючи складальний виріб як механічну систему тіл і користуючись критерієм одноваріантності розділу системи на елементи, можна виділити ряд рівнів цієї ієрархічної системи (рис. 5, а).

При такому способі виділення ієрархічних рівнів складальні одиниці є підсистемами і в залежності від задачі проектування можуть розглядатися або як вироби (об’єкти виробництва ОБ), або як деталі (елементарні об’єкти ЕО). Контури, тобто сукупності поверхонь, об’єднані певними властивостями, також розглядаються як підсистеми, тобто ЕО.

З погляду на характер $\Phi_{оп}$ -операцій, якими супроводжується $\Phi_{техн.пр}$

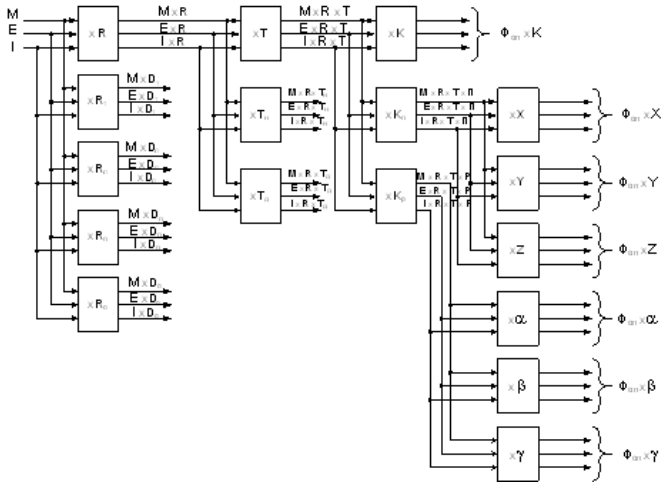


Рис. 4 – Багаторівнева ієрархічна структура ТП ГКІС

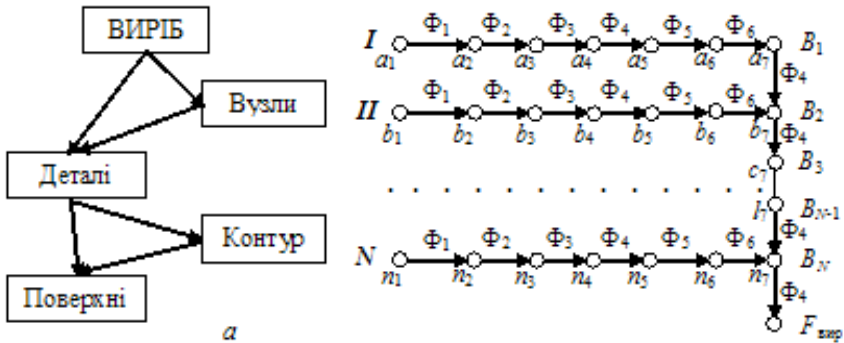


Рис. 5 – Рисунок 5 - Рівні ієрархії механічної системи-складальної одиниці (а) та її повний функціональний орграф (б)

-процес виготовлення виробу, ПФО (рис. 5, б) виробу включає обробку N комплектуючих складових з відповідними паралельними гілками $a_1 - a_7; b_1 - b_7; \dots; n_1 - n_7$ з $\Phi_{оп}$ – операцій $\Phi_1 - \Phi_6$, власне складання комплектуючих у вузли $B_1 - B_N$ і, зрештою, останніх у виріб $F_{вир}$ (вертикальна гілка $\Phi_{оп}$ -операцій). При цьому ПФО виробу можна розбити на дві частини: в одній зв'язки Φ_1, Φ_2, Φ_3 , а в іншій – що залишилися.

Сукупність $\Phi_{оп}^1$ – операцій першої частини реалізує система упорядкування середовища (СУС), а сукупність $\Phi_{оп}^2$ – операцій другої частини – гнучка складальна технологічна позиція, яка при використанні ПР як складального ТПВ-пристрою називають роботизованою технологічною позицією (РТП).

Система СУС і РТП утворюють роботизовану технологічну одиницю (РТО), що виконує одну технологічну операцію у ГКІС.

Графічна інтерпретація формування об'єктно-орієнтованого складу технічних засобів ГКІС через перетин множин ознак $OB - \Phi_{техн.пр}$ - процесів – $\Phi_{оп}$ – операцій – $\Phi_{зад}$ -задач – методів R обслуговування OB – реалізуючих методи пристроїв П-ОР може бути поданою у вигляді гіперпросторової моделі [1] (на рис. 6 відображена тільки та частина узагальненої моделі, яка інтерпретує об'єкту орієнтованість ознак OB і обслуговуючих останні властивостей компонентів СУС).

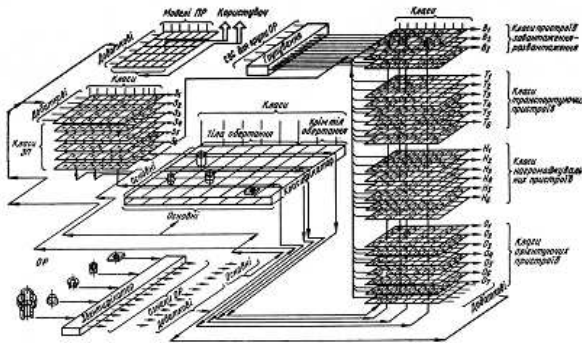


Рис. 6 – Відображення процесу формування групи OB

Тоді процедура прийняття рішень Z , під якими розумітимемо відповідний П-ОР, уявляється як співставлення множин $OB, \Phi_{техн.пр}$ -процесів, $\Phi_{оп}$ -операцій, $\Phi_{зад}$ -задач, R , П-ОР, а також відшукування між ними відповідності C , може бути математично подана наступним виразом:

$$C \subseteq OB \times \Phi_{техн.пр} - процесів \times \Phi_{оп} - операції \times \Phi_{зад} - задачі \times R \times П-ОР. \quad (9)$$

Алгоритмічно процес вибору типу П-ОР здійснюється в два етапи. На початку першого етапу відбувається формування маскуючих масивів,

структура яких аналогічна кортежним відносинам П-ОР у базі даних (БД). Для цього ПОО, який уявляє собою набір

$$\text{ПОО} := \langle \text{ОВ}_i, \Phi_{\text{техн.пр.}j} \text{-процеси}, \Phi_{\text{опк}} \text{-операції}, \Phi_{\text{зад}_l} \text{-задачі}, R_g \rangle, \quad (10)$$

у відповідності із зазначеним *пріоритетом ознак* перетворюється у набір:

$$\begin{aligned} \text{ПОО}_n := & \langle \text{ОВ}_{i_{\text{пр}}}, \Phi_{j_{\text{пр}}} \text{-процеси}, \Phi_{k_{\text{пр}}} \text{-операції}, \Phi_{l_{\text{пр}}} \text{-задачі}, R_{g_{\text{пр}}} \rangle \cap \\ & \cap \langle \text{ОВ}_i - \text{ОВ}_{i_{\text{пр}}}, \Phi_j \text{-процеси} - \Phi_{j_{\text{пр}}} \text{-процеси}, \Phi_k \text{-операції} - \\ & - \Phi_{k_{\text{пр}}} \text{-операції}, \Phi_l \text{-задачі} - \Phi_{l_{\text{пр}}} \text{-задачі}, R_g - R_{g_{\text{пр}}} \rangle, \end{aligned}$$

де $\langle \text{ОВ}_{i_{\text{пр}}}, \Phi_{j_{\text{пр}}} \text{-процеси}, \Phi_{k_{\text{пр}}} \text{-операції}, \Phi_{l_{\text{пр}}} \text{-задачі}, R_{g_{\text{пр}}} \rangle$ – множина пріорітетних ознак.

На наступному кроці відбувається порівняння пріорітетних ознак з відношеннями підмножини декартова добутку

$$\text{ОВ}_m \times \Phi_n \text{-процеси} \times \Phi_p \text{-операції} \times \Phi_r \text{-задачі} \times R_d \times \text{П-ОР}_h,$$

який відбиває взаємозв'язок між властивостями П-ОР і множиною значень технологічної ситуації, де П-ОР_h-пристрій з h-ю властивістю.

В результаті реалізації цього кроку формується *множина маскуючих кортежів* у вигляді обслуговуючих властивостей П-ОР по відношенню до відповідних ознак ОВ.

В подальшому здійснюється почергове співставлення маскуючих кортежів із наборами відношення, яким подаються різні моделі П-ОР, та формування масивів, включаючих інформацію про П-ОР^f, які задовольняють функціональним, технологічним та іншим вимогам. Рішення записується як перетин даних множин для пріорітетних (основних) ознак:

$$\text{П-ОР}_{\text{пр}}^f = \bigcap_{i=1}^G \text{П-ОР}_{i_{\text{пр}}}^f.$$

Аналогічна процедура застосовується до групи *непріорітетних додаткових ознак*, і кінцева відповідь визначається перетином множин:

$$\text{П-ОР}^f = \text{П-ОР}_{i_{\text{нпр}}}^f \cap \text{П-ОР}_{i_{\text{пр}}}^f.$$

Як приклад відображення процесу формування групи ОВ, які обслуговуються складом технічних засобів СУС при використанні ООПГ, можна скористатися наведеною на рис. 7 схемою, якою наочно відтворюється процедура формування і співставлення маскуючих кортежів у вигляді обслуговуючих властивостей П-ОР та відповідних ознак ОВ [1, 4].

Формування складу технічних засобів для обслуговування комплекту деталей складального виробу (відображення процесу формування наведено на рис. 7) здійснюється з урахуванням аналізу їх технологічності. Комплектуючі виріб деталі після механічної або термічної обробки подаються на ідентифікатор - $n \times m$ -вимірну матрицю (наприклад, фотометричну) або задаються оператором у вигляді $n \times m$ -вимірного опису,

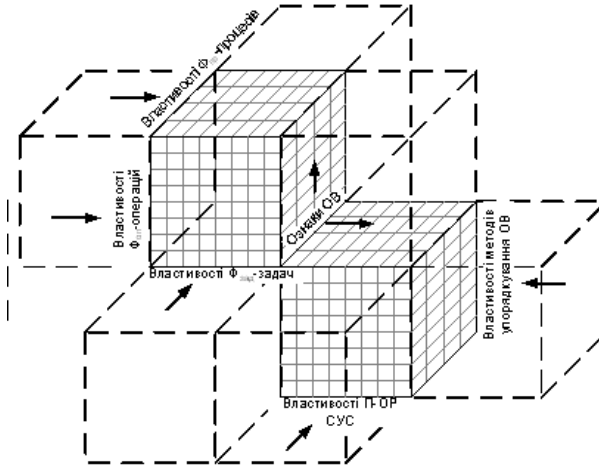


Рис. 7 – Відображення процесу формування групи ОВ

на виході яких формується склад основних і допоміжних ознак деталей [1]. Ці ознаки застосовуються для класифікації чи ототожнювання властивостей деталей, що надійшли на вхід ідентифікатора, із властивостями еталонних описів, розміщених у класифікаторі для кожного класу. В свою чергу, для кожного з еталонів деталей у БД орієнтуючих, транспортуючих, завантажуючих, нагромаджувальних пристроїв і пристроїв поштучного відокремлення і завантаження деталей на робочу позицію, а також захватних та інших робочих пристроїв промислових роботів визначаються типові пристрої перелічених класів, які можуть обслуговувати еталони ідентифікованих деталей.

Далі, використовуючи додаткові ознаки (наприклад, фізико-механічні, магнітні та електропровідні властивості, наявність та якість виготовлення базових поверхонь для накладання утримуючих зв'язків при захопленні деталей захватними пристроями, тощо), про які інформує ідентифікатор або оператор, й уточнюються конкретні моделі пристроїв для обслуговування всієї номенклатури комплектуючих складальний виріб деталей.

Оцінка ефективності структурно-функціонального та морфологічного синтезу/аналізу ОВ та ТП ГКІС. Розглянуті положення дозволяють упорядкувати процес проектування ТП ГКІС на етапі структурно-функціонального синтезу в разі застосування групової технології. Оцінка ефективності вибору реалізації як структури технологічного процесу, так і структури процесу упорядкування середовища в ТП ГКІС виконується за узагальненим критерієм. Наприклад, в адитивній формі це — енергетичний показник

$$\lambda = \sum_{\nu=1}^{n-h} l_{kd}(\nu) \rightarrow \min, \quad (11)$$

де $l_{kd}(\nu) = l_{\nu} [q_{k(\nu)}, q_{d(\nu+1)}]$; $k = q_{\nu}, d \in \overline{q_{\nu+1}}, \nu = \overline{1, n}$, причому q_{ν} – цілочислова множина індексів k допустимих конфігурацій $q_{k(\nu)}$ для ν -го вузлового елемента структури. *Допустимою конфігурацією* вважається така, для якої значення параметрів структури задовольняють конструктивно-структурні елементів системи: $q_{\nu \min} \leq q_{\nu} \leq q_{\nu \max}, \nu = \overline{1, n}$. Якщо деякі зі значень параметрів структури не можуть бути визначені, то вважається, що це *вироджена конфігурація* ТП ГКІС.

Якщо функція (11) зводиться до знаходження шляху мінімальної довжини, який зв'яже початкову вершину $(1, k)$ з кінцевим рівнем q_n (задача з вільним кінцем) на послідовному графі, то вона ефективно розв'язується за допомогою стандартної процедури динамічного програмування.

Висновки

1. Існують два аспекти (дві складові) розв'язання задачі створення групової технології:

- *перший* обмежується науковими основами технологічної підготовки групового виробництва на базі звичайних систем здебільшого із універсальних обробляючих ресурсів при крупносерійному та масовому характерах випуску виробів, коли гнучкість системи не є суттєвим її показником, і групування ОВ реалізується можливостями їх виготовлення основними ресурсами системи — машинами першого (М(У)-технології), другого (М(Д)-технології), третього (М(І)-технології) і четвертого (М(У)-технології) класів (рис. 1);
- *другий* полягає в тому, що при індивідуальному (одиничному) та дрібносерійному характерах виробництва, які реалізуються в умовах частого переналагодження як основних — обробляючих ресурсів, так і допоміжних — засобів упорядкування середовища, суттєву роль відіграє комплекс властивостей ТП ГКІС, визначений терміном *гнучкості* (технологічної, структурно-організаційної, параметричної та потужності [2]). При цьому питома вага визначення технологічності ОВ до групового виробництва від складової можливості створення (задача синтезу) або обслуговування існуючої (задача аналізу) СУС нової номенклатури ОВ суттєво зростає і стає не менш вирішальною, ніж складової основних обробляючих ресурсів ТП ГКІС, і невраховування цієї обставини унеможливило ефективне функціонування системи в цілому.

2. *Основою формалізованого подання структурного синтезу/аналізу ТП ГКІС може слугувати повний функціональний граф*, виражений послідовністю Ф-функцій \rightarrow Ф-технологій \rightarrow Ф-процесів \rightarrow Ф-задач. При цьому основою визначення складу і напрямків руху (технологічних маршрутів обробки ОВ системними ресурсами) матеріальних потоків в пря-

мій та складу і структури компоновань ТП ГКІС в оберненій задачі слугує морфологічний опис ОВ.

3. Процес формування складу технічних засобів — обробляючих ресурсів ГКІС слід розглядати як *пошук відповідностей у гіперпросторовому об'єктно-орієнтованому середовищі множин ОВ, Ф-технологій, Ф-процесів, Ф-операцій, Ф-задач, R, П-ОР; в основі пошуку лежить теоретико-множинний підхід.*

4. *Оцінку ефективності приведеного синтезу/аналізу ТП ГКІС можна проводити за узагальненим критерієм (енергетичним показником, поданим в адитивній формі), в тому числі, і за допомогою стандартної процедури динамічного програмування.*

Література

1. Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства / Л.С.Ямпольский, О.М.Калин, М.М.Ткач. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. — 271 с.
2. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління / Л.С.Ямпольський, П.П. Мельничук, Б.Б. Самотокін, М.М. Поліщук, М.М. Ткач, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко. — Житомир: ЖДТН, 2005. — 680 с.
3. Элементы робототехнических устройств и модули ГВС /Л.С.Ямпольський, М.М.Поліщук, М.М.Ткач; За заг. Ред. Л.С.Ямпольського. — К.: Вища шк., 1992. — 431 с.
4. Гибкие автоматизированные производственные системы / Под ред. Ямпольского Л. С.— К. : Тэхника, 1985.— 280 с.
5. Костюк В.И., Ямпольский Л.С., Иваненко И.Б. Промышленные роботы в сборочном производстве. К.: Техніка, 1983.— 183 с.
6. Митрофанов С.П. Научные основы технологической подготовки группового производства. М.; Л.: Машиностроение, 1965. — 270 с.
7. Промышленная робототехника /Л.С. Ямпольский, В.А. Яхимович, Е.Г. Вайсман и др.: Под ред. Л.С. Ямпольского. — К.: Техніка, 1984. —264 с.

Получено 16.11.2007