

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНІ ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

О.А. СТЕНІН, С.В. ЛАПКОВСЬКИЙ, М.О. СОЛДАТОВА

Запропоновано принципи інтегрованого системно-структурного аналізу та інформаційного опису системи технологічної підготовки виробництва гнучких виробничих систем. Дані принципи є методичною основою для безпосереднього формування цієї системи на концептуальному рівні і вироблення конкретних рішень при її проектуванні.

ВСТУП

Сучасному вітчизняному машинобудуванню — основі науково-технічного прогресу — притаманне значне зростання об'ємів продукції, яка випускається в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва. Ці обставини є наслідком стрімких темпів розвитку конструкцій виробів, збільшення їхньої номенклатури та її частою змінюваністю. Сучасний стан промислового та економічного розвитку України значною мірою визначається технологічним рівнем автоматизації машинобудування, впровадженням у різних сферах виробництва промислових роботів і гнучких виробничих систем (ГВС). Вирішити найскладніші задачі, що стоять перед вітчизняною промисловістю, можна лише на основі значного скорочення термінів технологічної підготовки виробництва (ТПВ), впровадження найсучаснішого технологічного обладнання, в тому числі промислових роботів і ГВС.

Ця стаття присвячена комплексу робіт, які виконуються в межах державної науково-технічної програми «Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні».

У сучасних умовах вирішальне значення набуває забезпечення гнучкості виробничих систем (ВС), здатних швидко перенастроюватися на випуск нової продукції [1, 2].

ГВС являють собою якісно новий рівень технічного оснащення та організації виробничих процесів, обумовлений наявністю не тільки високоавтоматизованого основного технологічного обладнання, але і таких елементів, як автоматизоване транспортно-накопичувальне обладнання, контрольно-вимірвальна і діагностична апаратура, засоби обчислювальної техніки, що безпосередньо беруть участь у виробничому процесі та забезпечують автоматизацію функцій технологічного, технічного та організаційно-економічного керування процесами виготовлення продукції.

Спираючись на досягнення науки і техніки, методологія створення ГВС розвивається стрімко і безупинно. Вона вбирає в себе всі найсучасніші нау-

кові напрямки, і це дуже утруднює проведення чіткої систематизації наукових основ створення ГВС.

З аналізу численних інформаційних джерел складається враження, що в даний час створення ГВС набуває статусу цілком самостійної технічної проблеми, яка розв'язується на основі використання найбільш сучасного арсеналу обладнання, а також створення принципово нових технічних і програмних засобів [1 – 3]. Однак цілком очевидно, що методологія створення ГВС повинна виходити за рамки тільки технічних проблем і здійснювати глибоку і всебічну проробку технології, організації і керування, які є не тільки взаємозалежними з технічними проблемами, але і впливають на їхнє правильне вирішення. Безсумнівно, що проблеми створення ГВС не повинні розглядатися самостійно, у відриві від загальних концепцій сучасного розвитку та удосконалення виробничих систем машинобудівних підприємств. Створення ГВС є важливим, але тільки одним із напрямків на загальному фронті робіт з удосконалення і комплексної автоматизації в усіх сферах виробничої діяльності підприємств.

Технічне переозброєння машинобудівних підприємств на основі ГВС через свою складність і багатогранність потребує значних трудових і капітальних витрат. Тому найважливішого значення набуває підвищення якості та оптимальності прийнятих проектних рішень, які забезпечують досягнення найвищих техніко-економічних і експлуатаційних показників функціонування ГВС. У цьому зв'язку ТПВ ГВС повинна системно базуватися на єдиній науково-методичній основі, що вимагає, з одного боку, подальшого розвитку досліджень у створенні наукових основ технології машинобудування, а з іншого — розгортання широкого фронту робіт з комплексної стандартизації в галузі ТПВ виробів в умовах ГВС. Цілком очевидно, що у світлі нових технічних і технологічних можливостей необхідно розглядати з принципово нових позицій питання технологічної підготовки виробництва і проектування ВС.

Очевидно також, що відразу з достатньою глибиною відобразити все коло проблем, які стоять перед машинобудівною промисловістю при створенні ГВС, неможливо. Насамперед, головну увагу необхідно приділити методології комплексної ТПВ і проектування ГВС ще на стадії механічної обробки як найбільш складної в процесі виготовлення виробів, яка має такі характеристики:

- велика кількість методів обробки;
- найбільша довжина технологічних маршрутів у порівнянні з іншими стадіями виготовлення;
- широкий спектр необхідних і можливих технічних засобів для оснащення процесів виготовлення;
- альтернативність побудови технологічних процесів;
- велика розмаїтість організаційних форм реалізації технологічних процесів і побудови виробничих підрозділів;
- виникнення проблем технологічного, технічного та організаційного керування для підтримки необхідного режиму виконання виробничого процесу.

ЗАДАЧІ МЕТОДОЛОГІЇ ТВП ГВС

Методологія ТВП ГВС повинна стати невід'ємною складовою частиною єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄС ТВП) виробів машино- і приладобудування, яка є не тільки організуючим початком, але і фундаментальною науково-методичною базою, що забезпечує єдину технічну політику організаційно-технологічного проектування при створенні ГВС і удосконаленні виробничих процесів в умовах їхнього функціонування.

По-перше, необхідне системне розглядання взаємозв'язків технічних, технологічних, організаційних і управлінських проблем, комплексне вирішення яких повинно в остаточному підсумку визначати принципи побудови ВС у цілому, в залежності від конкретних умов випуску продукції, її номенклатури з урахуванням ресурсних обмежень. Тільки при такому підході ГВС зможуть знайти своє раціональне місце у ВС підприємства, можуть бути створені об'єктивні передумови для їхнього розширеного впровадження у ВС і при цьому гарантована їхня сумісність у виробничій структурі підприємства.

По-друге, насичення сучасних ВС високоавтоматизованою технікою і створення ГВС об'єктивно впливають на збільшення складу функцій ТПВ і значно розширюють склад проектних задач, які вимагають обґрунтованих інженерних рішень для досягнення найвищих техніко-економічних показників ВС.

По-третє, в умовах комплексної автоматизації виробничих процесів необхідно детальніше проробляти проектні рішення, що пов'язані з визначенням конкретних параметрів, які характеризують і регламентують виробничі процеси та їх елементи. Наприклад, якщо в умовах традиційного дрібносерійного і серійного виробництва вважалася достатньою розробка маршрутної технології, то зараз — при наявності високоавтоматизованого обладнання — необхідна розробка не тільки операційної технології, але і відповідного програмного забезпечення як для основного, так і для допоміжного обладнання.

Ці обставини призводять до значного зростання обсягів і трудомісткості проектних робіт, що висуває на передній план як одну з найважливіших проблему автоматизації ТПВ і проектування ВС.

Сучасні темпи розвитку науки в галузі технології, організації і керування з урахуванням усе зростаючої ролі математичних методів розв'язання і засобів обчислювальної техніки є основою якісного вдосконалення і підвищення рівня автоматизації процесів проектування. При цьому подальше поглиблення наукових досліджень у галузі ЄС ТПВ повинно йти по шляху переходу від розробки загальних правил і положень безпосередньо до створення стандартних методик і алгоритмів, які забезпечать з використанням ЕОМ оптимальність прийнятих рішень.

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНА КОНЦЕПЦІЯ ТПВ ГВС

Не викликає сумніву той факт, що природним і єдиним науковим методом вирішення теоретичних і практичних проблем є системний підхід і системні дослідження. Поява таких робіт [4–8], які розглядають системно-структурні методи як у теоретичному плані наукового розкриття, так і в плані практичного використання, доводить їхню незаперечну ефективність.

Теорія складних систем як методологічний апарат дослідження все ширше розповсюджується і глибше проникає в різні галузі науки та людської діяльності. Можливість аналізу слабоструктурованих проблем і розробки способів їх вирішення показує перспективність системно-структурних методів у цілому ряді галузей наукових досліджень.

Проблеми ТПВ і проектування ГВС варто віднести саме до розряду слабоструктурованих, що говорить про доцільність системних досліджень, спрямованих на розробку науково обґрунтованої системи задач, яка комплексно охоплює всі аспекти побудови ГВС. Вона характеризується:

- повнотою складу проектних задач, які забезпечують побудову і ефективне функціонування ГВС;
- обґрунтованою глибиною деталізації проектних задач;
- об'єктивною інформаційною взаємозумовленістю вирішення задач, що, в остаточному підсумку, визначає послідовність їх вирішення в системі ТПВ ГВС.

Поняття «система», ґрунтуючись на [7, 8], у самому загальному вигляді можна визначити як множину взаємозалежних елементів, що характеризується четвіркою

$$S = (\Sigma, V, \sigma, H), \quad (1)$$

де $\Sigma = \{\Sigma_i\}$ — множина елементів, що входять у систему S ; $V = \{V_j\}$ — множина зв'язків між цими елементами; σ — структура системи S ; $H = \{h_k\}$ — оточення системи, яке являє собою множину елементів, що існують поза системою S і при цьому впливають на стан системи, її структуру і функціонування.

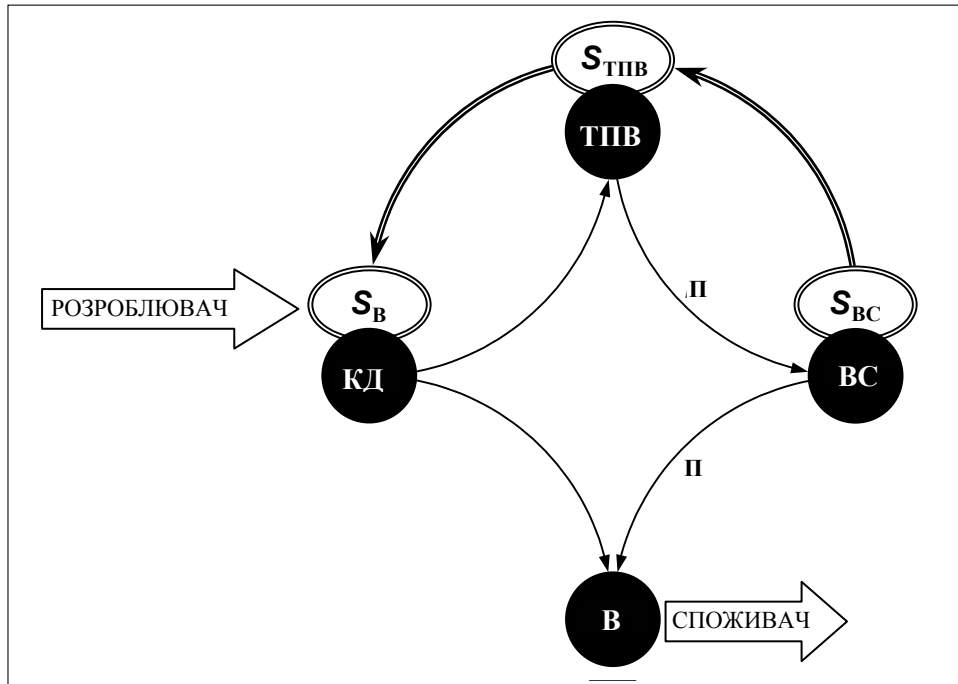
У роботі [8] зазначено «Хоча конкретні системи та їхнє оточення об'єктивні за своїм характером, вони в той же час суб'єктивні, оскільки конфігурація елементів, які їх утворюють, вибирається відповідно до інтересів дослідника. Різні спостерігачі того самого явища можуть відбити його в різних системах і оточеннях». Це твердження можна доповнити витягом із роботи [5]: «Уявлення про будову системи не може бути вичерпним, глибина опису, рівень деталізації, тобто вибір елементів, обумовлюється призначенням опису», тобто визначається суб'єктивною точкою зору дослідника, або, як відзначається в [6], «залежить від спостерігача, його знання і зацікавленості в діяльності системи...».

Наведені витяги дають повне підтвердження того, що в даний час скільки розроблювачів, тобто суб'єктивних точок зору, стільки ж і конфігурацій систем ТПВ ГВС одержують право на своє існування. Тому з метою об'єктивнішого і повнішого уявлення про конфігурацію системи ТПВ є доцільним інтегрований розгляд на концептуальному рівні трьох об'єктів — виробу (В), системи ТПВ та ВС і відповідне проведення інтегрованого системно-структурного аналізу цих об'єктів.

На рисунку показано, що конструкторська документація (КД) від розроблювача надходить у відповідні служби підприємства для проведення ТПВ. У результаті функціонування системи ТПВ здійснюється підготовка ВС (фізичне продукування — П). Створена ВС фізично продукує об'єкт виробництва, який надходить до споживача. Взаємозв'язок між конструктор-

ською документацією і виробом відображає необхідність їхньої повної відповідності.

Таким чином, зображений на рисунку контур повністю характеризує виробничий процес підготовки виготовлення виробу. З системних позицій цей контур можна розглядати як взаємодію на інформаційному рівні системи виробу (S_B), системи ТПВ ($S_{ТПВ}$) і системи виробництва (S_{BC}). Інтегрований розгляд зазначених систем дозволить повніше представити їхню конфігурацію, принципи і глибину опису, обумовлені їх взаємодією.



Функціонально-інформаційні зв'язки об'єктів виробництва, системи ТПВ і ВС

Очевидно, що створення $S_{ТПВ}$ не є самоціллю, а підпорядковано побудові S_{BC} . Отже, якщо із системних позицій на концептуальному рівні визначити принципи опису абстрактної ВС, тобто розробити систему опису S_{BC} , то тоді $S_{ТПВ}$ можна розглядати як систему проектних задач, спрямованих на визначення якісних властивостей і кількісних значень параметрів ВС відповідно до системи опису S_{BC} .

Таким чином, система S_{BC} ставить вимоги до конфігурації системи $S_{ТПВ}$, а саме до складу проектних задач, що вимагають свого розв'язання в рамках системи ТПВ при побудові ВС. Система $S_{ТПВ}$, у свою чергу, ставить вимоги до принципів опису і до форм подання конструкторсько-технологічної інформації про об'єкт виробництва (система S_B).

У зв'язку із запропонованим інтегрованим підходом до розгляду зазначених систем початковим об'єктом системно-структурного аналізу є ВС та її системний опис.

ВС відноситься до числа складних технічних систем, які характеризуються широким спектром можливих аспектів розглядання, багаторівневим характером структури, великою розмаїтістю елементів і зв'язків між ними.

Опис ВС і процесів, які там відбуваються, з системних позицій треба здійснювати в трьох напрямках: морфологічному, функціональному та інформаційному.

$$S_{BC} = \{S_{BC}^M, S_{BC}^F, S_{BC}^I\}. \quad (2)$$

Таку складну систему, як функціонування машинобудівного виробництва, практично неможливо одночасно описати і повно, і детально. Основна проблема є у визначенні компромісу між простотою опису, яка є однією із передумов розуміння, і необхідністю урахування численних аспектів функціонування системи, що необхідно для виявлення об'єктивних закономірностей її побудови і функціонування.

Вирішенням цієї проблеми є ієрархічний опис, коли система задається сімейством структурних моделей, кожна з яких описує її з погляду різних рівнів абстрагування, тобто встановлюється ієрархічна співвідпорядкованість підсистем на основі стратифікації супідрядності.

Однак аналіз виробничої системи і задач, які виникають при технологічній підготовці, показує, що стратифікації системи на відповідне число ієрархічних рівнів недостатньо для всебічного її опису. У більшості випадків той самий об'єкт дослідження в межах одного ієрархічного рівня може мати кілька аспектів розгляду, кожен з яких є необхідним для досягнення кінцевої мети. Приклад тому — аналіз окремої технологічної операції.

З погляду стратифікації супідрядності операція являє собою відповідний ієрархічний рівень опису технологічного процесу і при цьому може мати кілька аспектів розгляду, важливість яких для виявлення задач технологічного проектування очевидна. Зокрема, у роботах [9, 10] розглядається структура операції у часовій послідовності її виконання, у [11] — операція як деяка структурна сукупність елементів, які забезпечують її виконання. Тому з метою досягнення повноти опису виробничої системи і виділення необхідного для досліджень складу підсистем доцільно поряд з поняттям «стратифікація супідрядності» ввести поняття «стратифікація суміжності», що визначається характером абстрагування (аспектом розгляду) і встановлює склад суміжних підсистем, які всебічно характеризують об'єкт розгляду на відповідному ієрархічному рівні.

Таким чином, ВС з позицій стратифікації характеризується парою

$$S_{BC} = \{I_{СУП}, I_{СУМ}\}, \quad (3)$$

де $I_{СУП} = (I_{СУП_1}, \dots, I_{СУП_i}, \dots, I_{СУП_n})$ — вектор ієрархічних рівнів (страт супідрядності), на яких описується система; $I_{СУМ}$ — множина страт суміжності, в аспектах якої розглядається система

$$I_{СУМ} = \bigcup_{i=1}^n I_{СУМ}^i = \bigcup_{i=1}^n \left(\bigcup_{j=1}^m I_{СУМ_j} \right)_i, \quad (4)$$

де $I_{\text{СУМ}}^i = (I_{\text{СУМ}_1}, \dots, I_{\text{СУМ}_j}, \dots, I_{\text{СУМ}_{mk}})$ — множина страт суміжності, в аспектах якої розглядається система на i -му ієрархічному рівні.

У загальному випадку кожна система є підсистемою, якщо існує більш високий ієрархічний рівень розгляду об'єкта дослідження.

Утворення підсистем є результатом стратифікації, коли окремо узятий елемент Σ_j системи S_i i -го рівня розгляду отримує на $(i + 1)$ -му рівні своє власне відображення у вигляді структури або сімейства суміжних структур.

Стратифікацію ВС варто розглядати першим етапом системно-структурного аналізу в рамках морфологічного опису.

Порядок здійснення стратифікації має важливе значення для досягнення повноти опису системи. Найбільш доцільно, починаючи з верхнього рівня, відразу визначити страти суміжності, тобто для $I_{\text{СУП}_1}$ визначити

$I_{\text{СУМ}}^1 = \{I_{\text{СУМ}_m}^1\}$. Тим самим визначаються основні аспекти розгляду ВС в цілому. Потім вирішується питання про доцільність подальшої стратифікації супідрядності, і у такому порядку процедура повторюється на кожному ієрархічному рівні, поки не буде досягнуто необхідного і достатнього ступеня деталізації розгляду системи.

Треба мати на увазі, що надмірне укрупнення рівня абстрагування може завадити досягненню поставленої мети дослідження, а надмірна деталізація призвести до необхідності вирішення кола питань, невластивих основній області дослідження. Наприклад, при розгляді технічних засобів оснащення виробничої системи одним із найпростіших елементів, який детально описувати недоцільно, є верстат. Подальший його розгляд як системи вже є задачею конструкторів-верстатобудівників.

Другим етапом є структурний аналіз підсистем, виявлених у результаті стратифікації. При цьому кожна підсистема може розглядатися як самостійний об'єкт із властивими йому законами побудови і функціонування.

Морфологічна і функціональна визначеність об'єкта розгляду при структурному аналізі відображається через його інформаційний опис і характеризується такими ознаками:

- якісною специфікою елементів об'єкта — Z^E ;
- кількістю елементів, які складають об'єкт — E ;
- якісною специфікою взаємозв'язків — Z^{B3} ;
- складом взаємозв'язків елементів — $B3$.

При опису об'єкта особливо важливе значення має правильне визначення якісної специфіки елементів. Необхідно брати до уваги рівень (страту) розгляду об'єкта. У протилежному випадку структурний аналіз не тільки не дає належного ефекту, але й може завести у методичний глухий кут.

При правильному формулюванні якісної специфіки елементів визначення їх кількісного складу в системі не становить великої складності.

Вибір якісної специфіки взаємозв'язків елементів відіграє вирішальну роль у формуванні структури досліджуваного об'єкта і залежить, з одного боку, від задачі дослідження, а з іншого — від якісної специфіки самих елементів. Можливість різнобічного опису ВС на основі використання зв'язків

різної якісної специфіки є одним із доказів доцільності введення стратифікації суміжності, про яку говорилося вище.

Таким чином, при формуванні структури ВС необхідно точно обумовлювати страту супідрядності, яка визначає якісну специфіку елементів, і вказувати страту суміжності, яка визначає якісну специфіку зв'язків.

Третім етапом системно-структурного аналізу є виявлення факторів оточення, що обумовлюють побудову і поведінку підсистеми відповідного рівня.

Оточення ВС в цілому і її окремих підсистем у загальному випадку дуже велике. Для ВС в поле зору дослідника можуть бути включені такі аспекти і фактори оточення, як географічні, геодезичні, екологічні, демографічні, адміністративно-регіональні, галузеві і т. ін.

Зокрема, говорячи про галузевий аспект оточення, доцільно конкретизувати деякі фактори, які впливають на ВС. До них відносяться:

- номенклатура виробів, запланованих до випуску виробничою системою;
- директивні об'ємно-планові характеристики і техніко-економічні показники випуску виробів;
- обсяги та обмеження матеріальних ресурсів на капітальне будівництво і технічне озброєння;
- умови і можливості кооперативних зв'язків у галузевому і регіональному масштабі і т.п.

Для окремих підсистем поряд з деякими названими вище існує також додаткове оточення:

- підсистеми більш високого ієрархічного рівня;
- окремі суміжні підсистеми того ж рівня.

При системно-структурному опису ВС необхідно провести детальний аналіз усіх можливих факторів оточення, тією чи іншою мірою пов'язаних із системою, і потім виявити основні фактори, що обумовлюють її побудову і функціонування, тобто ті, котрі мають важливе значення в інформаційній структурі системи задач ТПВ і побудови ВС.

У загальному вигляді інформаційний опис морфологічної структури S_{BC}^M виробничої системи може бути записаний як опис підсистеми S_j^i i -го аспекту розгляду на j -му рівні.

$$S_j^i \left| \begin{array}{l} E^j = \bigcup_{k=1}^m e_k, \\ C^j = \bigcup_{p=1}^n c_p^e, \\ Z^j = Z_{\text{зар}}^j \cup Z^E \cup Z^{B3}, \end{array} \right. \quad (5)$$

де E^j — множина елементів e , що складають підсистему j -го рівня; C^j — множина зв'язків між елементами в підсистемі j -го рівня; Z^j — множина властивостей і параметрів, що характеризують підсистему;

$Z_{\text{заг}}^j = (Z_{\text{заг}_1}, Z_{\text{заг}_2}, \dots, Z_{\text{заг}_s})$ — вектор загальних властивостей j -ї підсистеми; $Z^E = \bigcup_{k=1}^m Z^{e_k}$ — множина властивостей елементів j -ї підсистеми; $Z^{e_k} = (Z^{e_1}, Z^{e_2}, \dots, Z^{e_t})$ — вектор властивостей, що характеризують k -й елемент; $Z^{\text{BЗ}} = \bigcup_{p=1}^n Z^{\text{BЗ}^p}$ — множина властивостей зв'язків у j -й підсистемі; $Z^{\text{BЗ}^p} = (Z^{\text{BЗ}^1}, Z^{\text{BЗ}^2}, \dots, Z^{\text{BЗ}^v})$ — вектор властивостей, які характеризують p -й зв'язок.

Інформаційний опис функціональної структури виробничої системи S_{BC}^{Φ} складається з опису матеріальних та інформаційних потоків

$$S_j^{\Phi} = \{M_j^{\text{МП}}, M_j^{\text{П}}\}, \quad (6)$$

де S_j^{Φ} — функціональна підсистема j -го рівня ВС; $M_j^{\text{МП}} = \bigcup_{\tau=1}^{\varphi} F_{\tau}$ — модель матеріальних потоків на j -му рівні ВС; τ — кількість видів матеріальних потоків у ВС; $F_{\tau} = (F_1, F_2, \dots, F_{\psi}, \dots, F_{\alpha})$ — функціональна підсистема τ -го матеріального потоку; $F_{\psi} = (m, f, c)$ — опис i -го функціонального блоку; $m = (m_1, m_2, \dots, m_{\beta})$ — вектор характеристик матеріального об'єкта; $f = (f_1, f_2, \dots, f_{\chi})$ — вектор характеристик реалізованої функції; $c = (c_1, c_2, \dots, c_{\delta})$ — вектор характеристик цілі або місця реалізованої функції; $M_j^{\text{П}} = \{W_K^{\text{T}}, W_K^{\text{OT}}, W_K^{\text{OE}}\}$ — модель j -го рівня ВС, яка містить інформаційні потоки технологічного W_K^{T} , організаційно-технічного W_K^{OT} , організаційно-економічного керування W_K^{OE} .

Ці види інформаційних потоків варто розглядати як деякі множини окремих інформаційних каналів W_{K_r} з відповідними характеристиками

$$\forall W_{K_r} \in M_j^{\text{П}}, \quad (7)$$

$$W_{K_r} = \{K, W, I\} \in W_K, \quad (8)$$

де W_{K_r} — опис r -го інформаційного каналу; $K = (K_1, K_2, \dots, K_m)$ — вектор характеристик процесу контролю; $W = (W_1, W_2, \dots, W_l)$ — вектор характеристик інформації; $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ — вектор характеристик акту керування.

Варто звернути увагу на те, що при розгляді принципів системного аналізу використовувався найбільш загальний термін — виробнича система. При цьому передбачалося, що запропоновані принципи повинні в однаковій мірі задовольняти вимоги опису ГВС як найбільш технічно розвинутої форми ВС.

Викладені принципи системного аналізу і опису S_{BC} є основою для виявлення і структурного упорядкування множини властивостей, параметрів і характеристик елементів ВС. Тим самим може бути забезпечена необхідна повнота і обґрунтована логічна структура бази даних опису ВС.

Це, у свою чергу, гарантує повноту виявлення складу проектних задач, які вимагають вирішення при ТПВ для визначення якісних властивостей і характеристик, а також кількісних значень параметрів створюваної ВС. Саме в цьому і проявляється ефективність інтегрованого підходу, заснованого на аналізі взаємодії S_{BC} і $S_{ТПВ}$.

На відміну від S_{BC} система ТПВ і проектування ВС ($S_{ТПВ}$) являє собою суцільно інформаційну систему. Її функції в загальному вигляді можна сформулювати як процес перетворення інформації про об'єкт виробництва та умови його виготовлення в інформацію про параметри і властивості ВС, яка найбільш ефективно реалізує процес виготовлення.

Конкретизація і деталізація функцій цілком і повністю визначається складом проектних задач, що включаються в $S_{ТПВ}$.

Проектна задача ТПВ розглядається як сукупність процедур, які виконані у певній логічній послідовності з метою визначення конкретного значення параметрів або властивостей елемента ВС. Результат вирішення проектною задачею знаходить своє відображення у вигляді відповідного реквізиту в тій або іншій формі документа, яку прийнято в системі ТПВ.

З введенням поняття «проектна задача» стає можливим установити прямий взаємозв'язок між системою опису S_{BC} і системою $S_{ТПВ}$, а саме поставити у відповідність окремим параметрам опису ВС відповідні проектні задачі (комплекси задач) ТПВ.

Побудова системи $S_{ТПВ}$, яка базується на системно-структурному аналізі, вимагає:

- проведення стратифікації системи;
- визначення задач (множини елементів Σ), які складають системи, що взаємозалежно з визначенням оточення системи H ;
- виявлення складу зв'язків V між задачами.

Усе це в остаточному підсумку визначає структуру системи σ , що особливо важливо для встановлення її експлуатаційних характеристик з позицій користувача, а саме функціональної структури її реалізації та організаційної структури експлуатації системи.

Стратифікація системи $S_{ТПВ}$ повинна здійснюватися у повній відповідності до страт, прийнятих при опису S_{BC} , тобто задачі системи $S_{ТПВ}$ повинні бути стратифіковані за тими ж рівнями і аспектами розгляду, що визначені для S_{BC} , тобто

$$\{I_{СУП}, I_{СУМ}\}_{S_{BC}} \equiv \{I_{СУП}, I_{СУМ}\}_{S_{ТПВ}} \quad (9)$$

Склад задач системи перебуває у прямій залежності від структури інформаційного опису S_{BC} , тобто від складу параметрів і властивостей, які характеризують S_{BC} на всіх ієрархічних рівнях і в усіх аспектах розгляду.

Найбільш важливим моментом у побудові системи $S_{\text{ТПВ}}$ є визначення складу інформаційних зв'язків між окремими задачами.

На першому рівні інформаційний опис усієї системи в цілому складається з такої інформації:

$W_{\text{вх}}$ — вхідної інформації про конструктивно-технологічні характеристики об'єктів виробництва та об'ємно-планові характеристики випуску;

$W_{\text{вих}}$ — вихідної інформації, яка відображає кількісні значення параметрів і якісні характеристики властивостей створюваної ВС у вигляді відповідного комплексу проектно-технологічної документації;

$W_{\text{зов}}$ — зовнішньої інформації про стан оточення системи $S_{\text{ТПВ}}$, інакше кажучи, інформації про умови, обмеження і критерії побудови ВС.

Традиційно вхідною інформацією для ТПВ є конструкторська документація про об'єкт виробництва, яка визначається необхідною повнотою інформації. Однак конструкторська документація має істотний недолік — вона призначена для візуального сприйняття і вивчення, що вимагає від технолога високої професійної кваліфікації. Якість вивчення та об'єктивність сприйняття конструкторської документації значною мірою впливають на раціональність технологічного проектування.

Разом з тим інформація, отримана в результаті візуального вивчення креслень, є особистим надбанням технолога і не може бути багаторазово використана колективом фахівців без здійснення кожного ж процесу візуального вивчення.

Тільки формалізований запис інформації про конструктивно-технологічні характеристики об'єкта виробництва забезпечує її багаторазове використання, дозволяє вносити формалізовані прийоми у творчу діяльність технологів, створює передумови для автоматизації вирішення задач у системі ТПВ.

Структура необхідного і достатнього складу вхідної інформації, яка представляє собою основу системи $S_{\text{В}}$ опису об'єкта виробництва, є наслідком потреби системи $S_{\text{ТПВ}}$ в інформації. Тим самим доводиться доцільність інтегрованого системно-структурного підходу (див. рисунок). Отже, проблема розробки системи інформаційного опису об'єкта виробництва може бути успішно вирішена тільки на основі створення системи $S_{\text{ТПВ}}$.

Вихідна інформація системи $S_{\text{ТПВ}}$ за своєю структурою цілком і повністю повинна задовольняти структуру інформаційного опису $S_{\text{ВС}}$. Разом з тим вона вимагає подальшого вивчення і обґрунтування складу і форми вихідної документації, яка регламентує створення та експлуатацію ВС. При цьому необхідно враховувати накопичений досвід у розробці Єдиної системи технологічної документації.

Зовнішня інформація визначає ресурсні обмеження, які необхідно враховувати при ТПВ і побудові ВС. Ці обмеження можуть носити двоякий характер:

директивний, коли на відомчому або галузевому рівні визначаються умови побудови ВС;

об'єктивний, коли можливості побудови ВС визначаються реальним станом науково-технічного забезпечення.

Інформаційна структура всієї системи може бути розроблена тільки на основі спільного аналізу морфологічного аспекту системи $S_{ТПВ}$ і інформаційного опису окремих задач системи.

Морфологічним аналізом системи $S_{ТПВ}$ визначається склад задач Σ .

З концептуального опису кожної задачі $\Sigma_i \in \Sigma$ в рамках морфологічного аналізу виникає необхідність її інформаційного опису. У загальному вигляді інформаційний опис елемента Σ_i системи будь-якого ієрархічного рівня може бути розділений на п'ять груп інформації.

Перша група — вихідні оперативні дані W'_0 :

необхідні для Σ_i -задачі параметри і характеристики конструкції об'єкта виробництва із системи S_B ;

об'ємно-планові характеристики випуску об'єкта виробництва;

необхідні оперативні дані, отримані в результаті вирішення ряду попередніх задач у системі $S_{ТПВ}$.

Друга група — постійна інформація $W'_п$, що містить необхідні для Σ_i -задачі нормативно-довідкові дані. До них відносяться різного роду коефіцієнти, нормативи, класифікатори типових рішень, типажі технічних засобів і т.п.

Третя група поєднує умовно-постійну інформацію $W'_{уп}$, що характеризує ресурсні обмеження на прийняття проектних рішень за Σ_i -задачею, і є результатом прийнятих границь оточення H і його характеристик $W'_{уп} \subset W'_{зов}$.

До одного з видів таких обмежень відносяться, наприклад, вимоги використання у ВС тільки наявного складу обладнання, оснащення або інструмента. Іншим видом обмежень є встановлений режим роботи ВС (наприклад, змінність).

Четверта група:

методика та алгоритм розв'язання задачі;

програмно-математичне забезпечення (ПМЗ) вирішення задачі засобами обчислювальної техніки;

інженерні інструкції для користувача.

П'ята група поєднує всю вихідну інформацію, отриману в результаті вирішення задачі. Цю інформацію доцільно розділити на нормативну, оперативну, контрольну.

Нормативна інформація $W''_н$ знаходить безпосереднє відображення у технологічній і технічній документації, яка регламентує виробничий процес і побудову ВС.

Оперативна $W''_о$ — не відбивається у вихідній документації, розробленій при ТПВ, однак є необхідною для вирішення ряду наступних задач у системі $S_{ТПВ}$.

Контрольна W_k'' є різновидом нормативної, але має свою специфіку. Вона використовується не тільки при побудові ВС, але і на стадії її функціонування в рамках експлуатації відповідних систем і підсистем керування.

Зазначені три види вихідної інформації, хоча і розділені за своїм цільовим призначенням, проте можуть бути пересічними підмножинами. Наприклад, норма часу на операцію одночасно є нормативною, оперативною і контрольною інформацією.

Таким чином, Σ_i -задача цілком інформаційно визначена, коли визначений склад інформації всіх п'яти груп. Задача вважається поставленою, коли визначений склад інформації 1, 2, 3 і 5-ї груп. Задача вважається сформульованою, коли визначений склад інформації 3 і 5-ї груп.

Першочерговим є визначення складу вихідної інформації (група 5), яка характеризує цільове призначення задачі. Потім визначається необхідний склад вхідної інформації з груп 1 – 3. На основі спільного розгляду вхідної і вихідної інформації приймається рішення про методичний підхід до вирішення задачі, розробляється методика, алгоритм і ПМЗ. За результатами розробленої методики вносяться корективи до складу вхідної інформації.

Важливий факт: склад вхідної і вихідної інформації по кожній задачі обумовлює їхні взаємозв'язки V у системі $S_{ТПВ}$. В остаточному підсумку, використовуючи множини Σ і V , визначається інформаційна структура системи $S_{ТПВ}$.

ВИСНОВКИ

Викладені принципи інтегрованого системно-структурного аналізу та інформаційного опису систем S_B , $S_{ТПВ}$ і $S_{ВС}$ є методичною основою для безпосереднього їхнього формування на концептуальному рівні, а також розробки конкретних напрямків і об'єктів стандартизації в рамках морфологічного, функціонального та інформаційного опису цих систем.

Системні принципи дозволяють найбільш повно і всебічно поглянути на проблеми технологічної підготовки, проектування та експлуатації ГВС. Використання системно-структурних принципів аналізу створює сприятливі умови для широкого застосування при ТПВ ГВС таких розділів математики, як теорія множин, комбінаторика, теорія графів, теорія матриць, математична логіка і т. ін. Це дозволяє замінити недостатньо точні описи окремих понять і правил формальними і короткими математичними моделями, що значно зменшує трудомісткість проектування ГВС і, як наслідок, підвищує ступінь обґрунтованості прийняття рішень, а також знижує імовірність появи помилок при проектуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Основы автоматизации машиностроительного производства* / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др. / Под ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Высш. шк., 2001. — 312 с.

2. *Проектирование* автоматизированных участков и цехов / В.П. Воронко, В.А. Егоров, М.Г. Косов и др. / Под ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Высш. шк., 2000. — 272 с.
3. *Стенина М.А., Лапковский С.В.* Выбор промышленных роботов, применяющихся при загрузке металлорежущих станков ГПС // *Нові технології. Наук. вісник Ін-ту економіки та нових технологій ім. Ю.І. Кравченка.* — 2002. — № 1. — С. 42 – 47.
4. *Акофф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах / Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1974. — 272 с.
5. *Дружинин В.В., Конторов Д.С.* Проблемы системологии (проблемы теории новых систем). — М.: Сов. радио, 1976. — 295 с.
6. *Месорович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем / Пер. с англ. — М.: Мир, 1973. — 344 с.
7. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. — М.: Высш. шк., 1989. — 367 с.
8. *Холл А.Д.* Опыт методологии для системотехники / Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1975. — 448 с.
9. *Цветков В.Д.* Система автоматизированного проектирования технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1972. — 240 с.
10. *Чарнко Д.В.* Основы выбора технологического процесса механической обработки. — М.: Машгиз, 1969. — 227 с.
11. *Полуянов П.Г.* Структурные преобразования в технологии механосборочного производства. — М.: Машиностроение, 1973. — 280 с.

Надійшла 20.05.2003