

## О СПЕЦИФИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Доц. СВИРСКИЙ Д.Н. (ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ НАН БЕЛАРУСИ)

Развитие систем производства, как и других искусственных систем, созданных с целью достижения определенного результата, идет по пути увеличения главного полезного эффекта. Общие закономерности эволюции технических систем [1], таким образом, справедливы и в отношении производственных систем (ПС). В цикле развития технической системы выделяют фазы "развертывания" и "свертывания" [2]. Начиная с момента своего возникновения система экстенсивно увеличивает главный полезный эффект, "обрастает" множеством дифференцированных и специализированных компонентов. Затем развитие системы сталкивается с объективными ограничениями экстенсивного роста (экономическими, экологическими, эргономическими), и начинается период свертывания, повышения уровня идеальности.

Высокая степень развертывания (громоздкость) современных ПС вступило в противоречие с необходимостью ограничения ресурсоемкости. Это особенно заметно в связи с тенденцией к повышению гибкости ПС для оперативного и всестороннего обеспечения потребителей постоянно расширяющимся ассортиментом изделий и услуг. Таким образом, достигнув пика экстенсивного развертывания, современные ПС перешли на вторую ветвь кривой развития - ветвь свертывания. Свертывание (повышение идеальности) может осуществляться тремя путями. Первый путь заключается в интенсивном развитии и совершенствовании подсистем при почти неизменной структуре ПС. Именно этим путем развивалось современное машиностроение, разрабатывая и внедряя ГАЛ, ГПС, ГМП (ГПЯ). Основной акцент при этом делался на увеличение полезного эффекта за счет использования резервов компоновки комплекса новых технических средств, реализующих традиционные технологические методы. Менее популярны два других пути свертывания ПС:

- за счет выполнения основной части функций ПС какой-либо подсистемой и далее "идеальным веществом". Это направление связано с широким использованием новых физико-технических эффектов, "высоких технологий";

- за счет передачи части функций ПС в надсистему. Это направление предусматривает, в частности, определение оптимального уровня специализации и концентрации производства, осуществление сквозной автоматизации на основе компьютерной интеграции элементов производственного процесса и т.п.

Наиболее полное повышение степени идеальности может быть реально достигнуто в компактной, т.е. ресурсонеизбыточной, ПС при последовательном использовании всех трех указанных направлений. При этом принципиально важен порядок проведения работ по созданию (совершенствованию) ПС: 1) принятие организационного решения ПС, оптимально взаимодействующей с надсистемой; 2) принятие прогрессивного технологического решения; 3) принятие технического решения по рационализации конфигурации комплекса технических средств (КТС).

Компактность ПС достигается прежде всего за счет правильного организационного решения на уровне макропроектирования (свертывание с помощью надсистемы экономики). Следующим по важности фактором обеспечения компактности является верное структурно-технологическое решение ПС на стадии ее функционального проектирования (свертывание с помощью прогрессивных технологий). И наконец, последний уровень обеспечения компактности представляет собой удачное техническое решение компоновки ПС (свертывание путем рационализации компонентов КТС).

Основными принципами создания КПС являются следующие:

- соответствие конфигурации КПС цели ее создания (I);
- функциональная достаточность КПС (II);
- локализация функционального инварианта (III);
- оптимальное соотношение затрат на функциональный инвариант и лабильный компенсатор (IV).

Принцип соответствия конфигурации системы ее цели в концентрированной форме выражает то, что, во-первых, цель (Z) является системообразующим фактором; во-вторых, поставленная цель может быть достигнута в той или иной степени созданием и/или использованием множества конфигураций ПС {K}; в-третьих, достижение цели осуществляется выбранной конфигурацией ПС, т.е. составом (A) и структурой (St), посредством выполнения иерархически организованных функций (F):  $Z \Rightarrow \{F\} \Rightarrow \{K\} = \{St, A\}$ .

Принцип функциональной достаточности регламентирует степень параметрической реализации функций любого уровня иерархии не выше минимального необходимого значения для достижения цели КПС, т.к. любое превышение этого значения ведет неоправданному увеличению затрат на создание и эксплуатацию КПС:  $L_f = [L_f] \Rightarrow L_3 = L_{3 \text{ opt}}$

Принцип локализации функционального инварианта позволяет на основе принципа (I) выделить общие существенные (инвариантные) элементы множеств целей, функций и конфигураций многоцелевых КПС:

$$\text{Inv } \{Z\} \Rightarrow \text{Inv } \{F\} \Rightarrow \text{Inv } \{K\} = \text{Inv } \{St, A\}$$

Принцип оптимального соотношения затрат на функциональный инвариант и лабильный компенсатор (адаптер) указывает на существование наилучшего варианта распределения взаимозамещаемых ресурсов на реализацию постоянной и переменной частей КПС в соответствии с их функциональной значимостью (важностью):

$$\frac{L_3 (\text{Inv})}{L_3 (\text{adp})} = \frac{R F_{\text{Inv}}}{R F_{\text{adp}}}$$

Проектирование ПС как сложного (социо)технического объекта осуществляется по этапам: согласование технического задания; техническое предложение; эскизный проект; рабочее проектирование; изготовление опытного образца; испытание [3], выполнение которых традиционно регламентируется государственными и отраслевыми стандартами. Проектирование компактных ПС носит ярко выраженный творческий характер. В этом процессе находит свое отражение перечисленная последовательность стандартных этапов проектирования. Однако, при их выполнении заметны отличия от заказного проектирования серийно создаваемых ПС. В условиях широкономенклатурного мелкосерийного производства, где должна функционировать КПС, весьма сложно четко сформулировать техническое задание на ее проектирование. Поэтому на этапе макропроектирования правильнее ставить и решать задачу идентификации профиля КПС на основе систематизации маркетинговой информации, а затем определять требуемые квалиметрические показатели КПС.

Профиль ПС - это область ее эффективного функционирования в ассортиментном континууме потенциальной продукции. В работе [4] под областью эффективного функционирования ПС рекомендуют понимать интервал значе-

ний оценок, характеризующих условия ее функционирования, внутри которого данная система достигает заданных целей с относительно меньшими по сравнению с другими взаимозаменяемыми системами затратами материальных, трудовых, энергетических, информационных и программных ресурсов при соблюдении нормативов социальных условий и состояния окружающей среды.

Экономический аспект структуры континуума потенциальной продукции характеризуется стоимостными показателями единицы продукции определенного вида (прежде всего теоретической прибылью) и расчетным объемом ее выпуска, который определяется маркетинговым исследованием емкости рынка.



Квалиметрический аспект разнообразия продукции и профиля КПС можно охарактеризовать следующим упорядоченным множеством:

$$\{ L_{11} P_{11}, \dots, L_{m1} P_{m1}, N_1; \dots; L_{1k} P_{1k}, \dots, L_{lk} P_{lk}, N_k \},$$

где  $P_{lk}$  - значение  $l$ -го показателя качества  $k$ -го вида продукции;  $L_{lk}$  - вес  $l$ -го показателя качества  $k$ -го вида продукции;  $N_k$  - объем выпуска  $k$ -го вида продукции.

Определение оптимальной номенклатуры изделий для ГПС в последнее время иногда осуществляют с помощью автоматизированных систем классификации деталей на основе теории распознавания образов. К сожалению, автоматизация процедуры поиска оптимального профиля КПС и выделения конструктивного инварианта продукции на основе методов распознавания затрудняется тем, что в автоматизированных системах распознавания признак существенности, как правило, заменяется признаком общности, тем самым не учитывается различие между существенными и несущественными признаками. Предположим, что существенность (несущественность) общих признаков может быть определена в прагматическом аспекте. Тогда имеет смысл связывать существенность того или иного признака продукции с точки зрения максимизации возможной прибыли при ее реализации. На основе выявленных таким образом признаков можно определить конструктивный (целевой) инвариант КПС.

После определения профиля КПС и выделения конструктивного инварианта продукции проводится анализ технологических принципов, методов, способов и схем с целью выявления технологического (функционального) инварианта КПС. Процедура перехода от конструктивного инварианта к технологическому может быть формально описана с помощью тензора:  $F_j = t_j Z$

Определение технологического инварианта конкретной КПС - сложный итерационный процесс. В ходе него корректируется конструктивный инвариант КПС и претерпевает изменения первоначальный профиль КПС. Ключевым моментом выбора принципиального физико-технического эффекта (или нескольких ФТЭ) в качестве средства реализации технологического инварианта является относительно широкая универсальность ФТЭ в сочетании с известной простотой технического воплощения.

При проектировании технического устройства, реализующего технологический инвариант в КТС компактной системы целесообразно руководствоваться принципом функционального модуля. В определенном смысле конфигурация КПС состоит всего из двух функционально-структурно и пространственно обособленных компонентов: технического инварианта и технического адаптера. Последний реализует адаптирующие (обеспечивающие) функции-технологии.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники. - Волгоград: ВПИ, 1985 - 202с.
2. Саламатов Ю.П. Как стать изобретателем. - М: Просвещение, 1990 - 240с.
3. Сольнищев Р.И., Кононюк А.Е., Кулаков Ф.М. Автоматизация проектирования гибких производственных систем. - Л.: Машиностроение, 1990 - 415с.
4. Системное проектирование радиоэлектронных предприятий с гибкой автоматизированной технологией /Под ред. В.А. Мясникова и Ф.Е. Темникова. - М.: Радио и связь, 1990 - 296с.