

## ДЕКОМПОЗИЦИОННО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

проф. В.А. Попов

*Предлагается подход к анализу сложных систем (СС), основанный на принципе постепенной формализации, что позволяет построить процедуры декомпозиции СС с последующей параметризацией с целью формулирования задач оптимизации всей систем в целом, а также её отдельных фрагментов (управляемой и управляющей, функциональной и обеспечивающей частей системы).*

**Введение и постановка задачи.** В целом ряде работ [1 – 4] рассматриваются и предлагаются системные средства анализа больших систем, что является теоретической базой для прикладных исследований в конкретных предметных областях. В связи с этим при проведении системного анализа нужно прежде всего проанализировать ситуацию (процесс, объект и др.) с помощью как можно более полного определения системы (Клир), а затем, выделив наиболее существенные компоненты, влияющие на результат анализа, сформулировать рабочее определение системы, которым должны пользоваться лица, участвующие в проведении анализа. Заметим, что рабочее определение системы может расширяться или сужаться в зависимости от хода анализа. В данной работе предлагается системный декомпозиционно-параметрический подход, основанный на принципе постепенной формализации в отношении рабочего определения системы.

**Системная декомпозиционно-параметрическая модель (СДПМ).** Заметим, что для более полного описания системы целесообразно введение трёх видов иерархий: страты, слои, эшелоны [1]. Выбор страт анализируемой системы определяется системным аналитиком в интересах поставленной цели исследования. Однако в некоторых случаях некоторые страты являются для ряда систем вполне естественными, внутренне им присущими. Между разными стратами трудно найти явную зависимость, так как на каждой страте имеется свой собственный набор терминов, концепций, принципов. На нижних стратах получаем более детальное раскрытие системы, на верхних стратах яснее становится смысл и значение всей системы, что особенно важно для оценки влияния внешней среды.

Слои определяют уровни сложности принимаемых решений, когда решение разбивается на семейство последовательно распределённых более простых, так что решение всех простых проблем позволяет решить исходную сложную проблему. Так, например, главная сложная цель может быть разложена на ряд более простых (чётких, более определённых по сравнению с главной целью).

Эшелоны, как понятие иерархии, предполагают возможность выделения из системы семейства взаимодействующих подсистем, когда одни из них испытывают влияние управления от более старших по значимости подсистем. Этот вид иерархии можно наблюдать при анализе многоуровневой системы управления как организационной структуры.

Заметим, что приведенные ключевые понятия страты, слои, эшелоны предполагают их использование для синтеза систем управления в иерархических производственных структурах [1, 5]. Данная проблема является главной для целого ряда объектов, нуждающихся в разработке и применении (использовании) АСУ.

Кроме того, для современных рыночных условий характерна необходимость в постановке и решении задач оптимизации функционирования и развития управляемой системы (реинжиниринга), что требует в свою очередь создание системной модели, на основе которой можно было бы более чётко и формализовано ставить и решать указанные задачи. В этом смысле предлагаемая СДПМ (рис. 1) представляет собою одну из возможностей для начальной формализации задач рационального синтеза управляемой и управляющей частей сложной системы.

Отметим основные особенности модели:

1) декомпозиция и параметризация должны соответствовать целям проводимого системного анализа;

2) глубина декомпозиции зависит от необходимости получения параметров для соответствующих критериев эффективности в заданной цели анализа;

3) критерии эффективности системы или её фрагментов строятся как функция от их параметров;

4) в случае анализа автоматизированного комплекса (АК) (промышленное предприятие и др.) [1] целесообразно выделить управляемую часть системы (УС) и управляющую часть или систему управления (СУ).

Выделение как первичной функциональной части системы в целом или ее подсистем по отношению к обеспечивающей части.

Примерная схема системной декомпозиционно-параметрической модели представлена на рис.1.

$$S_i \in S, S_i - \text{подсистемы системы } S$$

$$S_i \in S, S_i - \text{подсистемы системы } S$$

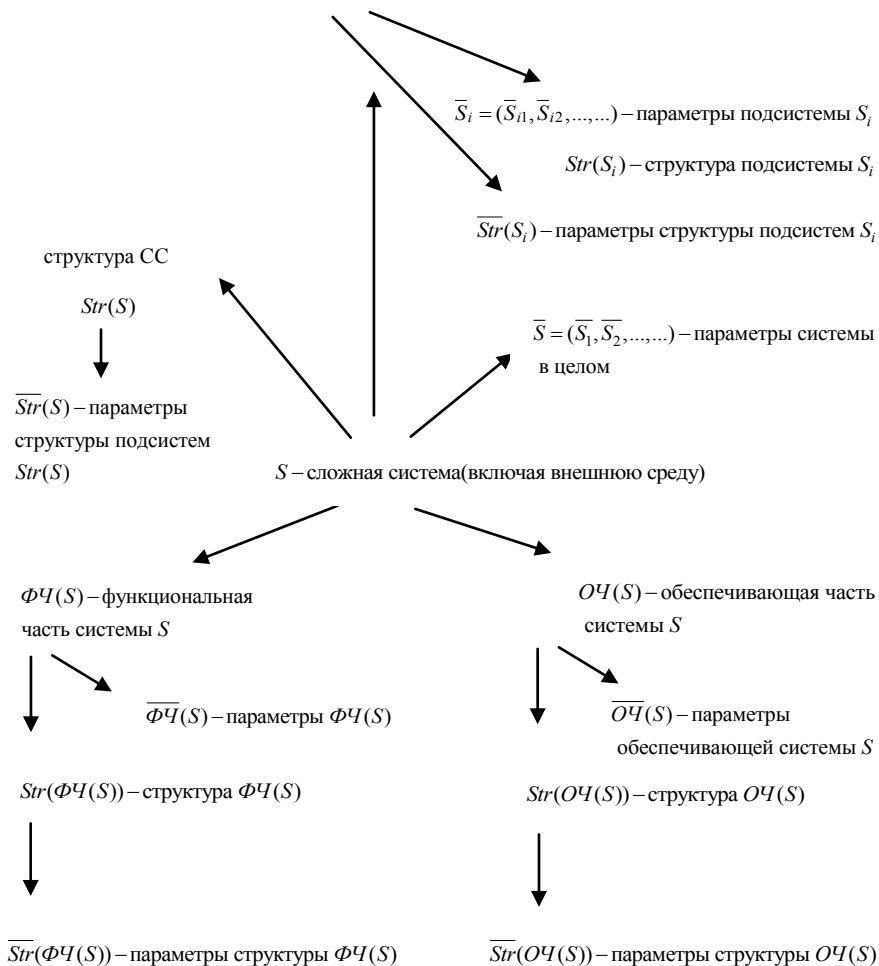


Рис. 1. Подход к декомпозиции и параметризации сложных систем

Рассмотрим интегральные оценки системы, где в качестве фрагмента системы возьмем бизнес-процесс.

По сравнению с традиционным подходом процессы обладают определенными преимуществами. Действительно, трудно или невозможно измерить достоинства иерархической структуры, в то время как при ориентации на процессы специалисты имеют дело с четко оцениваемыми параметрами. Различают качественные и количественные параметры

бизнес-процесса. Качественными параметрами процесса принято считать результативность  $\overline{C}_1$ , эффективность  $\overline{C}_2$  и адаптируемость  $\overline{C}_3$ .

Результативность  $\overline{C}_1$  (effectiveness) описывает соотношение полученного результата и того, чего хотят или ожидают заказчики. Результативность можно повысить через улучшение качества продуктов или услуг (выходов), которые предприятие поставляет на рынок. В зависимости от ситуации результативность может быть повышена путем перепроектирования процессов или продуктов и услуг.

Эффективность  $\overline{C}_2$  (efficiency) показывает, как хорошо выполняются процессы. Большая эффективность может быть достигнута только через улучшение процессов. Предприятие может улучшить эффективность, например, сокращая затраты или продолжительность бизнес-процессов. Иногда результативность называют внешней эффективностью, измеряющей достижение целей организации, а просто эффективность – внутренней эффективностью, экономичностью, измеряющей наилучшее использование ресурсов и оптимизацию процессов в организации.

Адаптируемость  $\overline{C}_3$  (adaptability) свидетельствует о том, насколько хорошо процесс способен реагировать на изменения в окружающей среде. Признание важности адаптируемости пришло совсем недавно. Сегодня бизнес-процессы, для того чтобы они служили достижению целей, не могут быть застывшими, как раньше. Понимание адаптивности — изменения неизбежно и бизнес-процессы могут и должны адаптироваться, что является краеугольным камнем в проектировании надежного бизнес-процесса.

К количественным параметрам бизнес-процесса относятся производительность, длительность (или продолжительность), стоимость, количество входов и выходов. Производительность  $\overline{C}_4$  (productivity) — это отношение количества единиц на выходе к количеству единиц на входе. Длительность  $\overline{C}_5$  (process time, cycle time) — это время, которое необходимо для выполнения процесса, или, другими словами, промежуток времени между началом процесса и его завершением. Стоимость процесса  $\overline{C}_6$  (process cost) — это совокупность всех затрат в денежном исчислении, которые необходимо произвести для однократного выполнения процесса.

Интегральный критерий оценки процесса можно представить как некоторую функцию  $F$  от параметров

$$F - f \in (\overline{C}_1, \overline{C}_2, \overline{C}_3, \overline{C}_4, \overline{C}_5, \overline{C}_6).$$

Деятельность по разработке модели существующих бизнес-

процессов направлена на создание образа текущего состояния бизнес-процессов, т.е. создания модели "как есть", и состоит из:

- сбора информации о процессах;
- построения структурной модели процессов;
- детального моделирования процессов;
- измерения процессов.

Таким образом, приведенные выше интегральные количественные и качественные оценки являются дополнением к предложенной СПДМ, на основе которых могут быть сформулированы задачи анализа и оптимизации, системы.

**Пример.** В качестве примера сложной системы  $S$  рассмотрим крупно масштабный проект производственно-транспортной системы [7]. Декомпозицию системы  $S$  на подсистеме  $S = \langle S_1, S_2, \dots \rangle$  выполним следующим образом. С учетом времени  $t \in T$ :

$$S(t) = \langle YC(t), CY(t) \rangle,$$

где  $YC(t)$  – управляемая подсистема;  $CY(t)$  – система управления (управляющая подсистема).

Теперь представим структуру системы  $S$  в виде

$$\text{Str}(S, t) = \langle \text{Str}(YC, t), \text{Str}(CY, t), \Gamma(t) \rangle,$$

где  $\text{Str}(YC, t)$  – структура управляемой подсистемы;  $\text{Str}(CY, t)$  – структура системы управления;  $\Gamma(t)$  – отображение  $\text{Str}(CY, t)$  на  $\text{Str}(YC, t)$ .

В свою очередь  $\text{Str}(YC, t)$  представляет собой взаимосвязанную совокупность следующих множеств:

$$\text{Str}(YC, t) = \langle E_1(t), E_2(t), A(t), \Pi(t) \rangle,$$

где  $E_1(t)$  – множество производственных элементов системы  $S(t)$ ;  $E_2(t)$  – множество транспортных элементов системы  $S(t)$ ;  $A(t)$  – множество структурных отношений (связей) на  $E_1(t), E_2(t)$ ;  $\Pi(t)$  – множество плановых заданий.

На системе  $S(t)$  можно ввести характеристики  $\bar{S}(t)$  через характеристики ее элементов  $\bar{E}(t) = \bar{E}_1(t) \cup \bar{E}_2(t)$ .

Вышеизложенное позволяет сформулировать задачи управления развитием производственно – транспортной структуры системы  $\text{Str}(YC, t)$  в виде определения оптимального плана в смысле некоторого обоснованного критерия развития системы, включающего размещение, техническое обеспечение и специализацию элементов системы в динамике их развития и функционирования; выбор укрупненной технологии развития элементов, включая форму и очередность их ввода в эксплуатацию, выбор вариантов их развития с учетом рационального соотношения между реконструкцией действующих и созданием новых объектов, определение

направлений и объемов транспортировки продукции, определение потребности в ресурсах с распределением их между объектами и во времени. В качестве критериев можно использовать: минимум общих приведенных затрат на развитие системы и максимум достигаемой «эффективности» системы в конце планируемого периода или интегрально на всем горизонте планирования  $F(\bar{S}, t)$ . Для решения такого рода задач необходимо применение целого комплекса взаимосвязанных моделей и формализованных методов их взаимодействия [7].

**Заключение.** Таким образом, в работе предлагается подход к анализу сложных систем, основанный на принципе постепенной формализации, что позволяет построить процедуры декомпозиции СС с последующей параметризацией с целью формулирования задач оптимизации всей систем в целом, а также её отдельных фрагментов (управляемой и управляющей, функциональной и обеспечивающей частей системы).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Месарович М., Мако Д., Текахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М.: Мир, 1973. — 375 с.
2. Волкова В.И., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. — С.-Пб.: СПбГГК, 1997. — 510 с.
3. Валуев С.А., Волкова В.Н., Градов А.П. Системный анализ в экономике и организация производства. — Л.: Политехника, 1991. — 398 с.
4. Дружинин В.В., Конторов Д.Е. Проблемы системологии. — М.: Сов. радио, 1976. — 296 с.
5. Подчасова Т.П., Лагода А.П., Радницкий А.Ф. Управление в иерархических производственных структурах. — К.: Наук. думка, 1989. — 184 с.
6. Перегудов Ф.И. Основы системного проектирования АСУ организационными комплексами. — Томск, 1984. — 177 с.
7. Карибский А.В., Чвиркун А.Д., Шиширин Ю.Р. Модели развития структуры крупномасштабных производственных транспортных систем // Автоматика и телемеханика. — 1989. — №2. — С. 116 — 131.

Поступила 11.08.2004

**ПОПОВ Вячеслав Алексеевич**, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры Национального аэрокосмического университета «ХАИ». Область научных интересов — моделирование сложных систем.

---