

УДК621.395

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

С.Г. Ситников, ректор СибГУТИ, д.т.н., профессор
Н.Г. Репина, соискатель СибГУТИ; repina75@bk.ru

Ключевые слова: комплекс технических средств, система оперативного управления, техническая модель

Как известно, при создании различных систем управления (СУ) предприятиями, таких как автоматизированная система управления предприятием (АСУП), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП), система оперативного менеджмента (СОМ), разработчики сталкиваются с отсутствием методики построения модели комплексов технических средств (КТС), определяющей их функциональные возможности, структуру и состав.

В разное время этим вопросам было посвящено большое число работ, носящих, однако, узкоспециализированный характер. Предложенные в них методы ориентированы, в основном, на синтез внутренне однородных систем, тенденции развития которых остаются достаточно устойчивыми или плавно изменяются на рассматриваемом временном интервале [1, 2, 3]. Кроме того, эти методы весьма специфичны и не позволяют достаточно полно представить контуры и структуру модели КТС, его поэлементный состав, а также слабо ориентированы на использование в системах автоматизированного проектирования (САПР).

В статье предпринята попытка решения данного вопроса в рамках концептуальной однородности создания и развития КТС как аппаратной части реализационного инструментария СОМ [3, 4].

В процессе разработки модели КТС следует особо выделить начальный (системный) этап, который определяет весь ход разработки в целом. На этом этапе выявляются и конкретизируются основные стратегические и тактические направления решения научных проблем, возможные варианты достижения поставленных целей, определяется техническая модель КТС и решаются вопросы ресурсного обеспечения разработок.

Под технической моделью будем понимать дескриптивную модель конкретного типа будущего КТС, включа-

ющую его подсистемы и элементы, их функциональные связи, а также состав технических и технологических проблем, решение которых обеспечивает достижение необходимых функциональных характеристик элементов, подсистем и КТС в целом. Кроме того, структура такой модели определяет информационно-технологические и организационно-экономические связи между функциональными модулями. Так, структурно-функциональная модель СОМ предопределяет состав и размещение технических средств КТС, а также информационную технологию оперативного управления [4].

Особенности ранних этапов разработок КТС заключаются в следующем:

- возможность создания КТС по нескольким вариантам;
- необходимость проведения прогнозных исследований КТС, основных подсистем и элементов, их структурной и информационной интеграции;
- учет большого числа взаимосвязанных (и часто противоречивых) факторов, влияющих на ход разработки КТС;
- вероятностный характер планирования и хода разработки КТС.

Большое число возможных проектных решений при постоянно возрастающей сложности КТС и дефиците времени на их создание часто приводит к выбору не самого лучшего варианта. Это, в свою очередь, ведет к повторному поиску и повышению сложности и трудоемкости проведения НИОКР, рассредоточению сил и ресурсов разработчиков, и, в конечном итоге, к существенному росту затрат на создание не только КТС, но и СУ в целом.

Многолетний опыт разработок КТС СОМ предприятий различных отраслей позволяет ориентироваться на структурно-функциональную модель конкретной СУ, которая определяет контуры (внешний облик) будущего КТС. Определение же внутреннего состава элементов КТС должно быть особо тщательным, ибо главным здесь является не только сбалансированное сочетание аппаратных и программных средств, но и сопряжение стандартных

и нестандартных технических средств. При этом, разработке и изготовлению нестандартных технических средств уделяется особое внимание.

Алгоритм определения технической модели КТС представлен на рисунке. Допустим, что КТС представляет собой систему, которая потенциально может быть построена на многовариантных датчиках генезиса, сбора и обработки информации, использующих различные физические принципы действия.

В постановке задачи разработки КТС (блоки 1–7) выделяют два этапа: формирование цели и разработка технического задания (ТЗ) на определение технической модели КТС.

Формирование цели разработки представляет собой процесс

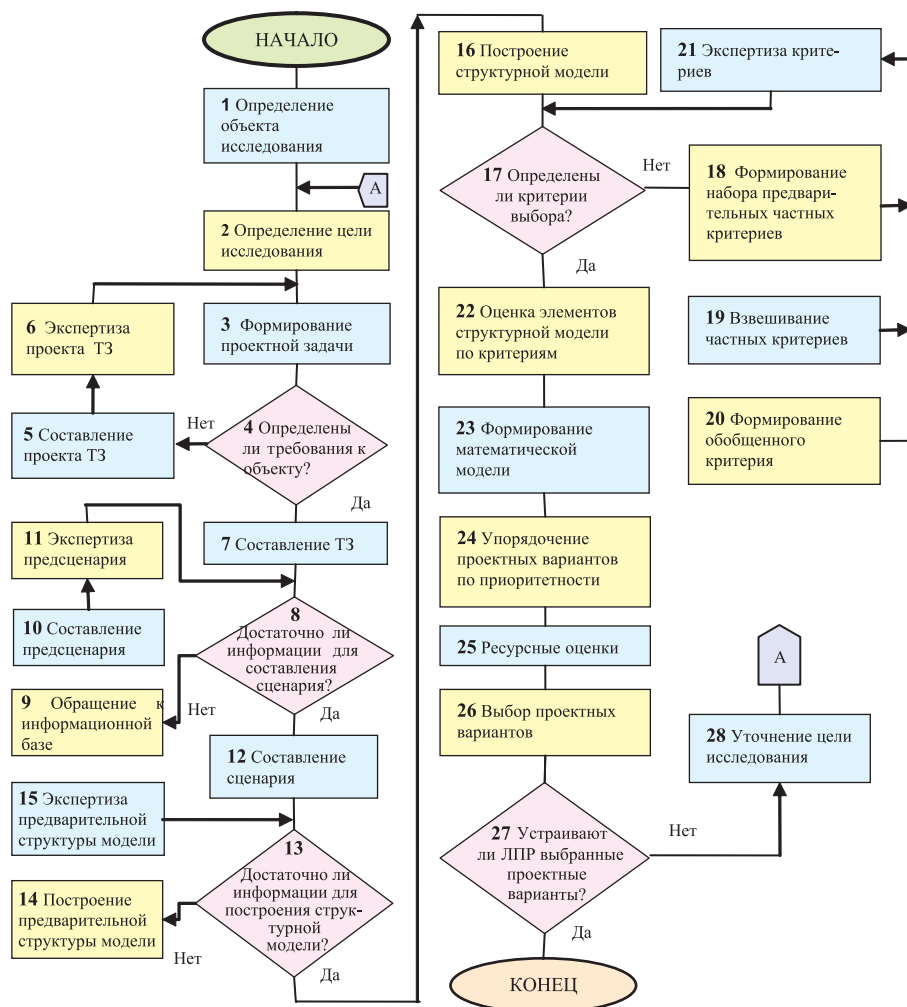
$$C_{\text{разр}} = (S_{\text{исх}} - S_{\text{к}})O_{\text{реал}},$$

где $C_{\text{разр}}$ – цель разработки КТС; $S_{\text{исх}}$ – исходное состояние системы; $S_{\text{к}}$ – ожидаемый конечный результат; $O_{\text{реал}}$ – ограничения, накладываемые на реализацию проекта.

Будущий КТС должен взаимодействовать с окружающей средой. Задаваемые целью разработки требования к КТС имеют, как правило, достаточно общий характер, например, снижение веса оборудования, повышение надежности и ресурса, снижение трудоемкости изготовления и т. д.

При формировании цели разработки оговаривается время разработки и выделяемые ресурсы. В связи с этим при разработке ТЗ на определение технической модели КТС в общем случае требования к КТС разбиваются на четыре группы: функциональные (функции КТС); требования по взаимодействию КТС с технической средой (системой, комплексом более высокого уровня иерархии); с производственной средой (опытное и серийное производство, эксплуатационные подразделения и другие организации); требования по взаимодействию (интерфейсу) с лицами, принимающими решения (ЛПР), разработчиками, изготовителями, эксплуатационщиками.

Если множество характеристик КТС, удовлетворяющих этим требованиям, обозначить $Q\{x,y\}$ ($\{x\}$ – характе-



ристки, улучшаемые при уменьшении их численного значения; $\{y\}$ – характеристики, улучшаемые при увеличении их численного значения), то технические характеристики будущего КТС сгруппируются так: $\{x\}$ – точность, массогабаритные показатели, время подготовки к работе; $\{y\}$ – надежность, уровень стандартизации, уровень унификации и т. д.

Перед началом разработки КТС известны только $S_{исх}$, ряд основных требований и характеристик будущего КТС (в основном функциональные требования и требования к взаимодействию КТС с технической средой), временные и ресурсные ограничения. Определение остальных компонентов (S_K и оператора перехода $S_{исх} \rightarrow S_K$) является задачей выявления технической модели КТС на ранних этапах его разработки.

Исходная информационная база (блок 9) формируется в виде технических документов, состоящих из ранее разработанных проектов, научных отчетов по исследованию тенденций развития отдельных направлений КТС, патентов и т. п.

Формирование цели разработки,

ТЗ и исходной информационной базы осуществляется совместно с заказчиком. Далее разрабатывается сценарий (блоки 8–12) – основной аналитический документ, содержащий описание настоящего и возможного будущего состояния объекта разработки и определяющий стратегию перехода из состояния $S_{исх}$ в состояние S_K . Сценарий содержит правдоподобное описание наиболее важных характеристик $S_{исх}$ и его элементов, функций этих элементов и их взаимодействия, факторов, влияющих на изменение характеристик, показателей и параметров, по которым можно определить их изменение.

Резюме сценария представляет прогноз развития КТС, состоящий из совокупности потенциально осуществимых вариантов построения КТС ($S_0 = \{S_j\}$; $j=1, 2, \dots, n$; $S_0 \supset S_K$), среди которых могут оказаться и варианты принципиально новых КТС, не имеющих аналогов.

На основе сценария разрабатывается структурная модель будущего КТС, включая все возможные варианты ее создания в виде направленного графа древовидной формы (блоки 13–16).

Необходимо особо отметить, что

техническую модель (техническую структуру) КТС невозможно сформировать без одновременного учета его алгоритмической структуры (функциональных связей между элементами КТС).

Набор частных критериев $g = \{g_i\}$, $i=1, 2, \dots, m$, вводится для оценки потенциально осуществимых вариантов КТС. Он формируется (блоки 17–20), с привлечением экспертов (блок 22). При помощи экспертов осуществляется шкалирование критериев и определение их весов (таблица).

Например, для выбора наиболее рационального проектного варианта КТС был сформирован набор частных критериев $g = \{g_i\}$, $i=1, \dots, 13$, распределение которых по уровням структурной модели отражено в таблице. В частности, для g_8 с целью превращения оценки по этому критерию в безразмерную проводится линейное преобразование шкалы: в соответствие минимальной стоимости КТС ставится, например, число 1, максимальной стоимости – число 10. Весовые коэффициенты частных критериев определяются (блок 19) методом попарных сравнений.

Обобщенный критерий (блок 21) формируется в аддитивной (основанной на суммировании)

$$W^A(g_1, \dots, g_m) = \sum_{i=1}^m w_i(g_i)$$

или мультипликативной (умножение)

$$W^M(g_1, \dots, g_m) = \prod_{i=1}^m w_i(g_i)$$

формах, где w_i – функционал, определенный на множестве вариантов структурной модели; i – уровень структурной модели; g_i – частный критерий i -го уровня

$$w_i > 0, \sum_{i=1}^m w_i = 1.$$

В блоках 6, 11, 15, 22, 23 проводятся исследования с привлечением группы экспертов. Методы экспертных исследований могут быть различны – от индивидуальных опросов и анкетирования до коллективного обсуждения.

В блоке 24 осуществляются расчеты на ЭВМ, в основе которых лежат программы упорядочения слов графа [5] и волновой алгоритм для поиска минимальных путей между вершинами графа [6], позволяющие упорядочить по обобщенному критерию $W(g_1, \dots, g_m)$ все пути графа.

Далее (блоки 25, 26, 27) осуществляется отбор наиболее целесообразных вариантов КТС $S_i (S_i = \{S_k\}, p=1, \dots, l, 1 < n, S_i \subset S_0$.

Уровень структурной модели КТС	Частные критерии оценки КТС	Семантическое определение частного критерия оценки КТС	Шкала
Типы систем	g_1 – широта использования	Применимость в составе объектов различного назначения	1 – применимость на 10 и более объектах
	g_2 – приоритетность разработки	Степень важности разработки в тематическом плане	10 – применимость на 1 объекте 1 – высокая 10 – низкая
Варианты систем	g_3 – точность g_4 – надежность g_5 – габариты, масса	Степень соответствия нормативному требованию по точности (надежности, габаритам, времени подготовки)	1 – полное соответствие или превышение норматива 10 – не более 1/10 от норматива
	g_6 – время подготовки к работе		
	g_7 – функциональность	Степень выполнения требований перспективных ГОСТ, ОСТ по числу реализуемых функций	1 – полное соответствие или превышение ГОСТ, ОСТ 10 – не более 1/10 от требований ГОСТ, ОСТ
	g_8 – стоимость	Ориентировочная стоимость на первых 3 годах выпуска	1 – минимальная стоимость мировых аналогов 10 – превышение более 10 раз минимальной стоимости
	g_9 – трудоемкость	Степень соответствия нормативам на серийном производстве	1 – полное соответствие или меньше норматива 10 – превышение норматива более чем в 10 раз
	g_{10} – реализуемость	Вероятность реализации в течение 3 лет с начала разработки	1 – близкая к единице 10 – близка к нулю
Типы, варианты структурных компонентов	g_{11} – точность g_{12} – время подготовки к работе	Степень соответствия нормативному требованию по точности (времени подготовки)	1 – полное соответствие или превышение норматива 10 – не более 1/10 норматива
Проблемы	g_{13} – решение проблемы	Вероятность решения проблемы в течение 3 лет с начала разработки	1 – близкая к единице 10 – близкая к нулю

Он представляет собой формализованную процедуру, позволяющую на основе упорядочения путей графа сформировать последовательность вариантов систем по предпочтению их реализации.

Учет ресурсных ограничений дает возможность выбрать из множества вариантов минимальную совокупность S_k кряк S_l . Такой выбор сводится к оценке трудозатрат, необходимых для достижения результатов, входящих в S_k , и их сравнению с ресурсами разработчиков. Для выбора стратегии разработки определяется последовательность реализации проектов $S_k^i \in S_k$, $i=1,2,\dots$, с использованием известных методов «стоимость – эффективность».

Упорядоченное множество вариантов S_k и представляет собой техниче-

скую модель КТС, рекомендуемого к разработке.

В заключение составляется итоговый аналитический документ, обобщающий и интерпретирующий качественные и количественные результаты исследования. Если эти результаты удовлетворяют ЛПР, то принимается окончательное решение о вариантах системы S_k , запускаемых в дальнейшую разработку. В противном случае изменяется исходная концепция и уточняется ТЗ. При этом могут изменяться требования к подсистемам и элементам, их состав, варианты структурного агрегатирования, критерии оценки.

Описанный итерационный процесс, сочетающий проведение формализованных исследований с использо-

ванием ЭВМ и эвристических приемов, основанных на знаниях людей, повторяется до тех пор, пока техническая модель КТС не будет соответствовать требованиям, предъявленным к объекту разработки, с положительной оценкой его реализуемости.

Завершающим этапом построения модели КТС является включение S_k в целевую программу развития СУ с указанием ее технических характеристик, направлений их развития и определение требуемого ресурсного обеспечения.

Данная методика была апробирована в рамках САПР для определения технических моделей КТС и проведения на этой основе организационно-технических мероприятий на начальных стадиях разработки СОМ. Ее использование позволяет существенно повысить эффективность начальных этапов разработки и сократить затраты на проведение НИР на 20–30%. Методика может быть применена при разработке различных технических сложных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация поискового конструирования / Под. ред. А.И. Половинкина. – М.: Радио и связь, 1981. – 343 с.
2. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования. – Киев: Техніка, 1982. – 295 с.
3. Дворянкин А.М., Половинкин А.И., Соколов А.Н. Методика синтеза технических решений. – М.: Наука, 1977. – 102 с.
4. Ситников С.Г., Винокуров С.Г. Системы оперативного менеджмента. – Новосибирск: СибГУТИ, 2007. – 204 с.
5. Мартино Д. Технологическое прогнозирование. – М.: Прогресс, 1977. – 585 с.
6. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования и их применение. – М.: Прогресс, 1986. – 187 с.

Получено 9.11.10