

Преемственность при проектировании комплекса технических средств



Александр ПОПОВ
Alexander P. POPOV

Татьяна ПОПОВА
Tatiana A. POPOVA



Попов Александр Петрович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные системы и инструменты» Московского государственного машиностроительного университета «МАМИ», Москва, Россия.

Попова Татьяна Александровна — преподаватель Московского государственного университета приборостроения и информатики (МГУПИ), Москва, Россия.

В статье анализируются подходы к проектированию нового комплекса технических средств системы управления. Рассматривается допустимая мера преемственности при создании конструкции и узлов с использованием ранее принятых модельных решений. Показана системность оптимальных стоимостных характеристик изделия и условий проектных разработок, ориентированных на апробированные процессы, операции, векторы качества и эксплуатационные параметры.

Ключевые слова: технические средства, моделирование, проект, параметры, технология, преемственность, стоимость, конструкция, узлы, изделие, комплекс, вектор качества.

При разработке нового комплекса технических средств (КТС) системы управления очень важно рационально и с минимальными затратами использовать уже принятые решения и созданные ранее конструкции. Если для каждой очередной востребованной конструкции проектанты вынуждены будут принимать только оригинальные решения, то говорить о стандартизации и унификации узлов, элементов, да и самих КТС не приходится. Более того, отказ от уже проверенных решений влечет за собой дополнительные расходы за счет организации производства новых узлов и элементов, что, безусловно, приводит к неоправданным перерасходам средств и времени, а в некоторых случаях и к задержкам выпуска новых изделий в заданный срок. Поэтому при проектировании КТС конструктор стремится по возможности полнее и экономнее использовать решения, проверенные на опыте и в эксплуатации.

Однако стремление к максимальной преемственности тоже чревато существенными просчетами, так как в этом случае консерватизм мышления конструктора не позволяет порой искать наиболее эф-

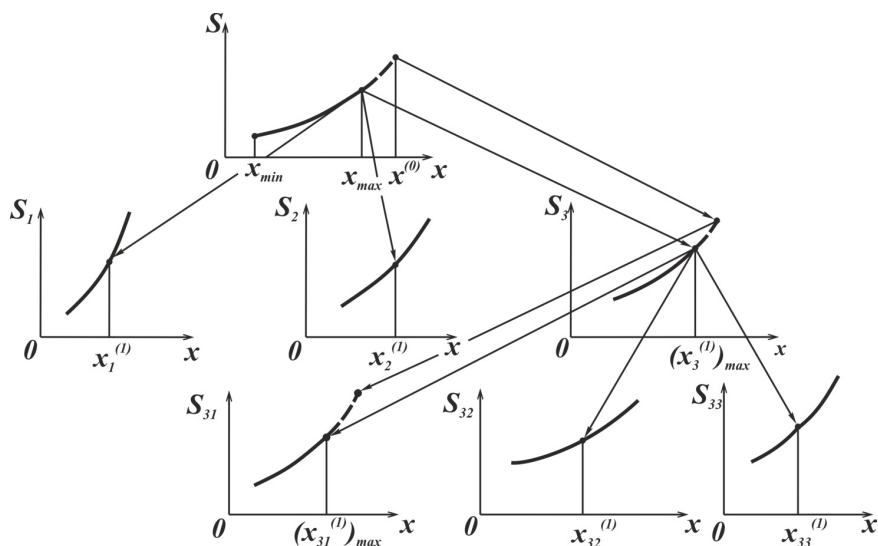


Рис. 1. Система оптимальных стоимостных характеристик (определение узла, препятствующего дальнейшему улучшению параметра $x^{(0)}$).

фективные решения и все оборачивается псевдоэкономией. Если же проецировать и обобщать такие факторы, то с неизбежностью возникает проблема диалектического согласования противоречивых и трудных для управления тенденций.

Решение проблемы о допустимой мере преемственности сводится к созданию методики синтеза, помогающей более целенаправленно осваивать существующий опыт, рациональному его накоплению и классификации, определению принципиальной возможности применять готовые, но еще не устаревшие решения, выбору оптимального варианта из арсенала уже имеющихся, выявлению узлов и элементов конструкции, для которых требуются оригинальные разработки.

Метод оптимальных стоимостных характеристик, как следует из проведенных нами исследований, позволяет дать ответ на эти вопросы.

Рассмотрим для примера систему таких характеристик условно взятого изделия (рис. 1).

Пусть целью конструктора является синтез оптимальной структуры с техническими параметрами, определяемыми вектором $X^{(0)}$, которому на характеристике соответствует некоторая изображающая точка с абсциссой, равной $x^{(0)}$. Нанесем эту точку на стоимостную характеристику КТС. Как видно из рис. 1, на верхнем уровне точка $x^{(0)}$ лежит за точкой x_{max} — последней на оптимальной характеристике нуле-

вого уровня. Это означает, что на базе существующих конструкций узлов и элементов невозможно синтезировать КТС с техническим параметром, равным заданной величине $x^{(0)}$. Попытаемся с помощью системы оптимальных стоимостных характеристик установить, что стало причиной, ограничивающей возможность использования старых решений для синтеза КТС с техническим параметром $x^{(0)}$.

Для этого возьмем на характеристике высшего уровня точку с техническим параметром x_{max} . Ей на характеристиках узлов первого уровня соответствуют точки $x_1^{(1)}$, $x_2^{(1)}$, $(x_3^{(1)})_{max}$. На рисунке, для построения оптимальной системы с параметром x_{max} использована точка $(x_3^{(1)})_{max}$, которая отвечает предельному значению параметра $x_{(3)}^{(1)}$, тогда как предельные значения параметров $x_1^{(1)}$ и $x_2^{(1)}$ еще не использованы. Это означает, что препятствием для синтеза КТС с техническим параметром x^0 является узел 3. Потенциальные же возможности конструкции узлов 1 и 2 еще не исчерпаны. Однако и это решение может быть неполным. Для уточнения следует продолжить анализ характеристик и опуститься на более низкие уровни.

В рассматриваемом случае оказывается, что причиной, препятствующей решению задачи, является узел 31, для которого все возможные ресурсы исчерпаны, поскольку на его характеристике при построении точки $(x_3^{(1)})_{max}$ использована крайняя точка $(x_{31}^{(1)})_{max}$. Продолжая спускаться по системе



стоимостных характеристик вниз, можно определить узел самого низкого уровня, который препятствует созданию заданной системы. Полученное доказательство того, что выделенный узел является причиной, препятствующей созданию оптимального КТС с заданным значением технического параметра, необходимо, но опять же недостаточно. Весьма вероятно, что причина невозможности синтеза оптимальной системы не одна. Синтезу системы с параметром x^0 может препятствовать также и отсутствие потенциальных возможностей у другого узла более низкого уровня — например, узла 13. Проверить это не составляет труда.

Для выяснения причины экстраполируем характеристику узла 31 (штриховая линия) и достроим стоимостные характеристики верхних уровней. Если за счет дополнительных точек характеристики узла 31 удастся достроить характеристику нулевого уровня до точки $x^{(0)}$, то можно утверждать, что единственной причиной, исключающей возможность построения КТС с параметром x^0 , выступает отсутствие узла 31 с достаточно высоким значением параметра x_{31} . Если же построить характеристику КТС до точки x^0 за счет экстраполяции характеристик узла 31 не удастся, то причина, видимо, заключается в том, что еще какой-то узел системы не имеет достаточных резервов.

В процессе анализа этот узел будет сразу же установлен, ибо на соответствующей характеристике изображающая точка достигает крайнего положения.

Последовательно достраивая характеристику КТС (уровень 0) и наблюдая за характеристиками всех узлов, на которых изображающие точки достигают крайних положений, можно определить узлы и элементы, параметры которых должны быть усовершенствованы, чтобы обеспечить нужный эффект — получить КТС с техническими параметрами, равными величинам x_j^0 .

Установив пути и возможную меру дополнительного совершенствования узлов системы, правомерно поставить кардинальный вопрос: следует ли улучшать неполноценные узлы, чтобы достигнуть заданного значения параметра, или нужно отказаться от старых решений и принять

новое, радикально отличающееся от существующих?

В стоимость изделия, будь то КТС или его составные части, кроме стоимости комплектующих элементов обязательно входит и «фиктивный узел» собственных затрат, характеризующий расходы средств и труда, связанные непосредственно с изготовлением изделия. Включение их в морфологическую структуру КТС позволит при проектировании оптимизировать не только конструкцию, но и технологический процесс. В самом деле, процесс производства элементов и частей комплекса отражен в технологических картах. Факторы, зарегистрированные в полном комплекте карт, также могут быть представлены в виде некоторой иерархической структуры, для которой по уже описанным алгоритмам проектировщик в состоянии составить оптимальные стоимостные характеристики.

Строятся они аналогично правилам построения системы оптимальных стоимостных характеристик конструкции.

На самом нижнем уровне рассматривают начальные операции. Для каждой из них в качестве элементов указывают затраты труда и тип оборудования, на котором операция осуществляется. Для каждого типа оборудования отмечается возможный технологический эффект — по одному или нескольким параметрам (аналог вектора проектных параметров) и стоимость, приведенная к единице обслуживания.

Определение. Вектором технологической эффективности называется совокупность параметров, характеризующих качество выполнения технологического процесса.

Определение. Вектором качества технологического процесса называется $(m'+1)$ -мерный, содержащий m' -мерный вектор технологической эффективности и $(m'+1)$ параметр — величину затрат, необходимых для достижения заданного эффекта на данном оборудовании.

С помощью вектора качества технологического процесса характеризуются элементарные операции. Совокупность технологических операций, обеспечивающих изготовление отдельной детали или узла, также можно характеризовать посредством вектора качества технологического процесса соответствующего узла.

Нетрудно заметить полную аналогию вектора качества технологического процесса вектору качества проектных параметров.

Построение m' -мерных стоимостных характеристик технологического процесса можно опять же осуществить в $(m'+1)$ -мерном пространстве его вектора качества.

При наличии нескольких вариантов технологических процессов, как это делалось и для нескольких возможных конструкций узлов, нужно построить обобщенные стоимостные характеристики и с их участием выбрать экономически оправданный вариант технологической операции на нижнем уровне или технологического процесса на высшем уровне.

Подобно тому как были учтены технологические факторы производства узлов и КТС, учтем и их эксплуатационные качества.

Введем понятие вектора эксплуатационных свойств узлов или КТС.

Определение. Вектором эксплуатационных свойств узла или КТС называется совокупность параметров, характеризующих демонстрируемые техникой эксплуатационные особенности.

Определение. Вектором качества эксплуатации узла или КТС называется $(m''+1)$ -мерный вектор, содержащий m'' -мерный вектор эксплуатационных свойств и $(m'''+1)$ параметр — величину затрат, обеспечивающих нормальную эксплуатацию узла или КТС.

В стоимостную составляющую вектора качества эксплуатации узла или КТС включаются и амортизационные расходы, и расходы на ремонт и восстановление изделия, приведенные к единице обслуживания. При проектировании отдельного типоразмера предполагается, что КТС рассчитан на адекватное обслуживание.

Для каждого узла эксплуатационные расходы могут быть представлены в виде автономного, входящего в его структуру подузла «эксплуатация». Как видно из определения векторов качества проектных параметров, технологической эффективности и эксплуатационной эффективности, между ними существует определенная аналогия, заключающаяся в том, что любой из этих векторов содержит ряд либо проектных, либо технологических, либо эксплуатационных параметров и один экономи-

ческий параметр — стоимость. Указанная аналогия позволяет ввести в рассмотрение единый вектор качества узлов и КТС в целом. Размерность этого вектора:

$$m+1 = m' + m'' + m''' + 1,$$

где m' — размерность вектора проектных параметров;

m'' — размерность вектора технологической эффективности производства;

m''' — размерность вектора эксплуатационных свойств.

Ввиду аддитивности расходов стоимостная $(m+1)$ составляющая вектора качества: $S = S' + S'' + S'''$,

где S' — стоимость, приведенная к единице обслуживания, характеризующая проектные параметры узла (в основном это стоимость входящих элементов и узлов);

S'' — стоимость техпроцесса по компоновке узла из элементов и входящих узлов (собственные затраты), приведенная к единице обслуживания;

S''' — совокупный эксплуатационный расход (прямые эксплуатационные расходы, амортизация, ремонт), приведенный к единице обслуживания.

Определение. Полным вектором качества детали, изделия или КТС называется $(m+1)$ -мерный вектор, у которого m составляющих характеризуют технические, технологические и эксплуатационные параметры объекта, а $(m+1)$ составляющей является его стоимость, приведенная к единице обслуживания.

В заключение отметим, что при наличии в системе стоимостных характеристик всех узлов на стадии проекта стоимостных характеристик технологических процессов и эксплуатационных расходов получаем возможность при синтезе КТС учесть одновременно его проектные, технологические и эксплуатационные параметры. Это существенно расширяет потенциал предложенного метода и создает условия для преемственного и комплексного проектирования изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фишборн П. Теория полезности для принятия решений. — М.: Наука, 1978. — 182 с.
2. Вагин В. Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. — М.: Наука, 1988. — 384 с.
3. Лазарева Т. Я., Мартеньянов Ю. Ф., Схиртладзе А. Г. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав. — М.: Машиностроение-1, 2006. — 172 с.

