

УДК 681.3.053

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЦЕННОСТНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

© 2012 С.Н. Ларин¹, М.М. Чернова¹, Е.Ю. Пузакина¹, В.В. Тимирзянов²

¹ ФНПЦ ОАО “НПО “Марс”, г. Ульяновск

² ЗАО “Авиастар-СП”, г. Ульяновск

Поступила в редакцию 05.10.2012

В статье предлагается и описывается комплексный подход формализующий критерии оценки экономической и технической эффективности принятия конструкторско-технологических решений. Возможные экономические последствия технических решений, выявляющиеся уже на стадии КТПП, часто не рассматриваются разработчиками. Поэтому очень важна проблема “ценностной” проработки изделий, предполагающая обеспечение экономичности изделия, т.е. заданных технических и экономических показателей в сфере производства и эксплуатации.

Ключевые слова: функциональный анализ, формулирование функций, ценность, техническое средство, подготовка производства.

Наиболее эффективным средством выявления, сокращения или полного устранения излишних экономически неоправданных затрат, в том числе на этапе конструкторско-технологической подготовки производства является функционально-стоимостной анализ (ФСА), целью которого является выявление путей снижения материальных и трудовых затрат за счет совершенствования конструкций, технологи при сохранении или улучшении потребительских качеств изделий [1]. Абстрактность объектов анализа (функции в их словесном, логическом описании), высокий уровень информационной неопределенности при поиске лучших вариантов решения и ряд других факторов обуславливают невозможность оперировать в ходе ФСА прямыми расчетными (формализованными) методами оценки. Необходимость выполнения оценочных процедур, без которых ФСА не может служить эффективным инструментом выявления и поиска резервов экономии ресурсов и повышения качества объектов, заставляет прибегать к оценочным процедурам, базирующихся на экспертных оценках.

Проведенные исследования показали, что на этапе конструкторско-технологической подготовки отсутствуют формализованные критерии оценки экономической и технической эффектив-

ности принятия конструкторско-технологических решений (КТР). Развивая идею формализации ряда субъективных критериев этапа КТПП вводим понятие “ценность”, которая определяется экспертным методом путем бальной оценки того или иного технического решения.

Функционально-ценностный анализ (ФЦА) – метод системного исследования изделия, процесса, структуры, направленный на повышение эффективности использования материальных, трудовых и организационных ресурсов. Суть его заключается в достижении наилучшего оптимального соотношения между ценностью изделия (процесса, структуры) и затратами на его создание и использование.

Цель ФЦА на стадии проектирования новых изделий – нахождение оптимального варианта конструкции и организационно-экономических решений, обеспечивающих выполнение изделием заданных функций с минимальными затратами на основе экспертных оценок.

Наряду с функциональным описанием объектов анализа в ходе ФЦА предлагается выполнять ряд оценочных процедур:

- оценка роли (значимости, ценности и относительной важности) функций;
- определение вклада каждого материального носителя в выполнении функций изделия;
- оценка качества исполнения функций (по действующим и проектируемым системам);
- прогнозная оценка затрат на исполнение создаваемого технического средства (ТС);
- методы организации процесса КТПП (рис. 1).

Развивая теоретические основы оценки организационно-технического уровня процесса КТПП и освоения новых изделий, представляем его как организационно-экономическую систему, в рамках которой разрабатывается и внедряется

Ларин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, начальник комплексного технологического отдела.

E-mail: larinmars@rambler.ru

Чернова Мария Михайловна, техник, студент ИАТУ УлГТУ.

E-mail: m.20.08@yandex.ru

Пузакина Елена Юрьевна, техник, студент ИАТУ УлГТУ.

E-mail: puzakina@yandex.ru

Тимирзянов Вадим Виталиевич, техник-технолог, студент ИАТУ УлГТУ. E-mail: iatu@bk.ru

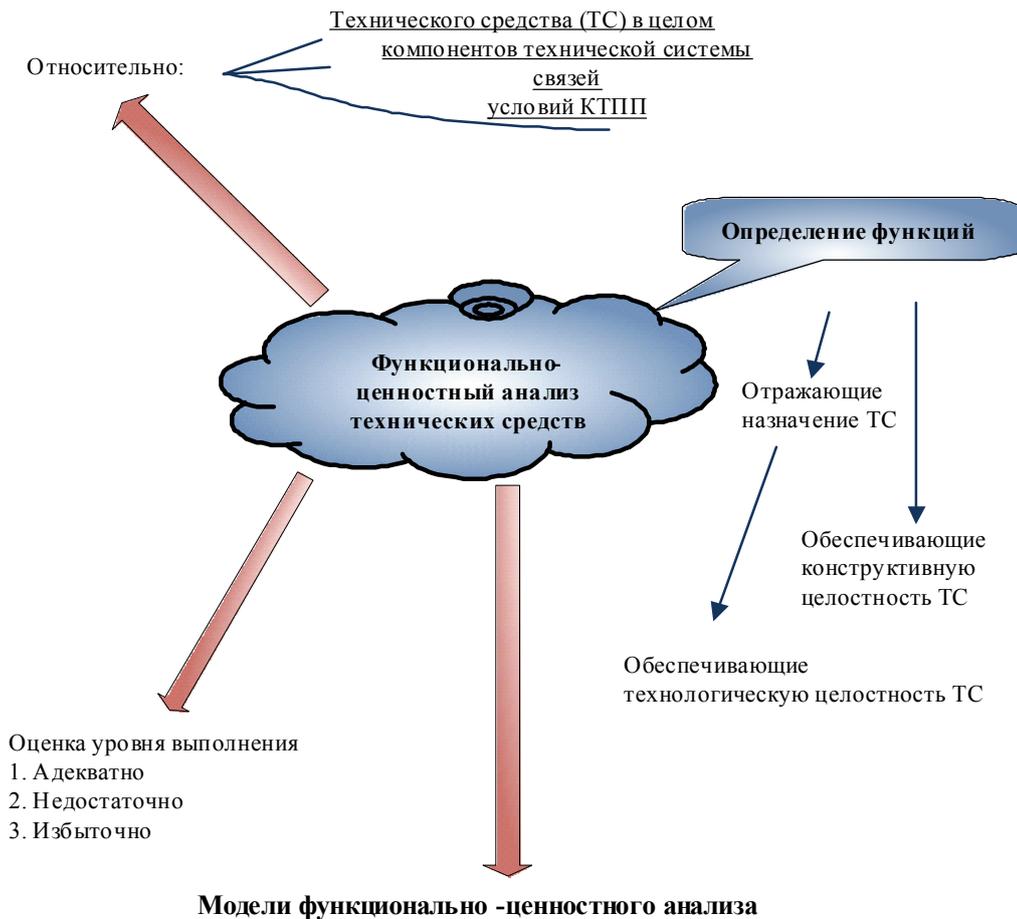


Рис. 1. Основные аспекты, подходы и приемы функционального анализа

высокоэффективная конкурентоспособная техника, передовая технология, современная организация производства [2]. Специфика задач, решаемых в процессе конструкторско-технологической подготовки производства и освоения новых изделий (рис. 2), обуславливается динамичностью, многовариантностью, гибкостью и большой степенью неопределенности результатов.

Процесс нахождения наилучшего варианта из множества возможных как задача возникает на этапе конструкторско-технологической подготовки производства проведения ФЦА, когда из состава идей и вариантов решений по реализации функций объекта и методов организации КТПП требуется выбрать лучший. Искомый вариант должен удовлетворять разнообразным требованиям, которые часто оказываются противоречивыми. В связи с этим приходится использовать методы принятия решений, которые позволяли бы найти наилучшее соотношение между показателями, в том числе качеством и затратами.

В решении этих задач ФЦА позволяет рассматривать как организующее средство в реализации всех основных направлений повышения эффективности КТПП. Он соединяет функции технических средств и методы организации КТПП, оптимизируя соотношение между цен-

ностью изделия и затратами на их изготовление; все стадии жизненного цикла изделия – исследования, разработку конструкторской документации, подготовку и организацию производства, эксплуатацию.

Для построения адаптивной системы управления целесообразно пользоваться методом эталонной модели в виде экономического задания на проектирование изделия. В нем отражается ряд экономических требований к изделию, обеспечивающих получение его ценностных характеристик в определенном диапазоне.

Каждое решение оцениваем по коэффициентам.

1. Экономичность изготовления изделия:

$$K_{эи} = \frac{C_{oi}}{\Pi_0} \rightarrow \min,$$

где C_{oi} – ожидаемые затраты на изготовление i -го варианта изделия; Π_0 – заданное значение основного параметра изделия.

2. Надежность работы изделия:

$$K_{Hi} = \frac{H_i}{H_3} > 1,$$

где H_i - надежность (наработка на отказ) изделия i -го варианта; H_3 - заданная надежность

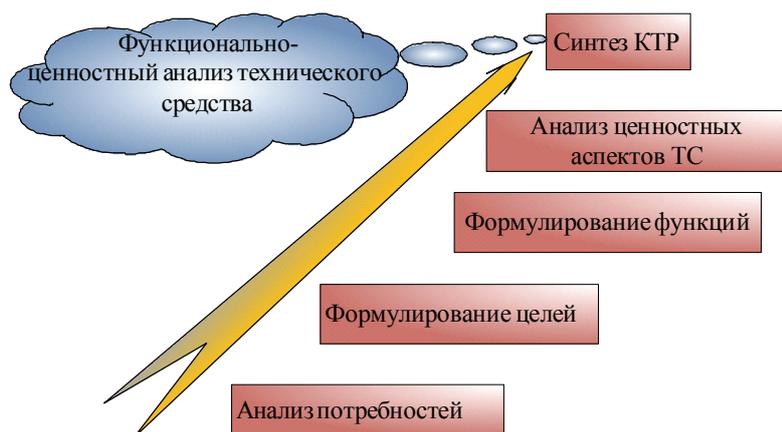


Рис. 2. Основные этапы создания технических средств

(наработка на отказ).

3. Экономичность эксплуатации изделия:

$$K_{эк_i} = \frac{I_i}{P_o} \rightarrow \min,$$

где I_i - годовые расходы по эксплуатации изделия i -го варианта, р; P_o - значения основного параметра конструкции.

Анализ возможности упрощения функциональной, проверка выбора варианта количественной оценки функциональной рациональности и технологичности конструкции по альтернативным решениям осуществляется с помощью показателей, представленных в табл. 1.

Проведенный анализ показал, что ФЦА изделий на стадии подготовки производства обладает определенными сложностями и имеет специфические особенности, которые заключаются в том, что к моменту его проведения изделия как такового не существует в материализованном виде или в форме конструкторской или технологической документации. Кроме того, обязательна проверка обеспеченности необходимыми материальными и трудовыми ресурсами, разработка рекомендаций по автоматизированному проектированию, рассмотрение альтернативных вариантов технических решений, их конструктивная, технологическая и экономическая проработка, моделирование потоков работ в различных версиях интеграции конструкторской и технологической подготовки производства, обеспечивая поиск рациональных решений с использованием библиотек для типовых конструктивных и технологических работ.

Развивая идею о том, что в общем виде целевая функция, или критерий оптимальности (Q), состоит из трех элементов: управляемых переменных (x), параметров не поддающихся управлению, например зависящих от внешней среды (y) и формы зависимости (формы функции), т.е. $Q = f(x_i, y_i) \rightarrow \max$. Другим выражением

критерия оптимальности служит шкала оценок (полезности, ранжирования предпочтений и т.д.). Стоимостные величины (цена, себестоимость и т.д.), хотя и помогают в решении подобных задач, но зависят от многих переменных, которые на поддаются адекватной оценки. Это снижает точность их измерения по сравнению с техническими величинами.

Трудность выбора оптимального варианта исполнения изделия с учетом ценностного подхода обусловлена, прежде всего, многокритериальностью задачи. Это обстоятельство накладывает ограничения как на вид используемых критериев, так и на рекомендуемые методы оптимизации.

Задачи КТПП относятся к многокритериальным, модель принятия решения представим в следующем виде:

$$\langle Z, T, K, N, f, L, r \rangle,$$

где Z – постановка (тип) задачи;

T – множество КТР;

K – множество критериев;

N – множество шкал критериев;

f – отображение множества допустимых решений в множество векторных оценок;

L – система предпочтений лица, принимающего решение;

r – решающее правило.

Критериями оценки решений, полученных на этапе ФЦА, служат показатели качества, технические параметры, показатели функциональной организованности.

Критерии, используемые для выбора решений в ходе ФЦА должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- отражать сопоставление затрат и результатов и не противоречить критерию эффективности;

- иметь количественное выражение;

- быть пригодными для оценки различных технических решений на этапах КТПП;

Таблица 1. Сводная таблица показателей

Показатель	Расчетная формула	Условные обозначения	Условия оптимальности варианта
Стандартизация конструкции	$K_{C_i} = \frac{P_{C_i}}{P_{об_i}}$	P_{C_i} - количество стандартных элементов (деталей, сборочных единиц) в i -м варианте конструкции, шт; $P_{об_i}$ - общее количество элементов в i -м варианте конструкции, шт.	<i>max</i>
Займствование конструкции	$K_{z_i} = \frac{P_{z_i}}{P_{об_i}}$	P_{z_i} - количество заимствованных элементов (деталей, сборочных единиц) в i -м варианте конструкции, шт;	<i>max</i>
Унификация конструктивных элементов деталей	$K_{y_i} = \frac{P_{Tj_i}}{P_{эj_i}}$	P_{Tj_i} - количество типоразмеров и видов конструктивных элементов в j -той детали i -го варианта конструкции, шт; $P_{эj_i}$ - общее количество конструктивных элементов в j -той детали i -го варианта конструкции, шт.	<i>min</i>
Приспособленность элементов конструкции к автоматизированному производству	$K_{п_i} = \frac{P_{эi}}{P_{об_i}}$	$P_{э_i}$ - количество элементов конструкции i -го варианта, приспособленных к автоматизированному производству, шт.	<i>max</i>
Материалоемкость конструкции	$K_{M_i} = \frac{M_i}{P_o}$	M_i - масса материалов в конструкции i -го варианта изделия, кг.	<i>min</i>
Приспособленность конструкции к прогрессивным методам изготовления	$K_{п_i} = \frac{P_{п_i}}{P_{об_i}}$	$P_{п_i}$ - количество элементов конструкций i -го варианта, приспособленных к изготовлению прогрессивными методами, шт.	<i>max</i>

- учитывать качественные различия в сравниваемых вариантах;

- отражать вклад технических решений в обеспечение потребительских свойств и функций изделий;

- обеспечивать объективность оценки в условиях ограниченной исходной информации.

Наиболее распространенным экономическим критерием выбора при сравнении вариантов служит критерий минимума приведенных затрат (C). Другим вариантом критерия может быть показатель, условно названный показателем интегрального качества k_{Σ} , выступающий как функция ценности (Π) и совокупных затрат.

Разная размерность величин ценности (Π) и затрат (C_{Σ}) обуславливает использование их отношений для представления интегрального качества k_{Σ} и применение его как дополнительного критерия при выборе вариантов в ходе проведения ФЦА:

$$k_{\Sigma} = (\Pi / C_{\Sigma}) \rightarrow \max \quad \text{либо}$$

$$1 / k_{\Sigma} = (C_{\Sigma} / \Pi) \rightarrow \min .$$

Расчет интегрального качества C может быть выполнен с применением показателя удельных приведенных затрат за весь жизненный цикл объекта:

$$C = \sum_1^n S_{\pi} + E_n \sum_1^n K_i ,$$

где S_{π} – текущие функционально необходимые затраты;

E_n – нормативный коэффициент эффективности;

K_i – удельные капитальные затраты;

n – этапы жизненного цикла.

При оценке вариантов решений на этапе КТПП при проведении ФЦА приходится считаться с тем, что затраты и эффект, носят вероятностный характер. В распоряжении специалиста конструктора, технолога не всегда имеется полный перечень допустимых вариантов решения, перечень критериев, характеризующих ка-

чество решений и т. д. В таких условиях возникает необходимость оценки интервала этих значений (минимум-максимум) по вариантам исполнения изделия. Определение диапазона изменения текущих затрат, основу которых составляют функционально необходимые затраты $S_{\text{ф}}$, выполняем с учетом организационно – технического уровня предприятия – изготовителя.

Показатель интегрального качества как отношение разнохарактерных величин (например, удельные затраты на единицу качества) приводит к неточным оценкам.

Разовьем обоснованный выбор варианта построения изделия с помощью математических методов. Одним из главных показателей, по которым производится сопоставление вариантов в ходе ФЦА, являются затраты на реализацию варианта. При наличии k_j (показателя эффективности) задача рационального синтеза функций объекта представляем в одной из следующих постановок:

а) найти систему $B \in M_{\text{д}}$, обеспечивающую

$$k_j = f_j(k_1, \dots, k_{m-1}) = \max$$

при $C \leq C_M$;

б) найти систему, обеспечивающую

$$C = \min$$

при $k_j = f_j(k_1, \dots, k_{m-1}) \geq k_{j_{\min}}$,

где $k_{j_{\min}}$ – минимально допустимое значение эффективности;

C_M – максимально допустимые затраты;

$M_{\text{д}}$ – множество допустимых систем.

В случае использования экспертного представления эффективности и необходимости учета ограничений на показатели качества задача приобретает следующий вид:

а) $k_j = f_j(k_1, \dots, k_{m-1}) = \max$

при $C \leq C_M, k_1 \leq k_{1M}, \dots, k_{m-1} \leq k_{m-1M}$;

б) $C = \min$

при $k_j = f_j(k_1, \dots, k_{m-1}) \geq k_{j_{\min}},$
 $k_1 \leq k_{1M}, \dots, k_{m-1} \leq k_{m-1M}.$

В решение задачи выбора оптимального варианта по критерию “ценности” включаются следующие этапы:

1. Составляется вариант конструкции изделия, удовлетворяющий конструкторским ограничениям при минимуме затрат и сохранении всех его функций;

2. Составляется вариант конструкции изделия, удовлетворяющий конструкторским ограничениям при максимальном суммарном балле качества и сохранении всех его функций;

3. Определяется суммарное значение затрат по изделию в целом;

4. Составляется ряд вариантов конструкции изделия, находящихся между экстремальными значениями решений, найденных на предыдущих этапах;

5. Среди полученных вариантов конструкций выбирается такой, который удовлетворяет заданным требованиям.

Работа, на этапе КТПП считается законченной после того, как рассмотрены и оценены варианты решения данной задачи и из них выбраны те, по которым нет сомнений в отношении их технической, организационной осуществимости и экономической ценности, охарактеризована и обоснована последовательность их реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влечк Р. Функционально-стоимостной анализ в управлении: Сокр. пер. с чеш. М.: Экономика, 1996. 176 с.
2. Ларин С.Н., Попов П.М. Основные приемы организации информационного тезауруса САПР с позиции функционально-стоимостной инженерии // Тезисы докладов 36-й науч.-техн. конф. Ч.1. Ульяновск: УлГТУ, 2002.

FUNCTIONAL-EVALUATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL ORGANIZATION AND PRINCIPLES OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION PRODUCTION

© 2012 S.N. Larin¹, M.M. Chernova¹, E.Yu. Puzakina¹, V.V. Timirzyanov²

¹ ERPC OJSC ‘Research-and-Production Association ‘MARS’, Ulyanovsk

² CJSC ‘Aviastar-SP’, Ulyanovsk

The paper proposes and describes an integrated approach formalizing criteria for assessing the economic and technical efficiency of design and technology decision-making. The possible economic consequences of technical decisions which appear on the stage of preparation production, often not considered by developers. It is therefore very important issue “ evaluative “ study of products includes ensuring efficient products, ie set of technical and economic parameters in the production and operation.

Keywords: functional analysis, the formulation of the functions, valuation, technology, production preparation.

Sergei Larin, Candidate of Technics, Chief of Complex Technological Department. E-mail: larinmars@rambler.ru
 Maria Chernova, Technician, Student of Ulyanovsk State Technical University. E-mail: m.20.08 @ yandex.ru
 Elena Puzakina, Technician, Student of Ulyanovsk State Technical University. E-mail: puzakina@yandex.ru
 Vadim Timirzyanov, Technician-Technologist, Student of Ulyanovsk State Technical University. E-mail: iatu@bk.ru