

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 не поддаются адекватной оценке. 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 представляем 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