

УДК 004.415:658

В.А. Попов, Ю.А. Белокопъ, О.А. Емец, О.В. Резникова

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

*Рассматриваются актуальные задачи: задача интерпретации параметров расчетных экономических показателей в условиях многоуровневой функционально-стоимостной модели предприятия, где представлена схема влияния факторов на себестоимость в системной ФСА-модели; задача анализа динамики функционирования предприятия на основе трехфазной функционально-стоимостной модели, в которой представлено движение материального потока в логистической системе; а также задача генерации возможных вариантов отображений набора функций на набор ресурсов несимметричного типа.*

**Ключевые слова:** функционально-стоимостный анализ, ФСА-модель, рентабельность продукции, логистическая цепочка, материальный поток, оценка сбалансированной работы.

### Введение и постановка задачи

Существует множество методик для системного представления промышленного предприятия. Установление мест концентрации затрат с помощью функционально-стоимостного анализа (ФСА) позволяет целенаправленно сосредоточить усилия специалистов на поиске технических или организационно-экономических решений по совершенствованию анализируемого объекта или его составляющих элементов [1-3]. Комплексное использование методов ФСА и оценки жизненного цикла в рамках комплексного подхода в повышении ресурсосбережения предприятия, а также адаптация методики проведения ФСА к средствам системного подхода изложены в [4, 5]. Критерии выбора ПО, позволяющего реализовывать ФСА, представлены в [6]. Проведение ФСА для системы управления персоналом позволяет выявить причинно-следственные связи, определяющие перенос стоимости с ресурсов на продукты [7]. Согласно [8], основной тенденцией развития ФСА является его слияние с маркетингом с целью производства необходимого потребителю товара, качественно и с минимальными затратами, что позволит получить прибыль за счет максимального удовлетворения нужд потребителя, то есть позволит сбалансировать производство и потребление. Кроме того, ФСА применяется для выявления возможностей повышения эффективности деятельности реализационных подразделений промышленных предприятий [9], при технологической подготовке производства сложных фасонных деталей [10], для анализа курортно-туристического комплекса как нетехнической системы [11]. Методика повышения качества и конкурентоспособности рецептурной продукции на основе ФСА, предложенная в [12], заключается в последовательном осуществлении трех видов анализа: системного, функционального и стоимостного. В конечном итоге, целью

деятельности любого предприятия, как известно, является получение прибыли. При переходе к современной рыночной системе каждое предприятие, независимо от формы собственности, требует быстрого и эффективного внедрения в производство новейших технологий, обеспечения гибкости производственной структуры. Приведенные примеры свидетельствуют о перспективности и обоснованном применении ФСА в качестве методики анализа производственной деятельности предприятий с целью повышения эффективности его функционирования. Поэтому эта тема является актуальной и требует детального изучения.

В данной статье рассматриваются примеры применения ФСА для решения следующих задач: задачи интерпретации экономических показателей в условиях многоуровневой функционально-стоимостной модели предприятия; задачи анализа динамики функционирования предприятия на основе трехфазной последовательности функционально-стоимостной модели и задачи генерации возможных вариантов отображений набора функций на набор ресурсов несимметричного типа.

### Задача интерпретации экономических показателей в условиях многоуровневой функционально-стоимостной модели предприятия

Используя методы системного анализа, можно оценить объем прибыли, ожидаемый от производства того или иного товара или услуги. Если исходная оценка издержек выполнена правильно, то доход будет равен разнице между продажной ценой и затратами, рассчитанными по методу ФСА. Кроме того, сразу станет ясно, производство каких продуктов или услуг окажется убыточным. На основе этих данных можно принять корректирующие меры, в

том числе пересмотреть цели и стратегии бизнеса на ближайшие периоды, что является важным аспектом в развитии предприятия. Это дает возможность правильно и достоверно отображать полученную прибыль и исчерпанные растраты и фиксировать получение доходов или убытков.

С помощью ФСА анализируем процессы и функции предприятия с позиции измерения стоимости выполнения услуг, то есть с целью наиболее

точного определения затрат на предоставление услуг, а также обеспечения возможности модернизации процессов и повышения производительности.

Схема влияния факторов на себестоимость в системной ФСА-модели предприятия представлена на рис. 1.

Системная ФСА-модель состоит из 3 подсистем: производственной (ПС), компьютерной систем (КС) и системы управления (УС).

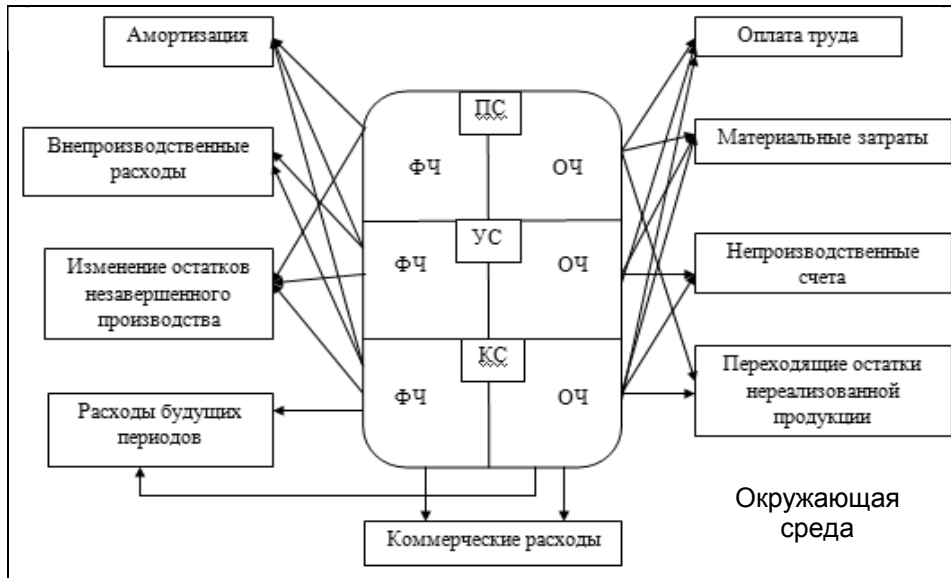


Рис. 1. Схема влияния факторов на себестоимость в системной ФСА-модели предприятия: ПС – производственная система, УС – управленческая система, КС – компьютерная система, ФЧ – функциональная часть, ОЧ – обеспечивающая часть

Целью работы предприятия являются удовлетворение потребностей пользователя, ну и, конечно же, получение прибыли. Поступающее сырье, необходимое для производства конечной продукции, заносится в базу данных (БД) предприятия (КС), рассматривается начальником цеха (УС) и обрабатывается на станках рабочими (ПС). После получения готовой продукции осуществляется ее контроль, и данные о готовой продукции заносятся в БД (КС). То есть в процессе производства готовой продукции берут участие все три части: ПС, УС и КС. При этом каждая из этих частей имеет свою функциональную (ФЧ) и обеспечивающую части (ОЧ).

Опишем составляющие элементы каждой из частей. Производственная система  $ПС = \{ФЧ, ОЧ\}$ , где  $ФЧ = \{f_1, \dots, f_i\}$  – функциональная часть ПС (процессы производственного характера),  $ОЧ = \{r_1, \dots, r_m\}$  – обеспечивающая часть ПС, представляющая совокупность ресурсных элементов для реализации процессов производственного характера.

Управленческая система  $УС = \{ФЧ, ОЧ\}$ , где  $ФЧ = \{F_1, \dots, F_i\}$  – функциональная часть УС (процессы организационного характера),  $ОЧ = \{R_1, \dots, R_i\}$  – обеспечивающая часть УС, представляющая совокупность ресурсов, связанных с выполнением процессов организационного характера.

Аналогично можно записать функциональную и обеспечивающую части для КС предприятия  $КС = \{ФЧ, ОЧ\}$ , где  $ФЧ = \{A_1, \dots, A_k\}$  – функциональная часть КС (процессы информационного характера),  $ОЧ = \{B_1, \dots, B_p\}$  – обеспечивающая часть КС, представляющая совокупность ресурсных элементов для реализации элементов информационной части. Для указанных частей можно провести дальнейшую декомпозицию в зависимости от характера функций и ресурсов. Для максимизации прибыли от производства нужно как можно детальнее изучить ПС, УС, КС и узнать какие параметры, свойства и ресурсы нужно изменить для получения большей прибыли и максимального удовлетворения потребителей. Для этого используем результаты расчета рентабельности и себестоимости продукта. Расчетная формула рентабельности продукта:

$$R = PR / Sb \cdot 100\%,$$

где  $R$  – рентабельность продукта;  $PR$  – чистая прибыль от реализации продукта;  $Sb$  – себестоимость реализованной продукции;

$$Sb = Psb + Kr - Onp,$$

где  $Psb$  – полная себестоимость;  $Kr$  – коммерческие расходы;  $Onp$  – переходящие остатки нерезализованной продукции;

$$Psb = Prsb + Vr, K_{вр}$$

где  $Prsb$  – производственная себестоимость;  $Vr$  – внепроизводственные расходы;

$$Prsb = Sbv - Ionp,$$

где  $Sbv$  – себестоимость валовой продукции;  $Ionp$  – изменение остатков незавершенного производства;

$$Sbv = Zp - Npc - Rbp,$$

где  $Zp$  – затраты на производство;  $Npc$  – непроизводственные счета;  $Rbp$  – расходы будущих периодов;

$$Zp = Zm + Am + Otr,$$

где  $Zm$  – материальные затраты;  $Am$  – амортизация;  $Otr$  – оплата труда.

Все представленные показатели рентабельности и себестоимости непосредственно влияют на модель ФСА. С помощью представленной схемы можно более детально изучить структуру предприятия, выявить основные факторы, влияющие на каждую подсистему предприятия и, зная расчетные показатели рентабельности и себестоимости продукта, выработать рекомендации по повышению эффективности функционирования предприятия.

### Задача анализа динамики функционирования предприятия на основе трехфазной функционально-стоимостной модели

В рамках моделирования предприятия производится приведение в соответствие целей предприятия в целом и отдельных его подразделений. Система управления подразделением предусматривает формирование системы обратных связей, благодаря которым происходит корректировка процессов планирования последовательностей результатов, определения рабочих процедур и ресурсов. Например, производственная подсистема логистики представляет собой выполнение технологических операций и затраты материальных ресурсов, выделенных на эти операции. Практически процессы управления процедурами являются работами по планированию последовательностей шагов достижения поставленной задачи. Соответственно, при распределении целей между производственными подразделениями в зависимости от стратегии развития предприятия для каждого из подразделений выстраивается свой комплекс шагов, каждый из которых представляет собой некоторую последовательность действий.

С помощью логистической цепи и критериев каждого ее процесса можно осуществить оптимизацию рыночных связей и гармонизацию интересов всех участников процесса товародвижения, совершенствовать управление материальными и связанными с ними информационными и финансовыми потоками на пути от первичного источника сырья до сбыта готовой продукции [9, 10].

При оценке сбалансированности работы предприятия как логистической системы (ЛС) важным моментом в управлении ЛС является оптимальное соотношение централизации и децентрализации в деятельности отдельных подсистем. На основе детального обследования и анализа оказывается возможным повысить показатели деятельности предприятия, учитывая то, что не всегда оптимально организованная деятельность каждой из подсистем приводит к оптимальному результату в деятельности всей системы. Например, если в качестве характеристики взять интенсивности поставки ( $\lambda_1$ ), производства ( $\lambda_2$ ) и сбыта ( $\lambda_3$ ), то максимальные результаты в каждой из этих подсистем могут не привести к повышению эффективности всего процесса, а даже заморозить его.

Фактором, который позволяет интегрировать все элементы ЛС в четко функционирующий механизм, является материальный поток. Материальный поток имеет размерность “Объем (количество, масса) / время”. Являясь объектом изучения логистики, материальный поток рассматривается в процессе продвижения от начального пункта формирования (склада поставщика) до конечного пункта (склада потребителя) через промежуточные узлы (оптовые базы, склады, магазины и пр.) Оптимизация материального потока осуществляется исходя из главной цели всей ЛС – повышения конкурентоспособности предприятия в изменяющихся рыночных условиях. Рассмотрим движение однородного материального потока по схеме, изображенной на рис. 2.

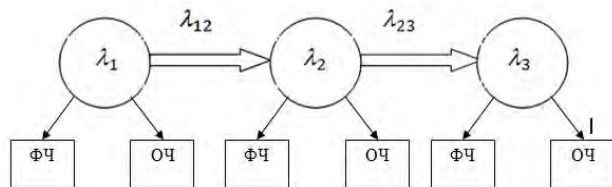


Рис. 2. Движение материального потока в логистической системе:

$\lambda_1$  – возможная интенсивность работы поставщика;  
 $\lambda_{12}$  – возможная интенсивность работы канала поставок (транспортно-складская система);  
 $\lambda_2$  – возможная интенсивность работы производства;  
 $\lambda_{23}$  – возможная интенсивность работы канала сбыта (транспортно-складская система);  
 $\lambda_3$  – возможная интенсивность работы подсистемы сбыта

Сбалансированность обеспечивающей (ОЧ) и функциональной (ФЧ) частей каждой подсистемы является необходимым условием оптимального функционирования всей ЛС. В такой системе возможны  $3^4$  вариантов логистических цепочек. Часть из них представлена в табл. 1. Аналогично можно проанализировать и другие варианты соотношений интенсивностей между системами.

Таблица 1  
Варианты логистических цепочек

№ п/п	$\lambda_1$	Отношение	$\lambda_{12}$	Отношение	$\lambda_2$	Отношение	$\lambda_{23}$	Отношение	$\lambda_3$
1	$\lambda_1$	=	$\lambda_{12}$	=	$\lambda_2$	=	$\lambda_{23}$	=	$\lambda_3$
2	$\lambda_1$	=	$\lambda_{12}$	=	$\lambda_2$	=	$\lambda_{23}$	<	$\lambda_3$
3	$\lambda_1$	=	$\lambda_{12}$	=	$\lambda_2$	=	$\lambda_{23}$	>	$\lambda_3$
4	$\lambda_1$	=	$\lambda_{12}$	=	$\lambda_2$	<	$\lambda_{23}$	=	$\lambda_3$
5	$\lambda_1$	=	$\lambda_{12}$	=	$\lambda_2$	<	$\lambda_{23}$	<	$\lambda_3$

Оценка сбалансированной работы предприятия как ЛС дает возможность оптимально распределить работы и движение материального потока между поставкой, производством и сбытом.

### Задача генерации возможных вариантов отображений набора функций на набор ресурсов несимметричного типа

Рассмотрим пример сравнения и выбора лучшего варианта закрепления ресурсов за функциями в производственной системе промышленного предприятия. Пусть поступил заказ на изготовление продукции  $F = \{a, b, \dots, n\}$ , где  $n$  – количество видов продукции. Имеется множество ресурсов  $R = \{1, 2, \dots, m\}$ , где  $m$  – количество видов ресурсов, например, количество исполнителей. Зарплата исполнителям начисляется вне зависимости от вида изготовленной продукции. Связь между функциями и ресурсами устанавливается по аналогии с ребрами в теории двудольных графов. Выберем два параметра, по которым будем сравнивать альтернативы: временные затраты  $K_{вр}$  и требуемые материальные ресурсы для выполнения всех функций  $K_m$ . Наилучшим является вариант, для реализации которого необходимо затратить наименьшее количество времени и материальных ресурсов:  $K = K_{вр} + K_m \rightarrow \min$ .

Для выбора наилучшего варианта выполнения заданных функций на заданных ресурсах необходимо сгенерировать все возможные варианты реализации работ на заданных ресурсах.

В этом случае на практике получаем смешанное отображение функций на ресурсы, для которых характерно:

1. Одна функция может потребовать использования нескольких ресурсов одновременно, что требует выделения частей функций, которые могут выполняться параллельно.

2. На одном ресурсе могут выполняться несколько функций. В этом случае считаем возможным только последовательное выполнение нескольких функций одним ресурсом.

На основе вышеизложенного для конкретных условий задачи смешанного отображения можно генерировать все возможные варианты выполнения

функций на заданных исполнительных ресурсах. При этом последовательность выполнения функций на ресурсах имеет существенное значение, так как разные функции требуют разные ресурсы и будут иметь различные количественные оценки времени и стоимости. Отсюда следует необходимость составления таких расписаний выполнения функций, когда критерий  $K$  принимает минимальное значение. Необходимо заметить, что особенности технологических процессов накладывают ограничения на потребление ресурсов в некоторых последовательностях.

При последовательном выполнении работ каждый исполнитель выполняет установленную часть заказа, а при параллельном – определенные работы по заказу. Если заказы выполняются разными исполнителями, то их реализация происходит параллельно во времени. Наилучшими являются варианты, при которых работы выполняются параллельно, а временные и материальные затраты минимальны. Наихудшими являются варианты, где работы выполняются последовательно, и, соответственно, затраты времени и ресурсов выше. Нейтральными являются варианты, при которых работы выполняются как последовательно, так и параллельно.

Таким образом, при анализе возможных вариантов реализации заказов в производственной системе может быть выделено несколько лучших альтернатив, но очевидно, что параллельное выполнение работ является более рациональным, так как требует наименьших временных и материальных затрат.

### Заключение

Для решения задач, поставленных в работе, предлагается использовать системные модели, которые охватывают с одной стороны декомпозицию всей системы на производственную, управленческую и компьютерную подсистемы, а с другой – декомпозицию на три основных процесса: поставку, производство и сбыт. В случае применения декомпозиционно-параметрической модели, системного представления предприятия в виде трех взаимосвязанных частей, где выделяются основные производственная, управленческая и компьютерная подсистемы, а также учитывая разбиение каждой из подсистем на функциональную и обеспечивающую части, оказалось возможным исследовать себестоимость и рентабельность продукции с целью выработки рекомендаций по повышению эффективности функционирования предприятия.

На основании анализа информации о логистической цепи производства представлено движение материального потока в логистической системе, для которого может быть предложено эвристическое решение, обеспечивающее максимальную функциональную возможность логистической системы в условиях заданного суммарного ресурса.

С применением теории графов предложена качественная постановка и решение задачи генерации возможных вариантов отображений набора функций на набор ресурсов несимметричного типа, где каждой функции может потребоваться несколько параллельно или последовательно привлекаемых ресурсов. Все предложенные постановки задач повышения эффективности функционирования логистических систем были апробированы с применением простейшего способа буквального перебора возможных вариантов. Таким образом, для рассмотренных задач предложены качественные постановки и решения на эвристическом уровне, основанные на принципах функционально-стоимостного анализа. В дальнейшем планируется указанные задачи представить в строгой формализованной постановке и применить строгие математические методы для их решения с целью получения оптимального соотношения между имеющимися ресурсами и функциями, требующими реализации.

### Список литературы

1. Кононов В.М. Применение методов функционально-стоимостного анализа в технологиях проведения горных выработок [Текст] / В.М. Кононов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 3. – С. 307–311.
2. Rich N. Value Analysis. Value engineering [Electronic resource] / Nick Rich, Matthias Holweg. – Access mode : [http://www.adi.pt/docs/innoregio\\_value\\_analysis.pdf](http://www.adi.pt/docs/innoregio_value_analysis.pdf). – 05.12.2015.
3. Выходец Ю.С. Использование функционально-стоимостного анализа при стоимостной оценке метасистем [Текст] / Ю.С. Выходец // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2001. – № 2 (22). – С. 209–212.
4. Федотова М.Е. Применение функционально-стоимостного анализа к ресурсосбережению [Текст] / М.Е. Федотова // *Вестник Уфимского государственного авиационного технического ун-та*. – 2006. – № 4. – С. 115–120.
5. Маторин С.И. Функционально-стоимостный анализ средствами системно-объектного подхода [Текст] / С. И. Маторин // *Научные ведомости Белгородского государственного ун-та*. – 2010. – № 13 (84). – С. 112–119.
6. Сенченко С.А. Информационные технологии функционально-стоимостного анализа [Текст] / С.А. Сенченко // *Известия Южного федерального ун-та*. – 2012. – № 8. – С. 106–114.
7. Сысоева М.С. Особенности применения функционально-стоимостного анализа системы управления персоналом [Текст] / М.С. Сысоева, В.М. Сысоев // *Социально-экономические явления и процессы*. – 2012. – № 11. – С. 231–236.
8. Сенченко С.А. Понятия, концепции и методики функционально-стоимостного анализа на современном этапе развития экономики [Текст] / С.А. Сенченко // *Известия Южного федерального ун-та*. – 2011. – № 11. – С. 70–74.
9. Верецагина Л.С. Выявление резервов повышения эффективности деятельности реализационных подразделений промышленных предприятий с использованием функционально-стоимостного анализа [Текст] / Л.С. Верецагина // *Вестник Саратовского государственного ун-та*. – 2011. – № 1. – С. 331–336.
10. Силуянова М.В. Методы технологической подготовки производства сложных фасонных деталей с применением функционально-стоимостного анализа [Текст] / М.В. Силуянова, А.Ю. Анисимов // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. – 2011. – № 2. – С. 43–47.
11. Шогенова Ф.Б. Функционально-стоимостный анализ региональных аспектов системы стратегического управления туристско-рекреационного комплекса [Текст] / Ф.Б. Шогенова // *Terra Economicus*. – 2010. – № 4. – С. 164–168.
12. Косых Д.А. Методика повышения качества и конкурентоспособности рецептурной продукции на основе функционально-стоимостного анализа [Текст] / Д.А. Косых, Л.Н. Третьяк // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2. – С. 23–29.
13. Федорович О.Е. Логистические модели управления производством [Текст] / О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, А.В. Попов. – Х.: ХАИ, 2010. – 217 с.
14. Гаджинский А.М. Логистика / А.М. Гаджинский – М. : ИТКя «Дашков и К», 2010. – 484 с.

Поступила в редколлегию 30.03.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ МЕТОДУ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ

В.О. Попов, Ю.А. Білокінь, О.А. Ємець, О.В. Резнікова

Розглядаються актуальні завдання: завдання інтерпретації параметрів розрахункових економічних показників в умовах багаторівневої функціонально-вартісної моделі підприємства, де представлена схема впливу факторів на собівартість в системній ФВА-моделі; завдання аналізу динаміки функціонування підприємства на основі трифазної послідовності функціонально-вартісної моделі, в якій представлено рух матеріального потоку в логістичній системі; а також завдання генерації можливих варіантів відображень набору функцій на набір ресурсів несимметричного типу.

**Ключові слова:** функціонально-вартісний аналіз, ФВА-модель, рентабельність продукції, логістичний ланцюжок, матеріальний потік, оцінка збалансованої роботи.

### ENTERPRISE PRODUCTION ACTIVITY MODELING BASED ON THE VALUE ANALYSIS METHOD

V.A. Popov, J.A. Bilokin, O.A. Emets, O.V. Reznikova

Actual tasks of value analysis applying are considered. First task focuses on the interpreting parameters of economic indicators in the conditions of multilevel VA-model. The impact of factors on the cost price in the system VA-model is shown in this task. Second task is about analyzing the dynamics of the enterprise functioning on the basis of a three-phase sequence of value model. The movement of material flow in the supply system is represented in this task. Third task focuses on the mapping of the set of functions on the resource set. This mapping is characterized as asymmetric.

**Keywords:** value analysis, VA-model, product profitability, supply chain, material flow, balanced work evaluation.