

3.11. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Кузнецов С.Ю., к.э.н., доцент кафедры «Информационные системы в экономике»;
Терелянский П.В., к.т.н., д.э.н., доцент, зав. кафедрой «Информационные системы в экономике»

Волгоградский государственный технический университет

В статье приводятся методы определения затрат на реализацию функций систем, осуществляемые на подготовительных этапах проведения функционально-стоимостного анализа (ФСА). Кратко определены методы калькулирования себестоимости новых технических объектов, основанные на зависимости между значениями затрат и ряда технических и технологических характеристик объектов.

Рассмотрены методы системного анализа затрат на реализацию функций технических систем, в частности, основанные на морфологическом анализе и синтезе.

Особо выделен метод, предполагающий сопоставление затрат и значимостей выявленных функций системы. В рамках этого метода предложено рассматривать комплексное понятие «значимость функции» как набор составляющих частных характеристик. Для более точной количественной оценки значимости предложено использовать иерархическое представление частных критериев и матрицы парных сравнений функций по критериям с использованием девятибалльной шкалы.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) – метод комплексного исследования функций объектов, направленный на обеспечение общественно необходимых потребительских свойств объектов и минимальных затрат на их проявление на всех этапах их жизненного цикла. Объектом ФСА может являться изделие, технологический процесс, производственные, организационные, управленческие системы и их отдельные элементы. В методе ФСА анализу подвергаются функции и стоимости функций. Создание и использование любого объекта связано с затратами; из-за несовершенства объектов, технологических процессов, применяемых материалов затраты могут оказаться излишними. Поэтому целью ФСА является об-

наружение, предупреждение, сокращение или ликвидация излишних затрат. Поскольку удовлетворение общественных потребностей связано с функциями, выполняемыми объектами, проводится анализ затрат на реализацию функций. Проведение ФСА позволит в конечном итоге снизить себестоимость изделий и расходов на эксплуатацию, повысить конкурентоспособность изделий, увеличить прибыль предприятия.

Рассмотрим методику проведения ФСА на примере анализа виброзащитной системы (ВЗС) сиденья человека транспортного средства. На подготовительном этапе выбирается объект исследования. Объектом исследования является очень важная с потребительской точки зрения и широко используемая на различных транспортных средствах механическая система виброзащиты человека-оператора. ВЗС (рис. 1) состоит из следующих основных частей (элементов):

- металлической винтовой пружины – 1;
- гидравлического демпфера – 2;
- направляющего механизма параллелограммного типа – 3;
- устройства 4 для регулирования жесткости пружины – 1;
- защищаемого от вибрации объекта (человека) – 5.

На информационном этапе анализируются свойства объекта исследования. В частности, выявлено, что ВЗС обеспечивает защиту объектов массой от 40 до 120 кг и эксплуатируется в широком диапазоне частот колебаний от 0 до 80 Гц, а также воспринимает ударные нагрузки.

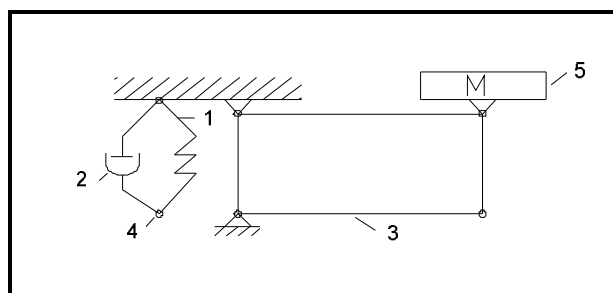


Рис. 1. Конструктивная схема ВЗС

Таблица 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И РЕСУРС ФУНКЦИЙ ВЗС

Элемент E_i	Функция F_i	Классификация функций	Ресурс функций		
			Существующий	Требуемый	Признак ресурса
F_1 Обеспечение работоспособности системы					
E_1 Упругий элемент	$F_{1.1}$ Уравновешивать объекты различной массы	Внутренняя основная, полезная	40-120 кг	40-120 кг	-
	$F_{1.2}$ Создавать заданную низкую частоту колебаний	Внутренняя основная, полезная	2,0 Гц	1,2 Гц	Недостаточный ресурс (НР)
F_2 Создавать оптимальную силу сопротивления					
E_2 Демпфер	$F_{2.1}$ резонансных частотах;	Внутренняя основная, полезная	80 кг	80 кг	-
	$F_{2.2}$ зарезонансных частотах	Внутренняя основная, полезная	20 кг	0 кг	Избыточный ресурс (ИР)
F_3 Обеспечение работоспособности системы					
E_3 Направляющий механизм	$F_{3.1}$ Увеличивать динамический ход	Внутренняя второстепенная, полезная	+60 см	+60 см	-
	$F_{3.2}$ Обеспечивать устойчивость упругого элемента	Внутренняя дополнительная, полезная	Хорошее обеспечение	Хорошее обеспечение	-
E_4 Регулятор жесткости	F_4 Регулировать жесткость упругого элемента	Внутренняя дополнительная, полезная	Обеспечивается вручную	Обеспечивается автоматически	НР
E_0 Виброзащитная система	F_0 Защита человека от вибрации и ударов	Внешняя главная, полезная	-	-	-

На аналитическом этапе проводятся процедуры по выявлению, классификации и определению ресурса функций и затрат на их выполнение. Для этого анализируемый объект декомпозируется на основные элементы и определяются функции элементов. Затем функции классифицируются и определяются существующий и требуемый ресурсы. Результаты анализа сводятся в табл. 1. Параллельно с анализом функций строятся структурно-стоимостная (рис. 2) и функционально-стоимостная модели исследуемой ВЗС. Затраты в стоимостном выражении на элементы E_i и соответствующие им функции F_i берутся из существующих калькуляций на производство рассматриваемого объекта. При этом в зависимости от характера анализируемого объекта, технологических условий производства и стадий жизненного цикла, используются различные типы калькуляций [3, с. 22-23].

На предпроектных и проектных стадиях создания инновационного изделия в методе ФСА предполагается использовать предварительные сметные, технологические и проектные калькуляции, определяющие ожидаемый уровень затрат. При проведении ФСА на стадиях серийного производства используют плановые, нормативные и отчетные калькуляции.

Приведем краткую характеристику видов калькуляций (см. табл. 1).

Сметная калькуляция составляется для предварительного определения себестоимости изделия до начала его производства.

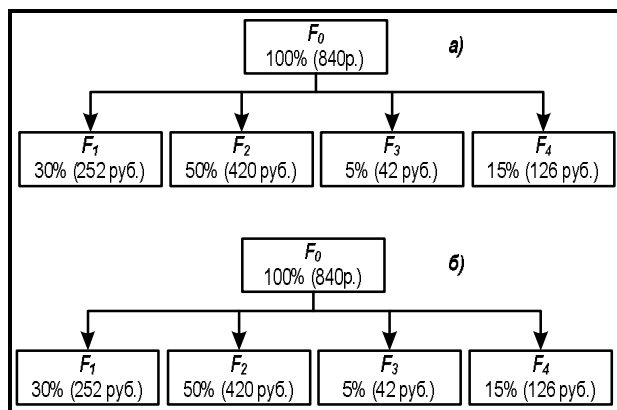


Рис. 2. Структурные модели объекта

Технологическая калькуляция – это расчет себестоимости конструируемых или осваиваемых производством изделий в условиях внедрения новых технологических процессов. Технологическая калькуляция определяет технологическую себестоимость изготовления деталей и узлов и рассчитывается по таким статьям, как основные материалы, покупные изделия, заработная плата основных рабочих и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Проектная калькуляция показывает уровень предстоящих затрат на изготовление единицы продукции в результате осуществления различных проектов по капитальным вложениям (техническое перевооружение и реконструкция производства, обновление основных фондов и т.д.).

Плановая калькуляция предназначена для установления плановой себестоимости единицы продукции в планируемом периоде. Она составляется на основе прогрессивных норм расходования ресурсов.

Нормативная калькуляция является разновидностью плановой и разрабатывается на основе действующих на начало отчетного периода норм. Если плановая себестоимость остается неизменной в течение планового периода (квартала, года), то нормативная изменяется по мере внедрения в производство новой техники, технологии, организации труда и т.д.

Отчетная калькуляция представляет собой расчет фактической себестоимости изготовленной продукции; в ней отражаются фактические затраты на производство и реализацию того или иного изделия.

Ввиду ограниченности на стадиях проектирования информации о показателях качества (надежность, технологичность, ремонтпригодность и т.п.) анализируемых вариантов, обычные методы калькулирования плановой или проектной себестоимости продукции оказываются неприемлемыми для получения оценки вариантов. В связи с этим необходимо применять различные методы прогнозирования затрат.

Конкретный метод технико-экономической оценки выбирается разработчиками новой техники с учетом специфики и степени новизны проектируемых технических систем, условий проведения, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и условий производства.

Рассмотрим методы технико-экономической оценки вариантов, применяемые в методе функционально-стоимостного анализа, метод удельных затрат:

- элементкоэффициентов;
- корреляционного моделирования;
- сокращенного нормативного калькулирования;
- экспертных экономических оценок [2, с. 318-323].

Метод удельных затрат применяется для оценки технологической себестоимости по вариантам, на которые имеются эскизы общего вида (документация на стадиях эскизного проектирования и технического предложения). Предполагается, что можно установить следующие данные:

- габаритные размеры сборочных единиц;
- примерную величину массы;
- вид материала;
- вид заготовок;
- количество оригинальных деталей.

Затраты на материалы Z_m определяются исходя из массы конструкции и стоимости материалов:

$$Z_m = \sum_k C_m * G, \quad (1)$$

где

C_m – стоимость единицы массы конструкции по группе деталей, изготавливаемых из определенного вида материала (сталь, пластик и т.д.);

G – масса деталей, изготавливаемых из определенного вида материала;

k – число видов материалов в конструкции.

Затраты на заработную плату Z_z рассчитываются, исходя из количества условных деталей в конструкции $N_{уд}$:

$$Z_z = C_z * N_{уд}, \quad (2)$$

где

C_z – заработная плата на одну условную деталь.

Для определения количества условных деталей используются специальные классификаторы деталей, с помощью которых любая деталь по ее конфигурации, сложности и габаритам может быть приравнена к некоторому количеству условных деталей. Аналогично

по количеству условных деталей определяются затраты на специальную оснастку и инструмент.

Например, в мелкосерийном и единичном производстве машин производственные затраты на деталь вычисляются по формуле:

$$C = G * (S_{y.o} + S_{y.m}) * K_6, \quad (3)$$

где

G – черновая масса детали;

S_{y.o} – удельные затраты, связанные с механической обработкой на единицу массы;

S_{y.m} – удельные материальные затраты на единицу массы;

K₆ – коэффициент, учитывающий потери от брака.

Метод элементкоэффициентов используется для оценки себестоимости деталей и узлов, имеющих типовые или унифицированные аналоги. Под элементкоэффициентом понимается коэффициент приведения, который показывает относительную себестоимость конструктивной части (элемента кинематической или электрической схемы) по отношению к аналогичной базовой конструктивной части.

На основе анализа большого статистического материала разработаны таблицы значений элементкоэффициентов для сложных деталей (станин, коробчатых столов, кронштейнов и др.), для типовых деталей в виде тел вращения, зубчатых передач, сварных и литых конструкций, элементов электрических схем (электродвигатели, трансформаторы, реле и др.).

Себестоимость машины (или узла) по методу элементкоэффициентов рассчитывается следующим образом:

$$C = C_{э.бн} \sum_{h} q_3 * K_3 + C_{пл} + C_k, \quad (5)$$

где

C – себестоимость проектируемой машины;

C_{э.бн} – себестоимость базовой конструкции машины;

q₃ – количество элементов в группе;

K₃ – элементкоэффициент для определенной группы элементов;

h – количество групп одинаковых элементов;

C_{пл} – стоимость покупных изделий, определяемая прямым счетом;

C_k – затраты на конструирование.

Метод корреляционного моделирования предполагает, что для расчета себестоимости может быть использована корреляционная (линейная) зависимость:

$$C = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (6)$$

где

a₀, a₁, a₂, ..., a_n – коэффициенты уравнения;

x₁, x₂, ..., x_n – отобранные основные параметры анализируемого объекта.

Пример корреляционного уравнения, выражающего зависимость трудоемкости деталей из листового проката от ряда конструктивно-технологических параметров, приведен ниже:

$$T = 0,054 * x + 0,353 * y + 0,187 * z + 0,007 * f - 1,54, \quad (7)$$

где

x – число конструктивных размеров, характеризующих обрабатываемые поверхности;

y – количество обрабатываемых поверхностей;

z – число технологических операций;

f – развернутая площадь листа детали.

Метод сокращенного нормативного калькулирования применяется для оценки прямых производственных затрат по вариантам конструктивных решений при достаточной проработке этих вариантов. Данный метод применяется на стадиях рабочего и технического проектов.

Метод предполагает рассмотрение каждой детали как совокупности типовых элементов (поверхностей, канавок, изгибов и т.д.). На каждый тип разрабатываются нормативы затрат времени для получения данного элемента у детали в зависимости от размеров и некоторых параметров.

По каждому элементу в отдельности рассчитываются следующие характеристики.

1. Масса снимаемой стружки определяется по формуле

$$g_c = a' * t'_{м.ч} * K_{с.ч} * K_{м.т}, \quad (8)$$

где

a' – приведенный минутный объем стружки, кг/мин.;

t'_{м.чр} – приведенное машинное время черновых переходов, мин.;

K_{с.ч} – коэффициент съема стружки на чистовых переходах;

K_{м.т} – коэффициент, учитывающий удельную массу материала, из которого изготовлена деталь.

Если сложить **g_c** по всем элементам, то получится масса всей стружки, снимаемой с детали, а затем по значению массы детали определяется масса заготовки.

2. Расчет станкоемкости детали рассчитывается поэлементно в следующей последовательности.

2.1. Определяется основное время обработки **t_о**:

$$t_o = t_4 * K_{в.ч} * K_{в.ч}, \quad (9)$$

где

t₄ – приведенное время черновых переходов, мин.;

K_{в.ч} – коэффициент, учитывающий основное время на чистовых переходах;

K_{об} – коэффициент обрабатываемости материалов по скорости резания.

2.2. Вычисляется время на установку и снятие детали в процессе ее обработки **T_y** по формуле:

$$T_y = (1 + 0,3 \sqrt{G}) * q * K_k, \quad (10)$$

где

G – масса детали;

q – число букв в технологическом коде;

K_k – коэффициент, учитывающий класс детали по конфигурации.

2.3. Определяется подготовительно-заключительное время **T_{пз}** по всем операциям, приходящимся на одну деталь:

$$T_{пз} = (14 * q + 5 * m) / n, \quad (11)$$

где

n – размер партии деталей;

m – число наименований элементов детали.

2.4. Станкоемкость обработки детали **T_c** определяется по формуле:

$$T_c = (T_{о.э} + T_{дон}) * (0,8 + 1 / (n + 1)) + T_y + T_{уз}, \quad (12)$$

где

T_{дон} – дополнительная станкоемкость из-за нефактности заготовки;

T_{о.э} – основное время обработки всех элементов детали.

Вторая часть алгоритма предполагает определение основных производственных затрат по результатам предшествующих расчетов массы заготовки, станкостоемкости и трудоемкости обработки.

Затраты на заработную плату определяются исходя из трудоемкости обработки и средней тарифной ставки рабочих. С помощью соответствующих коэффициентов учитываются также премии, доплаты и т.п.

Расходы, связанные с работой оборудования и инструмента, рассчитываются исходя из станкостоемкости обработки и себестоимости машино-часа работы оборудования.

Конечным результатом расчета является суммарная технологическая себестоимость детали.

Метод экспертных экономических оценок исходит из того, что между совокупным балльным показателем, рассчитанным по результатам экспертизы вариантов, и затратами существует прямая или обратная линейная связь. Экспертные методы применяются в случаях, когда одни виды затрат (например, затраты на изготовление) поддаются расчету, а другие (эксплуатационные издержки) вследствие неполной информации рассчитать невозможно. При этом выделяются те свойства решений, которые непосредственно влияют на оцениваемый вид затрат. Так, если на стадиях НИОКР необходимо оценить эксплуатационные издержки по вариантам решений, то берутся такие показатели, как ремонтпригодность, безотказность, долговечность и т.д.

Например, переменные эксплуатационные издержки Z_u , снижающиеся с ростом совокупного показателя качества Q_k , рассчитываются по формуле:

$$Z_u = Z_{уб} * (Q_{kmax} - Q_k), \quad (13)$$

где

$Z_{уб}$ – удельные эксплуатационные издержки на один балл;

Q_{kmax} – уровень показателя качества у «эталонного» решения.

Показатель Q_k рассчитывается как сумма взвешенных частных показателей отдельных свойств, выраженных в баллах соответствующей шкалы экспертных оценок. Стоимостные множители $Z_{уб}$ определяются и нормируются на основе статистического анализа данных об экономических показателях известных аналогичных конструкций.

На основании анализа затрат отыскиваются те функции, фактические затраты по которым могут быть снижены. Для решения указанной задачи в ФСА используются следующие методы анализа затрат [2, с. 331-339]:

- метод подбора и ориентировочной оценки простейших решений по каждой функции в отдельности;
- метод ранжирования функций по величине затрат, связанных с выполнением этих функций;
- метод установления пропорций между затратами на осуществление основных и вспомогательных функций;
- метод сопоставления затрат на функции с балльными оценками значимости функций;
- метод исследования факторов снижения затрат на функции.

Рассмотрим подробнее перечисленные методы анализа затрат.

Метод 1

Исследование системы с подбором и ориентировочной оценкой простейших решений по каждой функции заключается в формировании идеальной системы, с точки зрения затрат на реализацию каждой отдельной

функции. Первоначально на основе декомпозиции исследуемой системы определяется состав функций. Затем эксперты для каждой функции подбирают самый простой и дешевый способ исполнения, не забывая о совместимости элементов, и приближенно оценивают себестоимость намеченных решений. В табл. 2 приведены минимально возможные затраты на реализацию функции ВЗС человека-оператора, из которой видно, что для реализации всего комплекса функций требуется 980 руб.

Недостатком существующего метода подбора и оценки простейших решений является то, что сформированная в единственном варианте из отдельных наиболее дешевых элементов техническая система, как правило, оказывается неработоспособной из-за технической несовместимости отдельных частей конструкции. Поэтому минимально возможные затраты, полученные данным методом, не могут являться ориентиром при поиске новых рациональных решений.

В связи с этим более целесообразным представляется синтезировать не одну систему, а несколько наиболее дешевых технических систем. Для решения этой задачи достаточно эффективным является метод синтеза систем на морфологических таблицах [5, с. 120-122].

Таблица 2

МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫЕ ЗАТРАТЫ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ФУНКЦИЙ ВЗС

Руб.

Функция	Решение	Затраты
F1. Уравновешивать объемы различной массы	Консольный стержень из упругого материала	260
F2. Создавать оптимальную силу сопротивления на		
F2.1. Резонансных частотах	Пассивный частотно управляемый пневмомодератор	600
F2.2. Зарезонансных частотах	То же	То же
F3. обеспечивать устойчивость в горизонтальной плоскости		
F3.1. Увеличивать динамический ход	Разноплечий рычаг	120
F3.2. Обеспечивать устойчивую работу упругого элемента	То же	То же

Рассмотрим пример синтеза подмножества наиболее дешевых ВЗС человека-оператора, имеющих следующий набор функций:

- F_1 – создавать упругую восстанавливающую силу;
- F_2 – гасить резонансные колебания;
- F_3 – обеспечивать устойчивость в горизонтальной плоскости.

Наименования функций образуют строки морфологической матрицы (табл. 3), а столбцы матрицы – варианты (альтернативы) исполнения функций в виде конструкторских решений. По каждой функции экспертами подбираются наиболее дешевые альтернативы и заносятся в соответствующие ячейки матрицы. Определяются затраты на реализацию каждой альтернативы, которые также заносятся в морфологическую матрицу. Синтез вариантов исполнения ВЗС в данном случае осуществляется по следующей целевой функции:

$$\min \sum_{i=1}^N W_i, \quad (14)$$

где W_i – вектор значений затрат альтернатив i -й синтезированной системы;

N – морфологическое множество целостных вариантов в матрице.

$$N = \prod_{i=1}^L P_i \quad (15)$$

где P_i – размерность множества альтернатив 1-й строки матрицы.

Таблица 3

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА ДЛЯ СИНТЕЗА НАИБОЛЕЕ ДЕШЕВЫХ ВИБРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Руб.				
Функция	Вариант исполнения функции и затраты на функцию			
F_1 – создавать упругую восстанавливающую силу	A_{11} – металлическая винтовая пружина	A_{12} – резиновый элемент	A_{13} – пневматический элемент	A_{14} – торсионный элемент
	160	200	250	240
F_2 – гасить резонансные колебания	A_{21} – фрикционные демпфер	A_{22} – пневматический демпфер	A_{23} – динамический гаситель	A_{24} – динамический корректор
	350	600	400	300
F_3 – обеспечивать устойчивость системы в горизонтальной плоскости	A_{31} – поступательная пара шток – цилиндр	A_{32} – дву-плечий рычаг	A_{33} – параллелограммный механизм	-
	120	80	170	-

Синтезированное подмножество наиболее дешевых ВЗС систем анализируется с точки зрения их работоспособности. Далее отбирается одно или несколько работоспособных технических решений, на основании которых определяются минимально возможные затраты на реализацию функций ВЗС (табл. 4).

Таблица 4

МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫЕ ЗАТРАТЫ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ФУНКЦИЙ ВЗС

Руб.				
Функция F_i	Решение	Затраты	Решение	Затраты
F_1	A_{11} – металлическая винтовая пружина	160	A_{11} – металлическая винтовая пружина	160
F_2	A_{24} – динамический корректор	300	A_{24} – динамический корректор	300
F_3	A_{32} – дву-плечий рычаг	80	A_{31} – поступательная пара	120
Суммарные затраты		540	-	580

Метод 2

Рассмотрим анализ затрат ВЗС методом ранжирования функций по величине затрат. Данный метод исходит из того, что если допустить примерно одинаковый технический уровень решений по каждой функции в исходной конструкции изделия, то с большей вероятностью можно ожидать значительного снижения затрат по тем функциям, у которых велики фактические затраты.

Анализ осуществляется в следующей последовательности. Исходная система, в нашем случае ВЗС, декомпозируется на составные части, для которых определяются функции (аналогичный анализ приведен при рассмотрении предыдущего метода). Определяется себестоимость составных частей и их функций. Все функции располагаются в порядке убывания их себестоимости в координатных осях «функция – себестоимость». Строится суммирующая кривая, которая пока-

зывает возрастание стоимости объекта по мере включения в него упорядоченных выше частей.

На рис. 3 показана суммирующая кривая для рассматриваемой ВЗС, состоящей из четырех составных элементов. Суммарная себестоимость ВЗС в целом равна 1 000 рублей. Эта величина разбивается на три части: 750 руб. (75%), 200 руб. (20%) и 50 руб. (5%), а на графике проводятся горизонтальные линии, соответствующие этим числам. Точки пересечения горизонтальных линий с суммирующей кривой дают три группы: **A**, **B** и **B**. В рассматриваемом примере:

- в группу **A** попадает гидродемпфер;
- в группу **B** – упругий элемент и регулятор жесткости;
- в группу **B** – направляющий механизм.

Предполагается, что наибольшие резервы экономии содержатся в функциональных элементах, попавших в группу **A**. Элементы этой группы следует в первую очередь подвергать анализу и совершенствованию на последующих этапах ФСА.

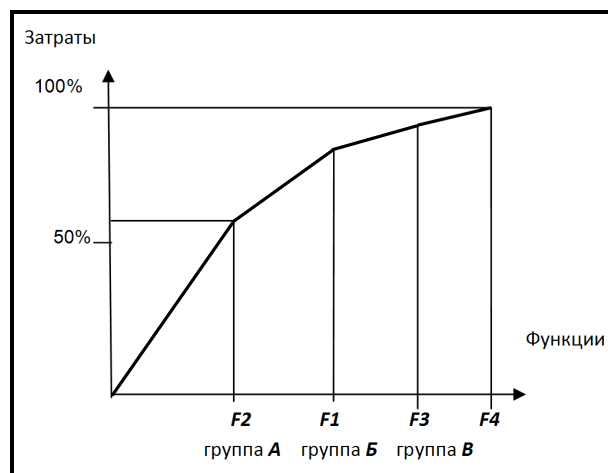


Рис. 3. Суммирующая кривая стоимости

Метод 3

Метод установления пропорций между затратами на осуществление основных и вспомогательных функций базируется на том, что основные функции, играющие ведущую роль в полезном применении изделия, должны характеризоваться и большими затратами, чем вспомогательные функции. В связи с этим себестоимость системы в целом подразделяется на две части: затраты на осуществление основных функций и затраты на осуществление вспомогательных функций. При этом чем меньше удельный вес затрат на вспомогательные функции в общей себестоимости системы, тем лучше его стоимостная характеристика. Оптимальное соотношение указанных затрат для различных систем устанавливается в результате специальных исследований.

Для рассматриваемого примера на долю затрат по основным функциям приходится 80% общих затрат на ВЗС.

В теории ФСА выработано правило, в соответствии с которым усилия на улучшение решений следует направлять на основные функции, если доля затрат на них составляет 50-70% и более общих затрат. Если затраты на основные функции составляют меньше 50% общих затрат, то целесообразно совершенствовать систему за счет улучшения вспомогательных функций.

Исходя из данного правила, совершенствование рассматриваемой виброзащитной системы следует осуществлять за счет оптимизации основных функций.

Для перечисленных в начале пункта четвертого и пятого методов анализа на основе метода анализа иерархий [4, с. 34-36] разработаны их модификации. Рассмотрим сущность этих модифицированных методов.

Метод сопоставления затрат на функции с балльными оценками значимости исходит из предположения о том, что нормирующим условием для распределения затрат служит значимость функций. Значимость функций некоторого уровня иерархии функциональной модели определяет их вклад в реализацию функции вышестоящего иерархического уровня, которой они подчинены. Для оценки значимости H_i i -й функции в методе ФСА предполагается использовать один из ведущих критериев качества функции, которой она подчинен; такими критериями являются надежность, точность, быстродействие и т.д.

Относительные производственные затраты Z_i на осуществление i -й функции также выражаются в баллах следующим образом:

$$Z_i = C_i \cdot 100 / C_{\text{общ}}, \quad (16)$$

где

C_i – затраты на осуществление i -й функции, руб.;

$C_{\text{общ}}$ – общая стоимость изготовления всего объекта, руб.

Далее балльные оценки H_i и Z_i сопоставляются с помощью диаграммы «значимость – затраты», и рассчитываются значения удельных относительных затрат на один балл значимости:

$$z_i = Z_i / H_i. \quad (17)$$

Неблагополучным по соотношению «затраты – значимость» считаются те функции, у которых значение z_i больше единицы.

Рассмотрим пример сопоставления затрат и значимостей функций для виброзащитной системы с использованием традиционного и предлагаемого подходов.

Анализируемая виброзащитная система имеет главную функцию, характеризующую систему в целом, и четыре подфункции, характеризующие назначение четырех конструктивных элементов, из которых состоит система.

Все подфункции подчинены главной функции, которая заключается в обеспечении защиты человека-оператора от вибраций. Ведущим критерием качества главной внешней функции является качество виброзащитных свойств рассматриваемой технической системы. В результате экспертной оценки относительной значимости функций по критерию «качество виброзащитных свойств» получены следующие данные: $H_1 = 40$; $H_2 = 20$; $H_3 = 25$; $H_4 = 15$ баллов (сумма баллов по всем функциям должна равняться 100).

Относительные производственные затраты на осуществление i -й функции, выраженные в баллах, имеют следующие значения:

$$Z_1 = 30; Z_2 = 50; Z_3 = 5; Z_4 = 15.$$

Диаграмма «значимость – затраты» для рассматриваемой системы виброзащиты приведена на рис. 4. Соответствующие удельные относительные затраты на один балл значимости имеют следующие значения:

$$z_1 = 0,75; z_2 = 2,5; z_3 = 0,20; z_4 = 1,0.$$

Анализ диаграммы «значимость – затраты» и значений удельных затрат указывает на целесообразность

проведения совершенствования системы по функции F_2 , поскольку для нее удельные затраты значительно превосходят единицу ($z_2 = 2,5$).

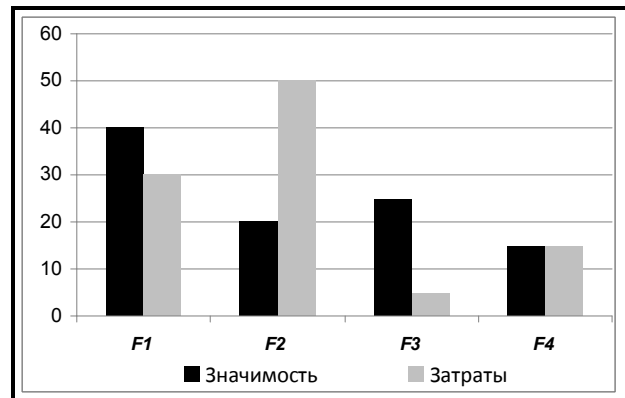


Рис. 4. Соотношение значимости и затрат

Основным недостатком этого метода является большая неопределенность, вкладываемая в определение критерия значимости функции. Для устранения данного недостатка предлагается использовать иерархическое представление значимости функций.

Значимость функций может быть определена по одному ведущему критерию или по комплексу наиболее важных критериев качества, характеризующих главную внешнюю функцию системы в целом. Для первого случая иерархическая система имеет вид, приведенный на рис. 5а.

Во втором случае подбирается такой набор наиболее важных критериев качества, с помощью которых может быть оценена как главная внешняя функция, так и функции отдельных элементов, обеспечивающие выполнение первой. Общая схема ранжирования функций F_i по значимости с учетом множества критериев качества K_i приведена на рис. 5б.

Рассмотрим пример сопоставления затрат и значимости функций для базовой виброзащитной системы (см. табл. 1) с использованием многокритериального метода анализа иерархий.

Значимость функций будем определять по следующим критериям качества:

- K_1 – эффективность;
- K_2 – надежность;
- K_3 – долговечность.

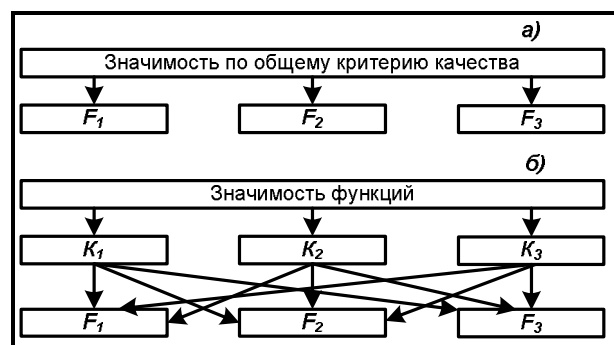


Рис. 5. Иерархии для определения значимости функций

Функции оценивались методом парного сравнения по каждому критерию качества K_i . Матрицы парных срав-

нений, заполненные экспертно, и правые собственные вектора по каждому критерию имеют вид (табл. 5-7).

Таблица 5

МАТРИЦА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ АЛЬТЕРНАТИВ ПО КРИТЕРИЮ «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»

K_1	F_1	F_2	F_3	F_4	W_1
F_1	1	7	5	9	0,630
F_2	-	1	1/5	5	0,092
F_3	-	-	1	7	0,242
F_4	-	-	-	1	0,036

Таблица 6

МАТРИЦА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ПО КРИТЕРИЮ «НАДЕЖНОСТЬ»

K_2	F_1	F_2	F_3	F_4	W_2
F_1	1	7	5	9	0,640
F_2	-	1	1/5	3	0,078
F_3	-	-	1	7	0,242
F_4	-	-	-	1	0,040

Таблица 7

МАТРИЦА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ПО КРИТЕРИЮ «ДОЛГОВЕЧНОСТЬ»

K_3	F_1	F_2	F_3	F_4	W_3
F_1	1	5	1	7	0,423
F_2	-	1	1/5	5	0,127
F_3	-	-	1	5	0,333
F_4	-	-	-	1	0,051

В результате иерархического синтеза с учетом равнозначного участия всех критериев качества в определении значимости функции (цели иерархии) был получен интегральный вектор приоритетов функций, который установил для них следующую значимость:

$H_1 = 0,564; H_2 = 0,131; H_3 = 0,294; H_4 = 0,039.$

Относительные производственные затраты на осуществление функций оставлены прежними и определены для i -й функции с учетом зависимостей (16) и (17).

Гистограмма «значимость – затраты», полученная на основе МАИ, приведена на рис. 6.

Сопоставительный анализ диаграмм показывает, что значимости функций, полученные разными методами, отличаются. Удельные относительные затраты распределились по функциям следующим образом:

$z_1 = 0,53; z_2 = 3,8; z_3 = 0,17; z_4 = 4,50.$

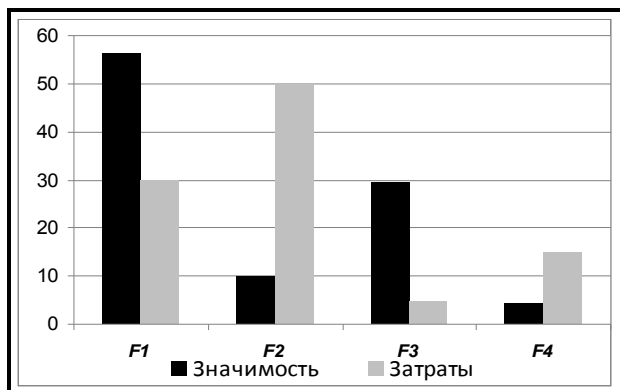


Рис. 6. Скорректированная диаграмма «значимость-затраты»

Сопоставительный анализ удельных относительных затрат показывает, что согласно первому методу первоочередной функцией для совершенствования является вторая, а согласно второму методу – четвертая.

Таким образом, очевидна целесообразность использования современных математических методов на различных этапах проведения ФСА инновационных решений. Использование метода анализа иерархий позволяет более обоснованно выявлять относительную значимость функциональных элементов анализируемых систем. При этом важна широкая инвариантность данных методов по сферам инновационной деятельности.

Литература

1. Декатов Д.Е. Формализация процедур анализа и оценки инновационных решений на основе математических методов [Текст] / П.В. Терелянский, Д.Е. Декатов // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №3. – С. 128-138.
2. Карпунин М.Г. и др. Функционально-стоимостной анализ инженерной деятельности [Текст] : учеб. пособие / М.Г. Карпунин, А.М. Кузьмин, С.В. Шалденков. – М. : Информэлектро, 1990. – 75 с.
3. Кузнецов С.Ю. и др. Модели и программные средства поддержки процедур функционально-стоимостного анализа промышленной продукции [Текст] : монография / Андрейчиков А.В., Кузнецов С.Ю., Декатов Д.Е. – Волгоград, 2005. – 147 с.
4. Терелянский П.В. Непараметрическая экспертиза объектов сложной структуры [Текст] : монография / П.В. Терелянский. – М.: Изд.-торг. корп «Дашков и Ко», 2009. – 221 с.
5. Терелянский П.В. Математические и инструментальные средства поддержки принятия решений в экономике [Текст] / П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №6. – С. 461-471.

Ключевые слова

Функционально-стоимостный анализ; затраты; калькуляция; значимость функций; иерархия; критерии; парные сравнения .

Кузнецов Сергей Юрьевич

Терелянский Павел Васильевич

РЕЦЕНЗИЯ

Методология функционально-стоимостного анализа (ФСА) является весьма эффективным инструментом решения задач проектирования и создания рациональных инновационных систем в различных сферах деятельности. Использование в рамках этой методологии современных математических методов значительно повышает обоснованность получаемых результатов.

Предлагаемые авторами в данной статье подходы связаны с выполнением отдельных этапов процедуры ФСА сложных технических систем, в частности, с объективной оценкой затрат на реализацию отдельных функциональных подсистем. Для этого предлагается использовать ряд методов, непосредственно связывающих значения затрат трудовых и материальных ресурсов с технологическими параметрами изделий.

Для повышения адекватности результатов исследовательского этапа ФСА авторами предлагается использование элементов морфологического анализа, а также метода анализа иерархий. Этот подход позволяет более точно оценивать значимость выявленных функций относительно главной цели анализируемой инновационной технической системы через иерархически подчиненные специфические критерии. Это в конечном итоге обеспечивает адекватное определение критических функций, требующих последующей оптимизации по соотношению «значимость – затраты».

Очевидна актуальность и научно-практическая ценность статьи. Считаю возможным рекомендовать ее к печати.

Гущина Е.Г., д.э.н., доцент кафедры «Мировая экономика и экономическая теория» Волгоградского государственного технического университета

3.11. ECONOMICAL- MATHEMATICS METHODS OF EVALUATION OF COSTS OF INNOVATION DECISIONS REALIZATION

S.J. Kuznetsov, Candidate of Science (Economical),
the Senior Lecturer «Information Systems in Economy»;
P.V. Tereliatsky, Candidate of Science (Technical),
Doctor of Science (Economical), the Senior Lecturer
Managing Chair «Information Systems in Economy»

Volgograd State Technical University

Literature

1. M.G. Karpunin. Activity-Based Costs in Engineering. The Textbook / M.G Karpunin, A.M. Kuzmin, S.V. Shaledenkov. – M.: Informelektro, 1990. – 75 p.
2. P.V. Tereliatsky. Mathematical and Instrument Supporting Means of Decision Making in the Economy. /P. V. Terelyanskiy // Audit and Financial Analysis. – 2008. – №6, pp. 461-471.
3. S.U. Kuznetsov etc. Models and Program Stuffs for Support of ABC Procedures of Manufactures: the Monograph / A.V. Andrejchikov, S.U. Kuznetsov, D.E. Dekatov. – Volgograd : Volgograd State Technical University, 2005. – 147 p.
4. P.V. Tereliatsky. Non-Parametrical Expert Examination of Object of Complex Structure: the Monograph / P.V. Tereliatsky. – M.: Dashkov & Co, 2009. – 221 p.
5. D.E. Dekatov, P.V. Tereliatsky. Formalization of Procedures of the Analysis and Estimation of Innovative Decisions on the Basis of Mathematical Methods / D.E. Dekatov, P.V. Terelyanskiy // Audit and Financial Analysis. – 2008. – №6, pp. 461-471.

Keywords

Activity-based costs analysis; costs; calculation; functions values; criterions; matrix of pair comparing.