

УДК 629.764

А. А. Балдин

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ОБЩИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ОТРАБОТКИ ИЗДЕЛИЯ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В статті подано загальний підхід до оцінки вартості виготовлення та відпрацювання елементів конструкції виробу на початкових етапах його проектування. Передбачається використання даного підходу для вибору найбільш економічно ефективного варіанта серед альтернативних конфігурацій виробу.

Ключові слова: вартість виготовлення, вартість відпрацювання, проектування за критерієм мінімальної вартості.

В статье представлен общий подход к оценке стоимости изготовления и отработки элементов конструкции изделия на ранних этапах его проектирования. Предполагается использование данного подхода для выбора наиболее экономически эффективного варианта среди альтернативных конфигураций изделия.

Ключевые слова: стоимость изготовления, стоимость отработки, проектирование по критерию минимальной стоимости.

The general approach to vehicle's manufacturing cost estimation and testing cost estimation on the initial stages of designing is presented in the article. The approach is assumed to be used for the most economically efficient vehicle's configuration choice among the alternative variants.

Keywords: manufacturing cost, testing cost, minimal cost criterion designing.

Введение. В основе подхода, предложенного в работе [2], лежит попытка учесть опыт создания и применения существующих методик оценки и снижения стоимости изделий ракетно-космической техники. В частности, поставлена задача интегрирования в единый комплекс процессов принятия проектно-конструкторских решений и мониторинга формирования стоимости создаваемого изделия. Это позволяет решить проблему своевременности оценки, а также исключает рекомендательный характер методики.

Чтобы решить проблему точности оценок, применительно подходу [2], предполагается обеспечить разработчика возможностью выбора *заведомо экономически-оптимального варианта конфигурации* проектируемого изделия (среди основных технически возможных альтернатив). При этом нет необходимости точно оценивать стоимость изделия принятой конфигурации в денежном выражении, если заведомо известно, что эта стоимость минимальна.

Постановка задачи. Задача мониторинга формирования стоимости изделия в процессе определения его технических характеристик требует однозначной привязки экономических (стоимостных) параметров создаваемого изделия к тем его техническим характеристикам, которые определяются. На ранних этапах проектирования, прежде всего, формируется конфигурация изделия, определяются его массовые характеристики в первом приближении. Увязка конструктивной конфигурации изделия с его стоимостными характеристиками представляет собой сложную научную задачу и в данной статье не рассматривается*.

В то же время задачу оценки сопоставительной стоимости некоторого отдельно взятого элемента конструкции (сборки, узла или агрегата, далее – *элемента*) представляется возможным решить, опираясь на минимальный объем исходных данных. С этой целью целесообразно ввести уравнение, которое, обладая максимально простой формой, объединит в себе доступные на раннем этапе проектирования технические данные с сопоставительной стоимостью рассматриваемого элемента конструкции. Такое уравнение представляется в следующем виде:

$$C_i = m_i \cdot Pr_i \cdot \left(1 + \sum_{j=1}^n Kt_j \right) \cdot (1 + Ke), \quad (1)$$

где C_i – сопоставительная стоимость i -го элемента, у.е.; m_i – масса i -го элемента в доступном на данном этапе приближении, кг; Pr_i – среднерыночная цена 1 кг *исходного материала* («на входе» в цех), из которого посредством осуществления ряда технологических операций изготавливается i -й элемент, у.е./кг; Kt_j – коэффициент стоимостного воздействия j -й технологической операции; n – *условное* число технологических операций, которые необходимо осуществить над заготовкой из исходного материала, чтобы она приобрела вид данного i -го элемента конструкции; Ke – коэффициент стоимостного воздействия экспериментальной отработки данного элемента.

В состав **сопоставительной стоимости** некоторого отдельно взятого элемента конструкции C_i в виде *сомножителей* включена стоимость его *конструкционного материала, изготовления и отработки*. Для этого есть строгие основания: если отбросить те стоимостные факторы, которые не зависят от конкретного элемента** (а это допустимо для сопоставительной оценки), то, в общем случае, стоимость *любого* отдельно взятого элемента формируется из стоимости конструкционного материала элемента, стоимости его изготовления и отработки. Это **исчерпывающий набор данных**,

* – Будучи определенной автором в качестве одной из приоритетных задач для дальнейших исследований.

** – К таковым относятся, например, условно-постоянные производственные затраты.

позволяющий провести *сопоставительную оценку стоимости* среди *альтернативных вариантов конфигурации* изделия, впоследствии выбрав экономически оптимальное сочетание отдельно взятых элементов. Задача теперь состоит в том, чтобы на основании минимального объема исходных данных оценить сопоставительную стоимость соответствующих сомножителей. Для решения поставленной задачи предлагается следующий подход.

Стоимость конструкционного материала соответствующего элемента конструкции целесообразно представить в виде произведения *среднерыночной цены материала его заготовки* Pr_i и массы элемента. Возможная разница между массами заготовки и готовой детали будет учтена в технологическом сомножителе (при помощи соответствующего Kt , см. далее).

Сопоставительная **стоимость изготовления** заданного элемента конструкции определяется на основании следующих допущений:

1. Элемент конструкции *любой* конфигурации, независимо от его масштаба и сложности, можно изготовить из исходного материала (или их группы) посредством осуществления конечного, заранее известного числа технологических операций.

2. Любой элемент конструкции, принятый в состав проектируемого изделия, изготавливается на базе существующих и доступных (традиционных или передовых) технологий.

3. Все технологические операции, доступные в рамках заданной производственной базы, подлежат сравнению по признаку производственных затрат [1]. Данное сравнение осуществимо традиционными методами (в первую очередь на основе статистики).

4. На ранних этапах проектирования для любого (i -го) элемента конструкции возможно сформировать укрупненный технологический процесс в виде последовательности технологических операций (в количестве n единиц), удовлетворяющей требованиям п. 1.

Указанные допущения позволяют записать множитель, отвечающий за сопоставительную стоимость изготовления элемента $C_{изг}$, в форме, предложенной в уравнении (1). Этот множитель имеет вид:

$$C_{изг} = 1 + \sum_{j=1}^n Kt_j . \quad (2)$$

Каждый коэффициент стоимостного воздействия j -й технологической операции Kt_j отвечает за вклад данной технологической операции в стоимость изготовления данного элемента конструкции. Значение Kt определяется на основе статистики по производственным затратам любой сопоставимой отрасли промышленности (например, хорошо известными методами анализа

себестоимости продукции*). К примеру, в работе [4] фигурирует относительная стоимость технологии производства корпусов твердотопливных ракетных двигателей, изготовленных из полимерных композиционных материалов.

На данном этапе влияние серийного производства на стоимость изготовления элементов конструкции не учитывается, поэтому значения Kt положительны. Выражение (2) допускает нулевое значение слагаемого $\sum_{j=1}^n Kt_j$.

Это позволяет предусмотреть случай, когда затраты на изготовление отсутствуют (например, при учете стоимости топлива, которое закупается, как готовый продукт).

Задача определения сопоставительной **стоимости экспериментальной отработки** C_{exp} является наиболее сложной вследствие того, что объем требуемых экспериментальных работ заранее неопределим, а сами работы достаточно дорогостоящи. Для решения этой задачи может быть использован следующий подход, основанный на таких допущениях:

1. Все элементы конструкции создаваемого изделия можно разделить на две группы:

а) элементы, для подтверждения характеристик которых требуется проведение экспериментальной отработки;

б) элементы, характеристики которых известны и отработка не требуется.

2. Для каждого элемента конструкции на ранних этапах проектирования можно сформулировать критерии отказа в виде перечня возможных вариантов выхода элемента из строя. Справедливость данного допущения подтверждается тем фактом, что для вновь разрабатываемых элементов конструкции критерии отказов указываются еще в Техническом задании [3].

3. Существующий на сегодня теоретический и практический задел в ракетно-космической промышленности позволяет (с приемлемой точностью) заранее определить количество требуемых экспериментальных образцов для подтверждения характеристик соответствующего вновь разработанного элемента конструкции на основании критериев его отказа.

Сомножитель уравнения (1), отвечающий за вклад экспериментальной отработки в стоимость данного элемента конструкции, имеет вид:

$$C_{\text{exp}} = 1 + Ke. \quad (3)$$

* – Определение значения Kt для соответствующей технологической операции – единственная часть работ, которая в случае применения подхода [2] потребует привлечения специалистов в области экономики (инженер-проектант, в свою очередь, формирует набор технологических операций). При этом важно отметить, что подготовка перечня доступных технологических операций и расчет соответствующих Kt , т.е. формирование базы данных, может осуществляться совершенно независимо от процесса проектирования. Более того, одна и та же база данных может быть использована многократно для проектирования разных изделий, поэтому затраты на ее формирование непременно оправданы.

Коэффициент стоимостного воздействия экспериментальной отработки K_e равняется количеству экспериментальных образцов данного элемента конструкции, которое требуется для подтверждения его характеристик по всем критерием отказа. Значение K_e определяется экспертным путем для каждого элемента отдельно. Форма выражения (3) допускает нулевое значение K_e , что имеет место для элементов, не требующих отработки. Тот факт, что правая часть выражения (3) является множителем уравнения (1) учитывает полный перечень сопоставительных затрат на производство экспериментальных образцов соответствующего элемента конструкции.

Выводы. В данной работе предложен укрупненный подход к оценке сопоставительной стоимости изготовления и отработки элементов конструкции, которые в совокупности составляют тот или иной альтернативный вариант конфигурации проектируемого изделия. Предполагается применение данного подхода для выбора наиболее экономически эффективного варианта конфигурации проектируемого изделия среди технически возможных альтернатив. Принципы формирования конфигураций альтернативных вариантов для последующей сопоставительной оценки их стоимости, а также углубленный анализ положений, представленных в данной статье, выбраны автором в качестве направления дальнейших работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів: *навч. посібн.* / [Ю. С. Алексєєв, О. Є. Джур, О. В. Кулик та ін.]; *за ред. д-ра техн. наук Є. О. Джура.* – Д.: АРТ-ПРЕС, 2007. – 480 с.
2. Линник А. К. Постановка задачи о стоимостной инженерии /А. К. Линник, А. А. Балдин // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: *зб. науков. праць.* – Д.: Пороги, 2013. – Т. XV. – С. 58–62.
3. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002–89. – ГОСТ 27.002–89. – Дата введения 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 87 с.
4. Санін Ф. П. Твердопаливні ракетні двигуни. Матеріали і технології: *підручн.* / Ф. П. Санін, Л. Д. Кучма, Є. О. Джур, А. Ф. Санін. – Д.: ДГУ, 1999. – 320 с.

Надійшла до редколегії 07.11.2013