

Р.С.Аносов, кандидат технических наук,  
доцент

Д.М.Бывших, кандидат технических  
наук, старший научный сотрудник

Е.Е.Верич

Ю.М.Глазунов, кандидат технических  
наук, старший научный сотрудник

А.В.Дмитриев, кандидат технических  
наук

### **Экономический эффект от применения унифицированных составных частей при разработке техники радиоэлектронной борьбы**

*Представлен подход к оценке экономического эффекта унификации при разработке образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Подход базируется на структурном анализе стоимости разработки и выявлении составляющих стоимости, наиболее зависимых от соотношения оригинальных и унифицированных составных частей. Это позволяет рассчитывать снижение стоимости разработки как функции коэффициента применяемости. Предлагаемые зависимости могут быть использованы при прогнозировании затрат на создание техники РЭБ.*

В настоящее время существует ярко выраженная тенденция на увеличение технической и конструктивной сложности образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с соответствующим значительным возрастанием ресурсоемкости их разработки. В этих условиях особую важность приобретают вопросы снижения стоимости опытно-конструкторских работ (ОКР), при этом одним из наиболее эффективных способов снижения затрат является унификация образцов ВВСТ [1]. Унификация позволяет сократить время проектирования, повысить надежность вновь создаваемого вооружения, достичь значительного экономического эффекта [2].

В соответствии с нормативными документами<sup>1</sup> одним из основных направлений унификации при разработке ВВСТ является уни-

фикация образцов ВВСТ на уровне их составных частей (СЧ), а именно: «использование во вновь разрабатываемых и модернизируемых группах изделий ранее спроектированных, освоенных в производстве и апробированных или впервые разработанных одинаковых (повторяющихся в пределах группы) составных частей»<sup>2</sup>. Однако, несмотря на объективно существующий значительный экономический эффект этого направления, до настоящего времени при оценке стоимости ОКР по разработке образцов техники РЭБ эффект от использования заимствованных СЧ фактически не учитывался.

Такое положение обусловлено, в основном, отсутствием необходимой методической базы, которая в настоящее время представляет собой лишь общие подходы и алгоритмы качественных оценок эффектов унификации. С другой стороны, стоимость ОКР по созданию или модернизации образца напрямую зависит от требований (в том числе и требо-

1 ГОСТ РВ 15.207–2005. Система разработки и постановки на производство. Военная техника. Порядок проведения работ по стандартизации и унификации в процессе разработки и постановки на производство изделий. – М.: Стандартинформ, 2006; ГОСТ 23945.0-80. Унификация изделий. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1998.

2 ГОСТ 23945.0-80. Унификация изделий. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1998.

ваний по унификации) к этому образцу, задаваемых и закрепляемых в тактико-техническом задании (ТТЗ) на ОКР.

Сказанное обуславливает актуальность задачи разработки методов количественной оценки влияния применения унифицированных СЧ на стоимость разработки, решение которой и является целью данной статьи.

Основным показателем уровня унификации разрабатываемых изделий, характеризующим степень конструктивной преемственности и насыщенность их заимствованными СЧ и задаваемым в количественной форме в ТТЗ на ОКР, является коэффициент применяемости, который в соответствии с ГОСТ «Система разработки и постановки на производство. Военная техника. Порядок проведения работ по стандартизации и унификации в процессе разработки и постановки на производство изделий» определяется соотношением оригинальных и заимствованных СЧ:

$$k_{np} = \frac{N - \eta}{N}, \quad (1)$$

где:  $N$  – общее количество СЧ в образце;

$\eta$  – количество оригинальных СЧ.

С учетом того, что при разработке нового образца используются как вновь разрабатываемые составляющие, так и заимствованные (закупаемые) компоненты, для образца ВВСТ, состоящего из  $N$  СЧ, стоимость разработки можно представить в виде:

$$C_{ОКР} = \sum_{i=1}^{\eta} C_{ОКРi}^{СЧ} + \sum_{k=1}^{\pi} C_{ПРj}^{СЧ} + \phi \sum_{i=1}^{\eta} C_{ОКРi}^{СЧ} + \psi \sum_{k=1}^{\pi} C_{ПРk}^{СЧ} + C^{const} = (1 + \phi) \sum_{i=1}^{\eta} C_{ОКРi}^{СЧ} + (1 + \psi) \sum_{k=1}^{\pi} C_{ПРj}^{СЧ} + C^{const}, \quad (3)$$

где:  $\phi, \psi$  – коэффициенты пересчета стоимости работ по комплексированию от стоимости комплексируемых оригинальных и закупаемых СЧ соответственно, как уже отмечалось,  $\phi = 1,3; \psi = 0,6$ .

С учетом свойств математического ожидания, стоимость совокупности СЧ (как вновь разрабатываемых, так и закупаемых) равна произведению средней стоимости (математического ожидания) на количество СЧ, тогда:

$$C_{ОКР} = (1 + \phi) \eta \overline{C_{ОКР}^{СЧ}} + (1 + \psi) \pi \overline{C_{ПР}^{СЧ}} + C^{const}, \quad (4)$$

$$C_{ОКР} = \sum_{i=1}^{\eta} C_{ОКРi}^{СЧ} + \sum_{k=1}^{\pi} C_{ПРj}^{СЧ} + C_{компл} + C^{const}, \quad (2)$$

где:  $C_{компл}$  – стоимость работ по комплексированию СЧ;

$C_{ОКРi}^{СЧ}$  – стоимость разработки вновь разрабатываемой  $i$ -й СЧ;

$C_{ПРj}^{СЧ}$  – стоимость серийного производства (закупочная цена)  $j$ -й стандартной унифицированной СЧ, используемой при разработке образца;

$C^{const}$  – часть стоимости разработки, слабо зависящая от типа и стоимости используемых СЧ (например, стоимость оборудования, государственных испытаний, разработки и корректировки рабочей конструкторской и эксплуатационной документации);

$\pi$  – число закупленных или заимствованных СЧ и используемых при разработке образца (в рамках проведения ОКР);

$\eta$  – число оригинальных (вновь разрабатываемых при разработке образца) СЧ ( $\eta + \pi = N$ ).

Отметим, что использование оригинальных СЧ хотя и повышает технический уровень изделия, но увеличивает общую трудоемкость работ, а, следовательно, и стоимость ОКР [2]. Проведенный анализ показывает, что в случае техники РЭБ затраты на комплексирование оригинальных СЧ составляют около 1,3 стоимости комплексируемых СЧ, для закупаемых СЧ – порядка 0,6. С учетом этого запишем:

где:  $\overline{C_{ОКР}^{СЧ}}, \overline{C_{ПР}^{СЧ}}$  – средняя стоимость оригинальной (вновь разрабатываемой) и закупаемой СЧ соответственно.

В ходе проведенных исследований на основе статистических данных об образцах техники РЭБ обоснованы соотношения стоимости образца в серийном производстве и стоимости его разработки [3]. Обозначим коэффициент пересчета как  $\xi$  ( $\xi = 0,1 \div 0,3$  в зависимости от вида техники РЭБ). Используя соотношение  $\overline{C_{ПР}^{СЧ}} = \xi \overline{C_{ОКР}^{СЧ}}$  в выражении (4)

для различных СЧ различных уровней детализации, получим:

$$C_{OKP} = (1+\phi)\eta \overline{C_{OKP}^{CЧ}} + (1+\psi)\pi \xi \overline{C_{OKP}^{CЧ}} + C^{const} = \overline{C_{OKP}^{CЧ}} [(1+\phi)\eta + (1+\psi)\pi \xi] + C^{const}. \quad (5)$$

При выборе меры экономического эффекта будем исходить из фундаментального принципа сопоставления [4]: «насколько одно состояние или процесс лучше (хуже) другого состояния или процесса». При таком подходе эффект унификации определится как раз-  
 $\Delta C_{OKP} = \overline{C_{OKP}^{CЧ}} [(1+\phi)N] - \overline{C_{OKP}^{CЧ}} [(1+\phi)(N-\pi) + (1+\psi)\pi \xi] = \overline{C_{OKP}^{CЧ}} \pi [(1+\phi) - (1+\psi)\xi] = Const^* \overline{C_{OKP}^{CЧ}} \pi$ , (6)  
 где  $Const^*$  – некоторая константа, равная по величине  $(1+\phi) - (1+\psi)\xi$ , характеризующая среднестатистическую стоимостную структуру, характерную для ОКР по разработке образца техники РЭБ. При значениях коэффициентов  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\xi$ , представленных выше, значение  $Const^*$  составляет  $1,82 \div 2,14$ .

Исходя из (4), можно утверждать, что экономический эффект прямо пропорционален средней стоимости СЧ и количеству используемыхкупаемых СЧ, что можно объяснить исключением из общей ОКР разработок в объеме использования унифицированных СЧ – подсистем и технических устройств.

Эффект (6) легко связать с характеризующим уровень унификации коэффициентом применяемости  $k_{np}$  (1). Так, подставляя  $\pi = Nk_{np}$  в выражение (6), имеем:

$$\Delta C_{OKP} = Const^* \overline{C_{OKP}^{CЧ}} Nk_{np} \approx 2 \overline{C_{OKP}^{CЧ}} Nk_{np}. \quad (7)$$

То есть экономический эффект прямо пропорционален средней стоимости СЧ образца, количеству СЧ и коэффициенту применяемости.

При программном планировании развития техники РЭБ прогноз стоимости ОКР строится, в основном, методом аналога или нормативно-калькуляционным методом. Рассмотрим вначале как выражение (7) может быть использовано при прогнозировании сто-

имости стоимостей ОКР при использовании только оригинальных СЧ (для такой ОКР  $\eta = N$ ) и при использовании оригинальных икупаемых СЧ (для такой ОКР  $\eta = N - \pi$ ), т. е.:

ности ОКР методом аналога. Так, рассматривая стоимость ОКР по созданию некоторого образца как разность стоимости ОКР при использовании только оригинальных СЧ ( $\eta = N$  и  $\pi = 0$ ) и выигрыша при использовании унифицированных СЧ на некотором уровне  $k_{np}$  и, используя выражения (7) и (3), запишем для разрабатываемого образца и его аналога:

$$C_{OKP} = 2,3 N \overline{C_{OKP}^{CЧ}} + C^{const} - 2 \overline{C_{OKP}^{CЧ}} Nk_{np}, \quad (8)$$

$$C_{OKP}^a = 2,3 N^a \overline{C_{OKP}^{CЧa}} + C^{const a} - 2 \overline{C_{OKP}^{CЧa}} N^a k_{np}^a, \quad (9)$$

где индекс  $a$  относится к аналогу.

Вычитая (9) из (8), и, полагая, что  $N \approx N^a$ ,  $\overline{C_{OKP}^{CЧ}} \approx \overline{C_{OKP}^{CЧa}}$  и  $C^{const} \approx C^{const a}$  поскольку разрабатываемый и ранее разработанный образец являются аналогами, получим:

$$C_{OKP} - C_{OKP}^a = 2 \overline{C_{OKP}^{CЧ}} Nk_{np}^a - 2 \overline{C_{OKP}^{CЧ}} Nk_{np}. \quad (10)$$

Преобразуя (10), получим выражение для прогнозирования стоимости ОКР с учетом уровня унификации методом аналога:

$$C_{OKP} = C_{OKP}^a - 2 \overline{C_{OKP}^{CЧ}} N(k_{np} - k_{np}^a), \quad (11)$$

где:  $C_{OKP}^a$ ,  $k_{np}^a$  – соответственно стоимость ОКР и коэффициент применяемости образца аналога.

При прогнозировании стоимости образцов в рамках программного планирования развития техники РЭБ методом аналога чаще используются мультипликативные выражения, которые в общем случае имеют вид [5]:

$$C_{OKP}(\vec{\chi}, \vec{\xi}) = C_{OKP}^a(\vec{\chi}^a, \vec{\xi}^a) \prod_{i=1}^I (f(\chi_i, \chi_i^a))^{\omega_i} \prod_{j=1}^J K_j(\xi_j, \xi_j^a), \quad (12)$$

где:  $C_{OKP}(\vec{\chi}, \vec{\xi})$  – стоимость ОКР по разработке образца;

$C_{OKP}^a(\vec{\chi}^a, \vec{\xi}^a)$  – стоимость ОКР по разработке образца-аналога;

$\chi_i, \chi_i^a$  – значения  $i$ -й характеристики нового образца и образца-аналога соответственно;

$\vec{\chi}, \vec{\chi}^a$  – векторы характеристик нового образца и образца-аналога соответственно;

$f(\chi_i, \chi_i^a)$  – функция, определяющая характер влияния на стоимость различий  $i$ -й характеристики;

$\omega_i$  – вес  $i$ -й характеристики;

$I$  – общее число характеристик;

$K_j$  – корректирующие коэффициенты для учета отличий условий проведения ОКР  $\xi_j$  от условий проведения ОКР по разработке образца-аналога  $\xi_j^a$ , например, коэффициент дефляции, зависящий от года проведения ОКР и года разработки аналога;

$\vec{\xi}, \vec{\xi}^a$  – векторы условий разработки нового образца и образца-аналога соответственно;

$J$  – общее число корректирующих коэффициентов.

Для учета влияния унификации на стоимость ОКР в (12) может быть введен корректирующий коэффициент  $K_{np}(k_{np}, k_{np}^a)$ . Рассчитать значение этого коэффициента можно сравнивая стоимости ОКР образцов с различ-

$$K_{np}(k_{np}, k_{np}^a) = \frac{0,3 C_{ОКР} (2,3 - 2,0 k_{np}) + 0,5 C_{ОКР}}{0,3 C_{ОКР} (2,3 - 2,0 k_{np}^a) + 0,5 C_{ОКР}} \approx \frac{2 - k_{np}}{2 - k_{np}^a}. \quad (15)$$

Величина  $K_{np}$  может изменяться от 0,5 ( $k_{np} = 1, k_{np}^a = 0$ ) до 2 ( $k_{np} = 0, k_{np}^a = 1$ ), что показывает значительное влияние унификации на стоимость ОКР.

Основным параметром при прогнозировании стоимости работ нормативно-калькуляционным методом является трудоемкость проводимых работ, на основе которой вычисляется фонд оплаты труда, себестоимость и, окончательно, цена работы [6]. В общем случае стоимость ОКР как функцию трудоемкости можно представить в виде:

$$C_{ОКР} = Q C^{чч} \tau + Const, \quad (16)$$

где:  $Q$  – коэффициент пропорциональности, определяемый коэффициентами соотноше-

ным уровнем унификации при условии, что другие параметры образца и его аналога одинаковы ( $\chi_i = \chi_i^a, \xi_j = \xi_j^a$ ). Используя выражения (8) и (9), запишем:

$$K_{np}(k_{np}, k_{np}^a) = \frac{\overline{C^{СЧ}}_{ОКР} N (2,3 - 2,0 k_{np}) + C^{const}}{\overline{C^{СЧ}}_{ОКР} N (2,3 - 2,0 k_{np}^a) + C^{const}}. \quad (13)$$

Анализируя структуру затрат на ОКР [3], можно отнести к относительно не зависящим от уровня унификации стоимости этапов ОКР «государственные испытания» и «корректировка рабочей конструкторской документации», а также составляющие себестоимости «оборудование», «прочие прямые расходы». Таким образом, величина  $C^{const}$  для различных типов техники РЭБ составит  $0,2 \div 0,5$  общей стоимости ОКР.

Рассмотрим пределы возможного изменения значений корректирующего коэффициента  $K_{np}$ .

При среднем значении  $k_{np}^a \approx 0,25$  для разработанных образцов техники РЭБ и  $C^{const} = 0,5 C_{ОКР}$  определим среднее значение  $\overline{C^{СЧ}}_{ОКР} N$  как:

$$\overline{C^{СЧ}}_{ОКР} N = \frac{0,5 C_{ОКР}}{(2,3 - 2,0 \cdot 0,25)} \approx 0,3 C_{ОКР}. \quad (14)$$

Откуда:

ний статей калькуляции и фонда оплаты труда, а также нормативом прибыли;

$C^{чч}$  – стоимость человеко-часа;

$\tau$  – трудоемкость разработки и комплексирования СЧ;

$Const$  – некоторая постоянная, не зависящая от трудоемкости разработки и комплексирования СЧ (затраты на испытания, оборудование, командировки и т. п.).

Снижение стоимости ОКР запишем в виде:

$$\Delta C_{ОКР} = Q C^{чч} \Delta \tau = Q C^{чч} \bar{\tau} N k_{np}, \quad (17)$$

где:  $\Delta \tau$  – снижение трудоемкости за счет применения заимствованных икупаемых СЧ;

$\bar{t}$  – средняя трудоемкость разработки СЧ.

Остальные обозначения те же, что и в (1).

Таким образом, при пересчете сокращения трудоемкости в снижение стоимости ОКР как функции коэффициента применяемости для использования нормативно-калькуляционного метода имеем выражение аналогичное (7).

Рассмотренные зависимости стоимости ОКР от коэффициента применяемости позволяют на количественной основе оценивать варианты унификации образца, а, следовательно, задавать рациональные требования по унификации к этому образцу с позиций экономической эффективности.

Предложенный подход может являться полезным инструментом в практической деятельности специалистов по программному планированию развития техники РЭБ при прогнозировании затрат на опытно-конструкторские работы и при обосновании мероприятий по унификации.

Представленный подход к оценке эффективности унификации на стадии ОКР является частной задачей в общей проблеме определения оптимального уровня унификации в аспекте минимизации суммарных затрат на всех стадиях жизненного цикла образца. Попытки решения этой проблемы будут представлены в последующих статьях.

#### Список использованных источников

1. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Стандартизация, метрология, сертификация: Учебное пособие. – М.: Логос, 2005. – 560 с.
2. Фархутдинов Р.А. Стратегический маркетинг: Учебник. – М.: Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2000. – 640 с.
3. Бывших Д.М., Дмитриев А.В., Жуков А.М. Экономико-математические модели оценки военно-экономической целесообразности создания образцов техники радиоэлектронной борьбы с высокой модернизационной пригодностью // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2 (23). – С. 80-90.
4. Карташев А.В. Основы каталогизации продукции. – Рязань: «Русское слово», М.: Центр каталогизации и информационных технологий «Каталит», 2004. – 217 с.
5. Арепин Ю.И., Зосиев В.В., Допира Р.В. Тактические особенности обоснования стоимости жизненного цикла образцов вооружения и военной техники // Программные продукты и системы. – 2013. – № 2. – С. 123-126.
6. Аносов Р.С., Строкова Т.М., Гаращук Е.А. Методика оценки прогнозируемых затрат на НИР по разработке образцов радиоэлектронной техники военного назначения, не имеющих аналогов // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (22). – С. 61-71.