

Ю.М. Глазунов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Р.С. Аносов, кандидат технических наук, доцент
Д.М. Бывших, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Методика обоснования рационального типажа перспективных образцов техники радиоэлектронной борьбы

Показана актуальность формализованного подхода к генерации рационального типажа техники радиоэлектронной борьбы как исключающего грубые ошибки, возможные при использовании эвристических методов. Обоснование типажа предлагается проводить по схеме «генерация-анализ-выбор», что обеспечивает возможность анализа всех возможных типов создаваемых средств РЭБ и выбора рационального в военно-экономическом аспекте типажа техники РЭБ.

Широкое применение радиоэлектронных и оптико-электронных средств в военном деле (в основном, в системах управления войсками и оружием противника) и их постоянное совершенствование ставят задачу изыскания способов и методов борьбы с этими средствами. Для ведения борьбы с ними необходим определенный типаж техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ), обеспечивающий выполнение задач РЭБ с требуемой эффективностью.

Технике РЭБ присущ ряд особенностей, которые существенно усложняют задачу определения ее рационального типажа:

- большая номенклатура электронных средств, работающих в различных диапазонах частот (длин волн);
- неопределенность данных о тактико-технических характеристиках (ТТХ) радиоэлектронных средств (РЭС) противника – объектов подавления;
- постоянное конструктивное усложнение образцов техники РЭБ с целью обеспечения заданной эффективности решения задач;
- многообразие организаций, принимающих участие в разработке и изготовлении техники РЭБ;
- большое число заказчиков и потребителей техники РЭБ.

Указанные особенности при использовании существующих в настоящее время методов обоснования типажа приводят, как показывает анализ, к неоправданному его росту. При этом имеют место факты дублирования разработок и производства близких по функциональному назначению образцов техники РЭБ и их составных частей. Рост типажа техники РЭБ создает трудности при планировании ее развития, а после ее создания усложняет применение (сложность эксплуатации различных типов техники РЭБ, ее ремонта, необходимость создания и хранения различных запасных частей, инструментов и принадлежностей). Все эти трудности, в конечном счете, приводят к увеличению затрат на всех этапах жизненного цикла техники РЭБ [1-5].

Типаж техники РЭБ, в первую очередь, определяется количеством потребителей (объектов защиты) и количеством объектов воздействия. Если для каждого потребителя и каждого объекта воздействия разрабатывать отдельные средства, то типаж техники РЭБ будет составлять более 4000 типов, разработка и эксплуатация которых будет очень дорогой, кроме того, значительно усложнится их обслуживание и ремонт. Если же гипотетически разработать единственное универсальное многофункциональное средство (что нереально из-за принципиальных различий в

способах боевого применения), которое устраивало бы всех потребителей, то оно тоже будет неприемлемо дорогим.

Вышеуказанные причины определяют актуальность и обуславливают необходимость разработки методики по обоснованию рационального типажа техники РЭБ.

Для типажа военной техники (ВТ) существует несколько, хотя и сходных, но отличающихся детализацией, определений. Так в ГОСТ РВ 51540-2005 «Военная техника. Термины и определения» под типом изделия ВТ понимается классификационная группировка изделий ВТ одного вида, сходных по назначению, принципам действия, конструктивному исполнению и номенклатуре параметров. В ГОСТ 23945.0-80 «Унификация изделий. Основные положения» тип изделия определяется как классификационная группировка изделий, сходных по назначению, принципам действия, конструктивному исполнению и номенклатуре параметров, а в «Методике определения допустимой стоимости разработки и серийного производства образцов ВВТ...», утвержденной первым заместителем Министра обороны РФ, под типом вооружения понимается совокупность образцов вооружения, объединенных принципиальными конструктивными решениями и целевым назначением в рамках отдельных задач родов войск, специальных войск и служб. При формулировании определений понятий тип и типаж техники РЭБ на базе приведенных выше общих для ВТ определений будем учитывать следующее важное положение [6].

При формулировании определений тех или иных понятий в первую очередь базируются на необходимости включения в эти определения существенных (определяющих) признаков объектов (техника РЭБ), процессов с ними связанных (обоснование, создание, эксплуатация техники РЭБ), стоящих в этой проблемной области целей и задач. Эти признаки должны обеспечивать идентификацию объектов и процессов. То есть должны позволять определять отличие рассматриваемых объектов и процессов (техника РЭБ) от других сходных объектов (ВТ) и процессов, и одновременно определять степень их близости (однородности, схожести). То есть, позволять определять степень их принадлежности к тому или иному классу объектов и процессов в рассматриваемой проблемной области (РЭБ).

Исходя из изложенного, под типом техники РЭБ в общем случае будем понимать классификационную группировку образцов техники РЭБ либо их составных частей, включающую совокупность образцов, объединенных принципами действия, конструктивным исполнением, номенклатурой основных параметров и назначением в рамках отдельных боевых либо функциональных задач. В соответствии с этим определением, под типажом техники РЭБ будем понимать номенклатуру классификационных (однородных) группировок образцов техники РЭБ применительно к различным уровням ее разукрупнения. То есть исходя из определения, фактически задача определения типажа техники РЭБ сводится к задаче классификации техники РЭБ.

Как указывалось выше, в начале для проведения классификации необходимо определить классификационные признаки, которые характеризуют свойства образцов техники РЭБ. Процесс получения классификационных группировок можно представить состоящим из двух этапов. Первый этап – классификация по неявно выраженным признакам, к важнейшим из которых относятся признаки, характеризующие назначение образцов. Второй этап – классификация по количественным признакам. В силу того, что образцы техники РЭБ представляют собой сложные технические системы, в ходе исследований по обоснованию требований к ним технику РЭБ принято рассматривать на нескольких уровнях ее разукрупнения, приведенных на рисунке 1.

То есть можно говорить о процедуре классификации применительно к различным уровням разукрупнения (сложности) техники РЭБ. К важнейшим из них относятся классификация комплексов и средств РЭБ самостоятельного применения на боевом уровне и классификация технических устройств и составных частей на техническом уровне. В соответствии с [7], в ходе

проведения классификации вначале выявляются и фиксируются значения неявно выраженных (качественных) признаков образцов техники РЭБ с детализацией, соответствующей рассматриваемому уровню разукрупнения, а затем определяются классификационные группировки образцов техники РЭБ, отвечающие всем возможным непротиворечивым сочетаниям значений выявленных признаков. Применительно к боевому уровню разукрупнения техники РЭБ в качестве основного признака выступают задачи РЭБ, в интересах решения которых предполагается использовать образцы техники РЭБ, а применительно к техническому уровню разукрупнения техники РЭБ – функции технических устройств и составных частей образцов техники РЭБ [7, 8].

Боевой уровень	Комплексы и средства РЭБ самостоятельного применения
Функциональный уровень	Комплексы и средства РЭБ с детализацией до функциональных подсистем и средств
Технический уровень	Комплексы и средства РЭБ с детализацией до технических устройств
Конструктивный уровень	Технические устройства образцов с детализацией до уровня элементов технических устройств

Рисунок 1 – Уровни структурной сложности техники РЭБ

Полученный в соответствии с изложенной выше процедурой классификации образцов техники РЭБ типаж техники РЭБ в общем случае не будет являться рациональным. Остановимся вначале на самом понятии рациональности типажа и на задаче определения рационального типажа техники РЭБ. Во-первых, о задаче определения рационального типажа, то есть определения номенклатуры классификационных группировок образцов техники РЭБ, можно вести речь лишь применительно к перспективной, подлежащей разработке номенклатуре образцов техники РЭБ, так как существующие образцы техники РЭБ в зависимости от их свойств (характеристик) могут быть лишь отнесены к ранее определенным и зафиксированным классификационным группам. Во-вторых, в ходе обоснования перспектив развития техники РЭБ определяются возможные варианты номенклатуры перспективных образцов техники РЭБ, среди которых выбирается рациональный вариант. В связи с чем меняется типаж перспективной техники РЭБ. То есть в этом случае можно говорить о возможных вариантах техники РЭБ, среди которых необходимо выбрать предпочтительный, рациональный по некоторому критерию. При выборе рациональной номенклатуры перспективных образцов техники РЭБ и ее типажа в условиях ограниченных имеющихся ресурсов, выделяемых на развитие техники РЭБ [8], как правило, решается задача сокращения номенклатуры образцов и типажа при условии обеспечения необходимого уровня эффективности решения задач РЭБ с использованием этих образцов. Одним из эффек-

тивных путей решения такой задачи являются работы по унификации техники РЭБ, проводимые по следующим основным направлениям¹ [9]:

- использование во вновь разрабатываемых и модернизируемых группах изделий ранее спроектированных, освоенных в производстве и апробированных или впервые разработанных одинаковых (повторяющихся в пределах группы изделий) составных частей;
- разработка (выбор) базовых изделий [10-12];
- разработка конструктивно-унифицированных рядов изделий;
- установление (ограничение) номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов (симплификация) [13].

При разработке вариантов унификации образцов техники РЭБ определенного уровня разукрупнения исходят из определения унификации [9] как сокращения разнообразия элементов некоторого множества, без сокращения разнообразия систем, в которых они применяются. В силу того, что задача определения рационального типажа техники РЭБ рассматривается применительно к боевому уровню (рисунок 1), процедура генерации вариантов типажа перспективных образцов техники РЭБ и сокращения номенклатуры за счет их унификации сводится к следующему.

Вначале, для заданных задач РЭБ определяются возможные варианты унификации техники РЭБ. Исходным вариантом номенклатуры образцов техники РЭБ является вариант, когда одной задаче РЭБ соответствует один образец. Последующие варианты номенклатуры образцов техники РЭБ, получаемые за счет работ по унификации, определяются путем возможных вариантов замены нескольких образцов исходной номенклатуры на один унифицированный образец, который обеспечивает решение задач РЭБ, решаемых заменяемыми образцами. Допустимым и рассматриваемым в дальнейшем является технически реализуемый вариант замены. Образец, заменяющий несколько образцов исходной номенклатуры, можно считать многофункциональным. Данные положения справедливы для всех уровней разукрупнения техники РЭБ.

Определенные таким образом варианты унификации перспективных образцов техники РЭБ определяют варианты типажа перспективной техники РЭБ. Среди этих вариантов типажа необходимо выбрать рациональный. В качестве критерия выбора целесообразно взять минимум суммарных полных предстоящих затрат на создание и эксплуатацию всей совокупности образцов техники РЭБ, входящих в перспективную систему вооружения и соответствующих рассматриваемому варианту типажа.

Для процедуры генерации возможных вариантов типажа варианты ее унификации, а следовательно, варианты типажа, отличаются друг от друга тем, что ряд образцов техники РЭБ одного варианта заменяются на один образец другого варианта. При этом при анализе возможности осуществления замены в первую очередь оценивается возможность технической реализуемости создания такого образца. Если оценки показывают невозможность создания образца, то такой вариант унификации из дальнейшего рассмотрения исключается. Кроме того, в дальнейшем при разработке формальной записи задачи определения рационального типажа техники РЭБ будем учитывать, что образец техники РЭБ, предлагаемый для замены нескольких образцов другого варианта типажа, является более совершенным и способным обеспечить необходимый уровень эффективности решения всех задач РЭБ, для решения которых предназначались заменяемые им образцы техники РЭБ [14, 15]. При этом в силу того, что образец, заменяющий несколько образцов, обладает лучшими по сравнению с ними характеристиками, затраты на его разработку будут выше. Однако в силу очевидного возрастания спроса на него, а следовательно, возрастания его серийности, затраты на производство и эксплуатацию в общем случае будут ниже. Это в целом скажется на структуре и объеме полных предстоящих затратах для него.

1 ГОСТ 23945.0-80. Унификация изделий. Основные положения.

В общем виде общую процедуру решения задачи определения рационального типажа техники РЭБ можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общая процедура решения задачи определения рационального типажа техники РЭБ

Существо методики выбора рационального типажа техники РЭБ (методика 5 на рисунке 2) сводится к следующему.

Для схемы замены образцов исходного множества $\{O_i\}$ на образцы усеченного (результатирующего) множества $\{O_j^*\}$, то есть для перехода от одного варианта типажа к другому за счет проведения работ по унификации, в интересах формальной записи задачи определения рационального типажа техники РЭБ введем следующие обозначения:

$$\{O_i; i=1, \dots, l\} = \{O_i; i=1, \dots, i_1\}_1 \cup \{O_i; i=i_1+1, \dots, i_2\}_2 \cup \dots \cup \{O_i; i=i_{j-1}+1, \dots, l\}_j, \quad (1)$$

где i и j могут принимать значение от 1 до $l-1$ при соблюдении условий:

$$\sum_{j=1}^j i_j = l, \quad (2)$$

$$j \leq l-1. \quad (3)$$

При этом каждое подмножество $\{O_i\}_j$ исходного множества заменяется на единственный элемент (составную часть) усеченного (результатирующего) множества $\{O_j^*\}$.

Полные предстоящие затраты на образцы техники РЭБ (C), которые выбраны в качестве основы построения критериальной функции решаемой задачи, в общем виде определяются в соответствии со следующим соотношением:

$$C = C_{OKP} + C_n W + C_3 WT, \quad (4)$$

где C_{OKP} – стоимость разработки образца;
 C_n – стоимость производства образца;
 $C_э$ – средняя стоимость годовой эксплуатации образца;
 W – спрос (потребность) на образец;
 T – срок эксплуатации образца в годах.

Обозначим через C_n^{*j} , $C_э^{*j}$ и T^{*j} стоимость разработки, производства, годовой эксплуатации и продолжительность эксплуатации j -го образца усеченного (результатирующего) множества, соответственно, а через W^{*j} – спрос на него. Тогда в силу принятой схемы замены можно записать, что:

$$W^{*j} = \sum_{i=i_{j-1}+1}^{i_j} W^i. \quad (5)$$

Очевидно, что суммарный по всей группе средств РЭБ спрос остается неизменным, то есть:

$$\sum_{j=1}^J W^{*j} = \sum_{i=1}^I W^i = \sum_{i=1}^J \sum_{i=i_{j-1}+1}^{i_j} W^i. \quad (6)$$

Тогда задачу определения рационального типажа техники РЭБ можно сформулировать и записать в формальном виде следующим образом.

Заданы множества образцов техники РЭБ, соответствующие возможным вариантам типажа, полученным за счет унификации техники РЭБ, $(O_{i_k}), i_k=1, 2, 3, \dots, I_k, I_k$ – число образцов для k -го варианта типажа) и обеспечивающим необходимый уровень эффективности решения задач РЭБ, а также заданы основные характеристики этих средств и спрос на них соответственно.

Необходимо определить такой вариант типажа, который обеспечивает минимум полных предстоящих затрат на создание и эксплуатацию совокупности образцов техники РЭБ, входящих в перспективную систему техники РЭБ, то есть необходимо найти:

$$\arg \min_k \sum_{i_k=1}^{I_k} C(X_{i_k}), \quad (7)$$

при:

$$\mathcal{E}(X_{i_k}) \geq \mathcal{E}_0, \quad (8)$$

где $C(X_{i_k})$ – функция полных предстоящих затрат для i_k -го образца, имеющего X_{i_k} характеристики;

$\mathcal{E}(X_{i_k})$ – функция, характеризующая уровень эффективности совокупности образцов для k -го варианта типажа;

\mathcal{E}_0 – требуемый уровень эффективности для совокупности образцов перспективной системы вооружения техники РЭБ;

$k=1, 2, 3, \dots, K$ – возможные варианты типажа образцов техники РЭБ, соответствующие вариантам их унификации.

Учитывая соотношение (4) для полных предстоящих затрат, задача определения рационального типажа техники РЭБ запишется в виде:

найти:

$$\arg \min_k \sum_{i_k=1}^{I_k} [C_{OKP}(X_{i_k}) + C_n(X_{i_k})W_{i_k} + C_э(X_{i_k})W_{i_k}T_{i_k}], \quad (9)$$

при:

$$\mathcal{E}(X_{i_k}) \geq \mathcal{E}_0. \quad (10)$$

При решении задачи (9)-(10) используются известные методики прогнозирования затрат [16-19] и система методик оценки эффективности техники РЭБ¹.

Отметим, что соотношение, входящее в (9), справедливо лишь для образцов техники РЭБ, подлежащих разработке. Если в возможном варианте типажа присутствует уже разработанные образцы, то задача (9)-(10) записывается в виде:

найти:

$$\arg \min_k \sum_{i_k=1}^{I_k} [C_n(X_{i_k})W_{i_k} + C_{\varepsilon}(X_{i_k})W_{i_k}T_{i_k}], \quad (11)$$

при:

$$\varepsilon(X_{i_k}) \geq \varepsilon_0. \quad (12)$$

Для решения задачи (11)-(12) либо (9)-(10) могут быть использованы известные методы прямого перебора [20, 21]. В результате решения задачи (11)-(12) либо (9)-(10) и будет определен рациональный типаж техники РЭБ применительно к определенному плановому периоду.

Список использованных источников

1. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Ройко Г.А. Методы оптимизации жизненного цикла разработки радиоэлектронной продукции // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика». – 2014. – Т. 31. – № 15-1 (186). – С. 121-127.
2. Батьковский А.М., Фомина А.В., Хрусталева Е.Ю. Риски реализации проектов создания продукции военного назначения // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОТ. – 2014. – № 2. – С. 32-52.
3. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю., Фомина А.В. Эффективность мероприятий по унификации и импортозамещению высокотехнологичной продукции // Вопросы радиоэлектроники. – 2016. – № 6. – С. 132-142.
4. Карпунин В.И., Аносов Р.С., Бывших Д.М. Оптимизация жизненного цикла образца техники радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1. – С. 12-24.
5. Аносов Р.С., Бывших Д.М., Дмитриев А.В. Эффективность жизненного цикла образца техники радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2017. – № 2. – С. 11-18.
6. Крейтер С.В., Постыка В.М. К вопросу обоснования системы понятий в области унификации // Стандарты и качество. – 1983. – № 9. – С. 26-31.
7. Аносов Р.С., Глазунов Ю.М., Перцев Ю.А. Постановка задачи системной унификации энергетических систем // Энергия-XXI век. – 2017. – № 3. – С. 17-24.
8. Аносов Р.С., Бывших Д.М., Верич Е.Е., Глазунов Ю.М., Дмитриев А.В. Экономический эффект от применения унифицированных составных частей при разработке техники радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2014. – № 4. – С. 100-104.
9. Постыка В.М. Научно-методические проблемы стандартизации и пути их решения. – М.: Машиностроение, 1989. – 128 с.
10. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1987. – 229 с.
11. Васильев А.Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 240 с.
12. Базовый принцип конструирования РЭА / Под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.

1 Грибков Р.А. Научно-исследовательская модель оценки эффективности сил и средств РЭБ / Полезная модель № 160175 // URL <http://catiz.tverlib.ru/160175> (дата обращения 14.02.2019).

13. Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Высшая школа, 2010. – 429 с.
14. Козирацкий Ю.Л., Луценко А.Д., Глушков А.Н. Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления // Вооружение и экономика. – 2012. – № 21. – С. 42-46.
15. Луценко А.Д., Радзиевская Т.В. Регулирование рационального типажа средств радио-, радиотехнической разведки в интересах разведывательно-информационного обеспечения радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2018. – № 2. – С.37-44.
16. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. – М.: Граница, 2012. – 424 с.
17. Акиншин О.Н., Старожук Е.А. Методика определения базисной цены на НИОКР образцов вооружения // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – №1. – С. 348-356.
18. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оценка затрат на создание высокотехнологичной продукции // Компетентность. – 2015. – № 6. – С.32-37.
19. Лавринов Г.А., Хрусталеv Е.Ю. Методы прогнозирования цен на продукцию военного назначения // Проблемы прогнозирования. – 2006. – № 1. – С. 87-96.
20. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
21. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Физматлит, 2004. – 263 с.