

## **Метод оптимизации номенклатуры средств измерений радиолокационных измерительных комплексов с учетом выделяемых ассигнований**

*Доктор технических наук А.Д. Луценко, кандидат технических наук В.А. Годуйко, кандидат технических наук Д.М. Бывших, С.В. Суровцев*

Предложен метод определения оптимальной номенклатуры средств перспективных радиолокационных измерительных комплексов в аспекте рационального расходования выделяемых ассигнований при обеспечении требуемой эффективности измерений. Особенностью предлагаемого метода является поэтапное снижение размерности задачи путем ее декомпозиции с учетом типажа средств измерений, решаемых задач радиолокационными измерительными комплексами и стадий жизненного цикла.

Процесс разработки образцов вооружения и военной техники (ВВТ) включает в себя проведение различных видов натурных испытаний, что, в свою очередь, требует создания и эффективного использования различных средств и систем экспериментально-испытательной базы (ЭИБ) полигонов и центров, в том числе и радиолокационных измерительных комплексов (РИК). От уровня технической оснащённости РИК зависят качество отработки разрабатываемого вооружения, продолжительность сроков испытаний, материальные затраты на их проведение и, в конечном счете, эффективность ВВТ и сроки его поступления на вооружение [1].

Радиолокационные измерительные комплексы можно рассматривать как сложную составляющую подсистемы измерений и регистрации результатов испытаний ЭИБ ФГНИИЦ РЭБ ОЭСЗ [2], целевой направленностью которой является измерения характеристик заметности объекта испытаний, в целях гарантированной оценки требуемых тактико-технических характеристик ВВТ с высокой степенью достоверности при минимальных затратах и ограничениях на продолжительность проведения испытаний.

Каждый РИК представляет собой сложную техническую систему [3]. В его состав могут входить как серийно выпускаемые, так и выпускаемые в единичных экземплярах средства. При формировании предложений в проект Государственной программы вооружения (ГПВ) наряду с научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами (НИОКР) по созданию перспективного ВВТ предлагаются НИОКР по созданию средств измерений, для обеспечения испытаний в программном периоде создаваемых образцов техники.

Вновь создаваемые, высоко информативные и производительные РИК требуют больших затрат. Применение таких комплексов обеспечивает, по сравнению с существующими, меньшее время проведения испытаний, и, как следствие, меньшие затраты.

Серийно разрабатываемые средства измерений могут быть использованы для дооснащения существующих РИК, с целью обеспечения испытаний перспективного ВВТ с требуемым уровнем эффективности. Такое оснащение требует меньших объемов финансирования, однако, для обеспечения испытаний с требуемым уровнем эффективности затрачивается большее время, и как следствие, большие объемы финансирования. Поддержание в работоспособном состоянии ранее созданных средств также требует значительных затрат.

В состав РИК могут входить как вновь созданные средства, так комбинация существующих и закупаемых средств измерений.

При формализации постановки задачи необходимо учитывать ограничения на финансирование. Эти ограничения могут быть записаны в следующем виде:

$$A_{\text{выд}} \geq A(N_1, \dots, N_j),$$

где  $A_{\text{выд}}$ ,  $A(N_1, \dots, N_j)$  – ассигнования, соответственно выделяемые и необходимые для создания, ввода в строй, эксплуатацию и техническое обслуживание средств РИК.

Решение задачи обоснования номенклатуры средств РИК направлено на создание высокоэффективных комплексов обеспечения испытаний, улучшение их тактико-техничко-экономических характеристик, повышение унификации и стандартизации.

Средства, входящие в состав РИК, предназначены для решения определенных задач обеспечения испытаний. Они применяются в соответствии с определенными методами (принципами, способами) решения задач обеспечения испытаний из конечного множества  $H = \{1, \dots, H\}$  известных методов. При этом полагается, что с помощью средств исходного множества  $J$  типов, используя известные методы  $H$ , можно решить любую задачу обеспечения испытаний из заданного множества  $I = \{1, \dots, I\}$  задач обеспечения испытаний образца вооружения. Кроме того, полагает-

ся, что сроки выполнения НИОКР предшествуют срокам проведения испытаний, то есть все средства из множества  $J$  могут быть использованы при решении любой задачи обеспечения испытаний.

Каждая  $i$ -я ( $i \in I$ ) задача обеспечения испытаний характеризуется некоторым вектором параметров  $\lambda_i = (\lambda_{i1}, \dots, \lambda_{iJ})$  определяющих условия и особенности проведения испытаний, а также требования, предъявляемые к РИК, решающему задачу обеспечения испытаний.

В дальнейшем полагается, что  $i$ -я задача обеспечения испытаний может быть решена с помощью номенклатурного ряда средств РИК, если порождаемый с помощью этих средств вектор параметров  $\lambda_i(N)$  не хуже требуемого  $\lambda_{i\text{треб}}$ .

При формализации постановки задачи необходимо учитывать ограничения на финансирование НИОКР по разработке средств, входящих в состав РИК, накладываемые заказывающими органами.

При постановке задачи полагается, что техническая задача определения тактико-технико-экономических характеристик (ТТЭХ) для средства каждого  $j$ -го ( $j \in J$ ) типа уже решена и вектор ТТЭХ известен. Тактико-технические характеристики средств включают в себя все составляющие, необходимые для расчета показателей качества функционирования РИК в целом. Экономические характеристики включают в себя следующие составляющие: ассигнования, необходимые для финансирования НИОКР по созданию средств  $j$ -го типа; затраты на серийное производство единичного образца  $j$ -го типа; затраты на монтаж и эксплуатацию для средств  $j$ -го типа в течение определенного периода.

Для того чтобы из множества средств определить перечень, входящих в состав РИК, необходимо установить критерий, по которому различные средства определенного функционального назначения можно было бы сравнивать между собой.

В качестве критерия оптимизации целесообразно выбрать полные предстоящие затраты на решение задачи испытаний ВВТ, создание которых предусмотрено текущей ГПВ.

Обозначим полные предстоящие затраты через  $Z(N_1, \dots, N_j)$ , где  $N_j$  – вектор номенклатуры средств, входящих в состав РИК,  $j = \overline{1, J}$ .

При формализации постановки задачи обоснования номенклатуры средств будем полагать, что возможности научно-исследовательских, проектных и производственных организаций промышленности достаточны для реализации допустимых вариантов номенклатуры средств РИК. При этом допустимым вариантом  $N_j$  номенклатурного ряда средств считается такой ряд, с помощью которого решается все множество  $I$  типовых задач обеспечения испытаний, то есть и обобщенное множество задач обеспечения испытаний.

Тогда задача обоснования номенклатуры средств входящих в состав РИК в общем случае может быть сформулирована следующим образом.

Определить оптимальную номенклатуру средств (ОНС), входящих в состав РИК, которая по заданным методикам с требуемой точностью обеспечивает испытания образцов техники РЭБ, разрабатываемых в рамках ГПВ, при минимальных затратах.

$$N_j^* = \arg \min Z(N_1, \dots, N_j), \quad (1)$$

$$N_j^* \in N_j, \quad j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

$$A_{\text{выд}} \geq A(N_1, \dots, N_j), \quad (3)$$

$$\lambda_i(N) R \lambda_{\text{импреб}}, \quad \forall i \in I, \quad i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

где  $N_j^*$  – область допустимых значений вектора номенклатуры средств, обусловленная: условиями проведения испытаний; возможностями предлагаемых к разработке отдельных средств; требованиями к РИК;

$R$  – бинарное отношение, имеющее смысл «не хуже».

Задача (1) – (4) по своей природе принадлежит к классу сложных экстремальных задач большой размерности. Для задач этого класса попытка построения эффективного алгоритма ее решения наталкивается на трудности принципиального характера. Большая размерность задачи практически исключает возможность ее решения в приемлемые сроки даже при использовании быстродействующих ЭВМ.

Важным фактором, подлежащим учету, является выбор известных методов (способов, принципов) применения средств РИК для решения задач обеспечения испытаний, что позволит оценить характеристики различных комбинаций средств.

При обосновании номенклатуры средств необходимо учитывать ограничения, накладываемые заказывающими и планирующими органами, на финансирование НИОКР по созданию средств РИК.

Кроме этого, при подготовке исходных данных для решения задачи обоснования оптимальной номенклатуры средств РИК могут учитываться различные априорные сведения о задачах обеспечения испытаний и средствах РИК, получаемых экспертным путем.

В основе разрабатываемого метода формирования номенклатурных рядов средств РИК лежит задача условной оптимизации. Способы анализа и преобразования исходных данных к виду, удобному для формализации, а также способы решения задачи с учетом ее конкретных постановок и составляют метод формирования номенклатурных рядов средств РИК.

В настоящее время известен ряд математических постановок задачи обоснования номенклатуры средств, которые можно условно разделить на две группы.

Первая группа включает в себя постановки, обоснованные на решении конкретных задач обеспечения испытаний при определенных типах средств РИК, с последующим выбором из них оптимального номенклатурного ряда. При этом анализ ТТХ средств, входящих в номенклатурный ряд, условий и требований проведения испытаний связан с неоднократной проверкой совместимости неравенств (4). Как правило, вычисление левых частей этих неравенств вызывает серьезные вычислительные трудности и в большинстве случаев осуществляется алгоритмически из-за отсутствия явного аналитического выражения. В частности, для средств РИК требуется проверка «покрытия» ТТХ испытываемых образцов и удовлетворения требований по допустимым отклонениям номинальных значений ТТХ, которая проводится алгоритмически и является достаточно трудоемкой, что в значительной мере усложняет решение задачи ОНС [4].

Вторая группа включает в себя комбинаторные постановки (варианты), базирующиеся на анализе конечного множества допустимых альтернатив (вариантов номенклатурных рядов средств), сформированных, как правило, группой экспертов. Методы решения задачи ОНС этой группы, обладая явными достоинствами, заключающимися в простоте подбора вариантов без необходимости внедрения сложных алгоритмических решений, однако, не позволяют учесть все возможные варианты

формирования альтернативных выборок и использования средств, входящих в номенклатурный ряд.

В предполагаемой постановке задачи предусматривается предварительное выявление всех допустимых комбинаций средств РИК [5], что потребует разработки специальной процедуры генерирования без пропусков и повторений допустимых комбинаций-средств заданного множества  $J$  их типов. При этом процедура может быть построена таким образом, чтобы комбинации средств формировались для каждой  $i$ -й ( $i \in I$ ) типовой задачи обеспечения испытаний отдельно, что позволит, во-первых, снизить требования к объему необходимых ресурсов ЭВМ для хранения комбинаций и, во-вторых, учесть при формировании комбинаций средств те или иные особенности проведения испытаний перспективного ВВТ [6].

В отличие от известных методов в качестве оптимизируемого функционала выступают полные суммарные затраты на разработку, производство и эксплуатацию средств, входящих в рассматриваемую комбинацию. В качестве ограничений приняты: типовой набор задач, решаемых измерительными комплексами, эффективность их решения, общий объем ассигнований, распределение затрат на стадиях жизненного цикла.

#### **Список использованных источников:**

1. Буренок В.М., Найденов В.Г. Методы повышения эффективности применения средств и систем обеспечения испытаний вооружения, военной и специальной техники. — М.: Граница, 2006.
2. Испытания техники РЭБ: вопросы организации. Военная мысль, № 11, 2005.
3. Техническое описание радиолокационного измерительного комплекса «Звено-3З».
4. Попеляш Е.Н. Оптимальная точность измерительных средств, применяемых при испытаниях сложных технических систем. — М.: Измерительная техника, 1970. № 6
5. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. — М.: Наука, 1985.
6. Цыбрин В.Г. Оптимизация характеристик комплекса траекторных измерений. — Л.: ЛВИКА, 1969.