

УДК 47.49.29

© Ильин Е.М., Николаев А.И., Полубехин А.И., Тужиков Е.З.
Ilyin Ye., Nikolayev A., Polubekhin A., Tuzhikov Ye.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ВООРУЖЕНИЯ

DETERMINATION OF RADAR TECHNOLOGIES IMPORTANCE FOR RISE OF RADAR ARMAMENT'S COMBAT PERFORMANCE CAPABILITIES

Аннотация. В статье представлена методика оценки степени влияния радиолокационных технологий на тактические характеристики радиолокационного вооружения, позволяющая упорядочить их по степени влияния на повышение боевых возможностей радиолокационного вооружения (информативность, помехозащищенность, живучесть, степень автоматизации и т.д.) с учетом их важности для решения задач в различных типах войн и военных конфликтах.

Annotation. Estimation procedure of radar technologies influence on performance capabilities of radar armament is described. Procedure makes it possible to sort radar technologies in compliance with their effect on combat capabilities with due account taken of different types wars and conflicts purposes.

Ключевые слова. Радиолокационное вооружение, радиолокационная технология, метод анализа иерархий.

Key words. Radar armament, radar technology, hierarchical analysis method.

Анализ условий боевого применения радиолокационных средств (РЛС) в вооруженных конфликтах различной интенсивности показывает, что современные РЛС подвергаются интенсивному огневому и помеховому воздействию [1–7]. При этом на протяжении последних 10...15 лет отечественные средства радиолокации практически не обновлялись, созданные опытные образцы новых средств в серийном производстве почти не осваивались, а имеющаяся в войсках радиолокационная техника физически и морально устарела, в значительной степени не соответствует условиям борьбы с современными средствами воздушно-космического нападения и требует глубокой модернизации. В этих условиях совершенствование тактических (боевых) характеристик РЛС становится особенно актуальным. С целью упреждающего развития указанных характеристик необходимо не только разви-

вать и модернизировать существующие РЛС, но и активно совершенствовать научно-технологическую базу, необходимую для решения задач повышения тактических (боевых) характеристик РЛС. Решение указанной задачи предлагается осуществить путем выявления критических военных радиолокационных технологий, оказывающих наибольшее влияние на повышение боевых возможностей радиолокационного вооружения (РЛВ), условно рассматриваемых в статье как обобщенные технические характеристики образцов РЛВ.

В статье под радиолокационным вооружением понимается совокупность радиолокационных средств, систем и комплексов наземного (морского), воздушного или космического базирования, обеспечивающих решение боевых задач на основе радиотехнических методов (см. рис. 1).

Ильин Евгений Михайлович – доктор физико-математических наук, ведущий аналитик инновационного технологического центра, МГТУ им. Н.Э. Баумана, тел. (499) 263-68-46;

Николаев Александр Иванович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГКУ «46 ЦНИИ МО РФ» Минобороны России;

Полубехин Александр Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник инновационного технологического центра, МГТУ им. Н.Э. Баумана;

Тужиков Евгений Захарович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Секция прикладных проблем при Президиуме Российской академии наук.

Ilyin Evgeny – D.Sc.(phys.-math), leading analyst of innovative centre, Bauman Moscow state technical university tel. (499) 263-68-46;

Nikolayev Alexander – D.Sc (Eng), leading researcher of 46 Central science research institute of the Russian Federation department of Defense;

Polubekhin Alexander – Ph.D. (eng), researcher of innovative centre of Bauman Moscow state technical university;

Tuzhikov Evgeny – Ph.D.(eng), leading researcher of Section of applied problems of the Presidium of the Russian academy of sciences.



Рис.1. Роль и место радиолокационного вооружения в современных и перспективных вооруженных конфликтах

Условия боевого применения радиолокационных средств, совершенствование тактико-технических характеристик средств воздушно-космического нападения (СВКН) (рис.2) и мировые тенденции в области развития радиолокационной техники [8, 9] позволяют определить основные направления повышения боевых возможностей РЛВ. К таким направлениям в общем случае могут быть отнесены:

- повышение скрытности и живучести радиолокационных средств и систем;
- повышение дальности действия, в том числе по обнаружению объектов, выполненных по технологии «СТЕЛС»;
- повышение информативности, разрешающей способности и точности измерения координат целей;
- повышение эффективности селекции, распознавания и радиовидения целей;
- реализация режимов автоматизированных и автоматических необслуживаемых РЛС;
- унификация радиоэлектронных средств, их подсистем, узлов и математического обеспечения;
- повышение эффективности испытаний, моделирования и аттестации РЛС.

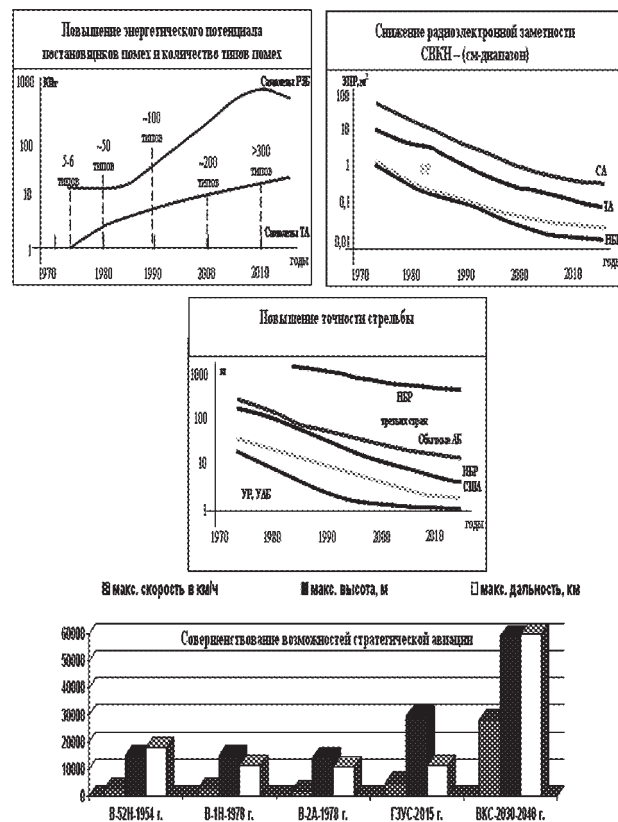


Рис.2. Совершенствование основных характеристик средств воздушно-космического нападения зарубежных стран

Определение важности технологий для любого из указанных направлений применительно к одной радиолокационной станции или даже группировке РЛС не представляет особого труда. Получение же интегральных оценок для совокупности технологий применительно к радиолокационным средствам, применяемым в вооруженном конфликте, является довольно сложной и разноплановой задачей, относящейся к разряду многокритериальных. Для ее решения предлагается использовать модифицированный метод анализа иерархий. Сущность модификации метода заключается в том, что для выявления важности критериев вместо матриц парных сравнений, используемых в классическом методе анализа иерархий [10], применяется матрица влияния [11]. Данная матрица используется для определения весовых коэффициентов радиолокационных технологий без их сравнения между собой по каждому критерию, что позволяет снизить количество вычислительных операций.

Предлагаемая методика включает этапы:

1. *Подготовку исходных данных.* В качестве исходных данных используются:

- возможные варианты (формы) вооруженных конфликтов (крупномасштабная война, региональная война, локальная война, антитеррористическая операция, митотворческая операция);

- перечень направлений повышения боевых возможностей РЛВ (приведены выше).

2. Проведение анкетирования.

3. Построение матриц оценок радиолокационных технологий.

4. Анализ полученных результатов и построение ранжированного по важности влияния на тактические характеристики РЛВ перечня радиолокационных технологий.

Математическую основу предлагаемой методики составляют следующие операции.

1. *Определение относительной значимости (степени опасности) вооруженных (военных) конфликтов с точки зрения безопасности государства.*

Определение значимости вооруженных конфликтов происходит методом парных сравнений на основе анкетирования экспертов. Результаты сравнения по каждому эксперту образуют матрицу вида

$$A^u = \begin{pmatrix} 1 & a_{12}^u & \dots & a_{1k}^u & \dots & a_{1M}^u \\ a_{21}^u & 1 & \dots & a_{2k}^u & \dots & a_{2M}^u \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}^u & a_{m2}^u & \dots & 1 & \dots & a_{mM}^u \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1}^u & a_{M2}^u & \dots & a_{Mk}^u & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где a_{mk}^u – результат сравнения u -м экспертом m -го вооруженного конфликта с k -м, $k, m = \overline{1, M}$;

M – число возможных вариантов вооруженных конфликтов, $u = \overline{1, U}$;

U – возможное число экспертов.

Окончательно, относительная степень значимость (значимость) каждого вооруженного конфликта определяются по формуле

$$AW^{*эк} = \lambda_{\max} W^{*эк}, \quad (2)$$

где $W^{*эк} = \left\| w_1^{*эк}, w_2^{*эк}, \dots, w_m^{*эк}, \dots, w_M^{*эк} \right\|^T$ – собственный

вектор матрицы A , определяющий относительную важность (приоритет) вооруженных конфликтов;

λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы A .

Парные сравнения вооруженных конфликтов эксперты проводят по вербально-числовой шкале (табл. 1), которая отражает возможные варианты оценок показателей при сравнениях [10, 11].

2. *Определение значимости тактических характеристик относительно видов вооруженных конфликтов каждым экспертом путем анкетирования.*

После определения значимости каждого вооруженного конфликта экспертами на основе анкетиро-

вания оценивается степень относительной важности (значимости) тактических характеристик РЛВ в каждом вооруженном конфликте. Оценка вклада (важности) тактических характеристик РЛВ проводится на основе анкетирования по какой-либо вербально-числовой шкале, например, приведенной в табл. 2.

Таблица 1

Возможный вариант вербально-числовой шкалы для парных сравнений вариантов вооруженных конфликтов

Степень важности	Определение	Объяснение
1	Одинаковая значимость критериев	Два критерия одинаково важны
3	Некоторое преобладание значимости одного критерия перед другим (слабая значимость)	Опыт и суждение дают легкое предпочтение одному критерию перед другим
5	Существенная или сильная значимость одного критерия перед другим	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному критерию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость одного критерия перед другим	Предпочтение одного критерия перед другим очень сильно. Явное превосходство
9	Абсолютная значимость одного критерия перед другим	Свидетельство в пользу предпочтения одного критерия перед другим в высшей степени убедительно
2,4,6,8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение
Обратные величины приведенных чисел	Если m -му показателю при сравнении с k -м приписывается одно из приведенных выше чисел, то k -му показателю при сравнении с m -м приписываются обратное значение	Обоснованное предложение

Таблица 2

Возможная вербально-числовая шкала оценки важности тактических характеристик для каждого вооруженного конфликта

Числовые оценки	Вербальная оценка
1	Высокий
2	Средний
3	Низкий

По результатам анкетирования составляется соответствующая матрица оценок важности каждой тактической характеристики по каждому вооруженному конфликту

$$B^u = \begin{matrix} & \text{вк}_1 & \text{вк}_2 & \dots & \text{вк}_m & \dots & \text{вк}_M \\ \text{нр}_1 & \left\| \begin{matrix} b_{11}^u & b_{12}^u & \dots & b_{1m}^u & \dots & b_{1M}^u \end{matrix} \right. \\ \text{нр}_2 & \left\| \begin{matrix} b_{21}^u & b_{22}^u & \dots & b_{2m}^u & \dots & b_{2M}^u \end{matrix} \right. \\ \dots & \left\| \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \right. \\ \text{нр}_n & \left\| \begin{matrix} b_{n1}^u & b_{n2}^u & \dots & b_{nm}^u & \dots & b_{nM}^u \end{matrix} \right. \\ \dots & \left\| \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \right. \\ \text{нр}_N & \left\| \begin{matrix} b_{N1}^u & b_{N2}^u & \dots & b_{Nm}^u & \dots & b_{NM}^u \end{matrix} \right. \end{matrix}, \quad (3)$$

где b_{nm}^u – результат оценивания важности n -й тактической характеристики РЛВ ($n = \overline{1, N}$) применительно к m -му варианту вооруженного конфликта, проведенный u -м экспертом;

$n = \overline{1, N}$, N – число рассматриваемых тактических характеристик РЛС;

$нр_n$ – n -е направления развития (тактические характеристики) РЛВ;

$вк_m$ – m -й вариант вооруженного конфликта.

После обработки анкетных данных по всем экспертам формируется вектор важности $W^{нрu}$ направлений развития (тактических характеристик) РЛВ в зависимости от видов вооруженных конфликтов

$$W^{нрu} = B^u \cdot W^{вк} = \begin{matrix} \left\| \begin{matrix} W_1^{нрu} \\ W_2^{нрu} \\ \dots \\ W_n^{нрu} \\ \dots \\ W_N^{нрu} \end{matrix} \right. \end{matrix}, \quad (4)$$

где $w_n^{нрu} = \sum_{m=1}^M b_{nm}^u w_m^{вк}$ – показатель, характеризующий степень важности (влияния) тактических характеристик РЛВ в зависимости от вида вооруженного конфликта.

3. *Определение значимости военных радиолокационных технологий относительно выбранных и про-ранжированных основных направлений развития (тактических характеристик) РЛВ каждым экспертом. Анализ результатов анкетирования и объединение полученных результатов.*

В соответствии с вербально-числовой шкалой, приведенной, например, в табл. 2, экспертным путем определяется влияние (важность) каждой радиолокационной технологии на каждую тактическую характеристику РЛВ:

$$C^u = \begin{matrix} & \text{нр}_1 & \text{нр}_2 & \dots & \text{нр}_n & \dots & \text{нр}_N \\ t_1 & \left\| \begin{matrix} c_{11}^u & c_{12}^u & \dots & c_{1n}^u & \dots & c_{1N}^u \end{matrix} \right. \\ t_2 & \left\| \begin{matrix} c_{21}^u & c_{22}^u & \dots & c_{2n}^u & \dots & c_{2N}^u \end{matrix} \right. \\ \dots & \left\| \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \right. \\ t_r & \left\| \begin{matrix} c_{r1}^u & c_{r2}^u & \dots & c_{rn}^u & \dots & c_{rN}^u \end{matrix} \right. \\ \dots & \left\| \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \right. \\ t_R & \left\| \begin{matrix} c_{R1}^u & c_{R2}^u & \dots & c_{Rn}^u & \dots & c_{RN}^u \end{matrix} \right. \end{matrix}, \quad (5)$$

где c_m^u – оценка степени вклада r -й радиолокационной технологии на n -е направление развития (тактическую характеристику) РЛС по результатам экспертизы u -го эксперта;

t_r – r -я радиолокационная технология;

$r = \overline{1, R}$, R – количество рассматриваемых радиолокационных технологий.

Затем проводится анализ полученных результатов (матрицы C^u) и при необходимости уточняются численные оценки c_m^u . Полученные и уточненные результаты анкетирования объединяются по всем экспертам

$$C = \sum_{u=1}^U C^u = \begin{matrix} \left\| \begin{matrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} & \dots & c_{1N} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} & \dots & c_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{r1} & c_{r2} & \dots & c_{rn} & \dots & c_{rN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{R1} & c_{R2} & \dots & c_{Rn} & \dots & c_{RN} \end{matrix} \right. \end{matrix}, \quad (6)$$

где $c_m = \frac{1}{U} \sum_{u=1}^U c_{rm}^u$.

4. *Расчет вектора относительной значимости каждой рассматриваемой военной радиолокационной технологии по всей совокупности тактических характеристик и их ранжирование.*

После осуществления математических операций, описанных выше, осуществляется расчет степени влияния (важности) каждой рассматриваемой радиолокационной технологии на всю совокупность выбранных направлений развития (тактических характеристик) радиолокационного вооружения по следующей формуле:

$$W_T^{нр} = C \cdot W^{нр}. \quad (7)$$

Каждый элемент $w_{Tr}^{нр}$ полученного вектора $W_T^{нр}$ определяется взвешенной весовой суммой

$$w_{Tr}^{нр} = \sum_{n=1}^N c_{rn} w_n^{нр}, \quad (8)$$

которая является относительной оценкой важности r -й радиолокационной технологии для всей совокупности тактических (боевых) характеристик.

Нормированные оценки относительной важности радиолокационных технологий рассчитываются по формуле

$$w_{Tr}^{нр} = \frac{w_{Tr}^{*нр}}{\sum_{r=1}^R w_{Tr}^{*нр}}, \quad r = \overline{1, R}. \quad (9)$$

На основе анализа полученных результатов формируется перечень радиолокационных технологий, ранжированный по степени влияния на основные направле-

ния повышения боевых возможностей (предложенные выше тактические характеристики) РЛБ

$$\mathbf{T}^{np} = \|t_1^{np}, t_2^{np}, \dots, t_r^{np}, \dots, t_R^{np}\|.$$

Таким образом, разработанная методика позволяет ранжировать радиолокационные технологии по степени их важности с точки зрения выбранной совокупности тактических характеристик (критериев).

Литература

1. Средства воздушного нападения зарубежных стран: программы развития высокоточного оружия Аналитический обзор по материалам открытой печати). Под ред. Б.Ф. Чельцова, С.В. Ягольников. 2 ЦНИИ МО РФ, 2003.
2. Зиновьев А.В. Обобщенный анализ применения средств воздушного нападения ОВС НАТО при проведении военной операции в Югославии «Решительная сила» и в других локальных войнах в 1990-х годах. Учебное пособие.: Саратов, СГТУ, 2003.
3. Лавренов С.Я. Война XXI века: Стратегия и вооружение США. М.- ОО «Издательство АСТ», 2005.
4. Зиновьев А.В. Обобщенный анализ применения средств воздушного нападения ОВС НАТО при проведении военной операции в Югославии «Решительная сила» и в других локальных войнах в 1990-х годах. Учебное пособие.: Саратов, СГТУ, 2003.
5. Современное вооружение в войне. Под редакцией Панова В.В. и Прядилова С.М. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 1994.
6. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. – М.: Вузовская книга, 2003.
7. Чельцов Б.Ф. Ответы угрозам будущего. ВКО, специальный выпуск, 2008.
8. Вопросы перспективной радиолокации. Под редакцией Соколова А.В. М.: Радиотехника, 2003.
9. Е.М. Ильин, А.И. Николаев, В.Н. Скосырев, Г.П. Служкин. Критические радиолокационные технологии и основные направления их развития. Радиооптические технологии в приборостроении. Тезисы докладов III научно-технической конференции. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989.
11. Т. Саати. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. – М.: Изд. ЛКИ, 2008.

Материал поступил в редакцию 29. 08. 2013 г.