

УДК 351.864:001.89 (043.2)

О.А. Хмелевская

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*В данной статье рассмотрены вопросы, относящиеся к созданию и использованию систем поддержки и принятия решений при управлении жизненными циклами образцов ВВТ на примере оценивания технического уровня зенитного ракетного вооружения.*

*зенитное ракетное вооружение, принятие решений, автоматизация*

### Введение

**Постановка проблемы.** Для современных сложных образцов, комплексов и систем ВВТ приходится рассматривать значительное число свойств, существенных для эффективного применения их по назначению и эксплуатации, и вводить множество соответствующих комплексных (интегральных) и частных показателей этих свойств. Среди них важнейшим комплексным показателем является показатель технического уровня образца ВВТ, характеризующий его техническое совершенство по сравнению с лучшими отечественными или зарубежными аналогами (образцами ВВТ аналогичного назначения). Поскольку степень соответствия образца ВВТ своему предназначению и достижениям научно-технического прогресса в значительной мере определяется его техническим уровнем, то показатель технического уровня относится к числу основных показателей качества образца ВВТ, которые необходимо оценивать при планировании его разработки и прогнозировать изменения их значений в процессе реализации жизненного цикла образца ВВТ.

Технический уровень образца ВВТ оценивается при сравнительном его анализе по отношению к существующим отечественным и зарубежным аналогам, а также при выборе для реализации одного из нескольких возможных вариантов конструктивно-технического исполнения разрабатываемого образца.

Для решения задачи оценивания технического уровня образца ВВТ необходима методика прогнозирования развития средств вооруженной борьбы, для противодействия которым предполагается использовать анализируемый образец ВВТ, а также средств аналогичного назначения, сопоставление с которыми данного образца необходимо выполнять при формировании требований к уровню его качества и выборе варианта реализации образца при его разработке.

Технический уровень образца ВВТ определяется, как правило, многими его свойствами. В связи с этим при разработке методики оценивания и прогнозирования технического уровня возникает проблема обоснования того, какое число и какие имен-

но свойства (показатели свойств) следует учитывать (принимать во внимание) в задачах оценивания технического уровня того или иного образца ВВТ. Этапы определения перечня основных показателей и весомости каждого из них являются важнейшими элементами процедуры оценивания технического уровня образцов ВВТ.

Перечень этих показателей должен наиболее полно характеризовать основные свойства образца ВВТ, существенные для оценивания его технического уровня, и выбираться, исходя из задачи сравнительного анализа.

**Анализ литературы.** В настоящее время интенсивно ведутся исследования и регулярно появляются новые публикации по вопросам управления развитием ВВТ различного содержания, в том числе и методического характера [1 – 6]. Однако в известных источниках информации по данной тематике содержится мало сведений о методической стороне оценивания технического уровня образцов ВВТ в рамках задачи управления их жизненными циклами.

Для оптимизации процесса разработки и производства новых образцов ВВТ по критерию «эффективность-стоимость» осуществляется широкое внедрение информационных технологий и методов моделирования, основанных на использовании новейших цифровых вычислительных систем [1, 2]. Предпринимаются и другие шаги, направленные на совершенствование разработки новых образцов ВВТ, снижение затрат на всех стадиях их жизненного цикла. Повышенное внимание стало уделяться начальным стадиям жизненного цикла образцов ВВТ – НИР и ОКР [1, 3]. Это свидетельствует о появлении новых тенденций в развитии ВВТ. Становятся актуальными вопросы, связанные с поисками путей более эффективного управления жизненными циклами отдельных образцов ВВТ, позволяющих при сохранении или даже повышении уровня ТТХ образцов ВВТ несколько нейтрализовать тенденции роста их стоимости, с одной стороны, сократить продолжительность и уменьшить затратность разработки новых образцов ВВТ, с другой стороны, чтобы увеличить период их полезной жизни и снизить стоимость.

Целью статьи является рассмотрение методики с использованием инструментальных средств, позволяющих автоматизировать процесс оценивания технического уровня образцов ВВТ на примере зенитного ракетного вооружения.

### Основной материал

В настоящее время для систем ПВО наиболее серьезные проблемы связаны с появлением высокоточного оружия (ВТО). Для ВТО характерны: широкий диапазон углов подлета к объекту нападения (от горизонтального полета на высоте 30-60 м с огибанием рельефа местности и до углов атаки цели в 45-60 градусов и более); малая эффективная отражающая поверхность, составляющая в передней полусфере в среднем 0,1 кв.м и менее; высокая крейсерская и максимальная скорости полета (200 – 700 м/сек), полет с ускорением или замедлением, а также высокие располагаемые перегрузки, достигающие величин 8 – 10 ед.; высокая механическая прочность (низкая уязвимость).

В будущих военных конфликтах одна из ведущих ролей отводится ракетному вооружению. В настоящее время основное внимание страны – создатели ракетного оружия уделяют развитию крылатых ракет большой дальности воздушного и морского базирования, оперативно-тактических и тактических баллистических ракет, тактических ракет средней дальности воздушного базирования, управляемых авиационных бомб.

Все это вызывает необходимость создания интегрированных тактических систем противосамолетной и противоракетной обороны, проведения модернизации существующих ЗРС.

В мировой практике интенсивно ведутся работы по совершенствованию существующих и созданию новых интегрированных мобильных войсковых ЗРС и ЗРК, способных решать задачи как противосамолетной обороны, так и тактической ПРО [4]. Например, в США ведутся работы, направленные на модернизацию противосамолетной и противоракетной системы «Пэтриот». В Российской Федерации была разработана ЗРС «Антей-2500», предназначенная для поражения баллистических ракет средней дальности, оперативно-тактических и тактических, а также аэробаллистических, крылатых ракет, управляемых и неуправляемых авиационных ракет и других средств воздушного нападения.

Для всестороннего оценивания технического уровня образца вооружения и военной техники необходима информационно-аналитическая система. Основными структурными компонентами макета информационно-аналитической системы являются:

– база данных о видах, типах, характеристиках (тактико-технических, технико-экономических, эксплуатационно-технических) образцов ВВТ и параметрах их жизненных циклов;

– база программно-реализованных моделей задач оценивания и прогнозирования значений параметров состояния жизненных циклов образцов ВВТ,

задач определения, анализа и прогнозирования уровней видов совершенства и сравнительного анализа альтернативных вариантов исполнения образцов ВВТ.

Основными режимами работы макета информационно-аналитической системы являются: режим сравнительного анализа альтернативных вариантов исполнения образца ВВТ; режим определения, анализа и прогнозирования уровней видов совершенства образцов ВВТ.

Работоспособность разработанного макета была проведена в соответствии с методикой, излагаемой ниже.

Рассмотрим задачу сравнительного анализа интегрированных (противосамолетных и противоракетных) зенитных ракетных систем (ЗРС) на примере сопоставительного анализа ЗРС «Антей-2500» и ЗРС «Пэтриот». Основные показатели, характеризующие совершенство этих ЗРС, приведены в табл. 1, где  $F_1$  – максимальная дальность поражения аэродинамических целей, км;  $F_2$  – максимальная дальность поражения оперативно-тактических (тактических) баллистических ракет, км;  $F_3$  – максимальная высота поражения аэродинамических целей, км;  $F_4$  – максимальная высота поражения баллистических ракет, км;  $F_5$  – максимальная скорость цели, м/сек;  $F_6$  – максимальная скорость ракеты ЗРС, м/сек;  $F_7$  – минимальное время между пусками ракет, сек;  $F_8$  – время развертывания / свертывания системы, мин;  $F_9$  – число целей, поражаемых одновременно / число выпущенных ракет, ед;  $F_{10}$  – максимальная дальность пуска поражаемой баллистической ракеты, км;  $F_{11}$  – минимальная отражающая поверхность цели, кв. м.

К числу показателей, существенных для уровня совершенства ЗРС, отнесены показатели  $F_1 - F_{10}$ . Путем попарного экспертного оценивания важности этих показателей для уровня совершенства ЗРС в шкале относительной важности [7] была получена матрица парных сравнений ( $Z_{ik}$ ),  $i, k = 1...10$ .

По формулам

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n Z_{ik}}, \quad \alpha_i = V_i / \sum_{i=1}^n V_i, \quad i = 1...n, \quad n = 10,$$

были определены компоненты  $V_i$  главного собственного вектора матрицы ( $Z_{ik}$ ) и значения весовых коэффициентов  $\alpha_i$  показателей свойств, существенных для совершенства ЗРС (табл. 2).

Для проверки согласованности матрицы парных сравнений ( $Z_{ik}$ ) с использованием данных табл. 2 было найдено отношение согласованности

$$T = L/R = 0,12 \approx 0,1,$$

где  $L = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = 0,1789$ ;  $\lambda_{\max} = \mu^T \alpha = 11,6098$ ;

$R = 1,49$  [8, 9];  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)^T$  – вектор-столбец

весовых коэффициентов,  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$  – вектор-столбец с компонентами

$$\mu_k = \sum_{i=1}^n Z_{ik}, \quad k = 1 \dots 10, n = 10.$$

Поскольку  $T = 0,1 \leq 0,1$ , то согласованность матрицы  $(Z_{ik})$  может быть признана удовлетворительной.

Таблица 1

Показатели совершенства интегрированных противосамолетных и противоракетных зенитных ракетных систем

Показатели	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>
ЗРС «Антей - 2500» (1995г.)	200	40	30	25	4500	2600	1,5	5/5	24/48	2500	0,02-0,05
ЗРС «Пэтриот» РАС-3 (1996г.)	90	35	25	15-20	2200	1700	3-4	30/15	3/3	600	0,1

Таблица 2

Матрица парных сравнений, компоненты ее главного собственного вектора и весовые коэффициенты показателей свойств, существенных для совершенства ЗРС

(Z <sub>ik</sub> )	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	V <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>
F <sub>1</sub>	1	1	4	1	3	1	5	1	3	1	1,6808	0,1611
F <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1	2	1	0,8604	0,0825
F <sub>1</sub>	1/4	1	1	1	1	1/3	1/3	1	2	1	0,7490	0,0718
F <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1	2	1/3	0,7708	0,0739
F <sub>1</sub>	1/3	1	1	1	1	1/3	2	1	2	1	0,9221	0,0884
F <sub>1</sub>	1	3	3	3	3	1	1/3	1	2	1/3	1,3351	0,1280
F <sub>1</sub>	1/5	3	3	3	1/2	3	1	1	1	1	1,2327	0,1182
F <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000	0,0959
F <sub>1</sub>	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	0,6335	0,0607
F <sub>1</sub>	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1,2457	0,1194

По формуле

$$F_{Hi} = F_{ai} / F_1, \quad i = 1 \dots n, n = 10$$

были найдены относительные значения показателей, учитываемых при оценивании уровня совершенства ЗРС «Антей-2500», которые представлены в табл. 3.

По формуле 
$$F_{Ty} = \sum_{i=1}^n \alpha_i F_{Hi}$$

с использованием данных табл. 2 и 3 было рассчитано значение показателя уровня совершенства ЗРС «Антей-2500» по сравнению с ЗРС «Пэтриот» (РАС-3).

Найденное значение  $F_{Ty} = 4,06$  свидетельствует о том, что ЗРС «Антей-2500» по уровню своего совершенства превосходит ЗРС «Пэтриот».

Таблица 3

Значения показателей свойств анализируемой ЗРС, ЗРС – аналога и относительные значения показателей

Номер показателя, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения показателей ЗРС «Антей-2500», F <sub>1</sub>	200	40	30	25	4500	2600	1,5	5/5	24/48	2500
Значения показателей ЗРС «Пэтриот» РАС-3, F <sub>a</sub>	90	35	25	15/20	2200	1700	3-4	30/15	3/3	600
Относительные значения показателей, F <sub>Hi</sub>	2,22	1,14	1,20	1,25	2,05	1,53	2,00	6/3	8/16	4,17

Таким образом, методика, использованная для оценивания уровня совершенства ЗРС «Антей-2500», подтвердила реально существующее ее существенное превосходство над ЗРС «Пэтриот», что свидетельствует о способности методики обеспечивать получение с ее помощью данных, позволяющих принимать обоснованные решения, соответствующие объективным данным. Это подтверждает пригодность методики для решения задач анализа и оценивания уровня совершенства сложных образцов ВВТ.

### Выводы

Проверка работоспособности предложенной методики и инструментальных средств автоматизации системы поддержки и принятия решений применительно к типовым задачам анализа уровней видов совершенства современных высокотехнологичных образцов ВВТ подтвердили обоснованность и правильность выбора принципов построения, возможность и целесообразность их практического ис-

пользования в качестве рабочего методического инструмента для решения задач оценивания и прогнозирования технического уровня образцов ВВТ, анализа альтернативных вариантов исполнения образцов ВВТ, планируемых для разработки или находящихся на этапе проведения проектно-исследовательских работ. Однако область применения данной методики не ограничивается только этими задачами. Предложенная методика позволяет на начальных этапах разработки образца оценивать альтернативные варианты его исполнения и исключать заранее из дальнейшего рассмотрения нерациональные альтернативы и тем самым избегать дополнительных затрат на отработку тех вариантов, от которых в дальнейшем пришлось бы отказаться. Она помогает определять оптимальный технический облик образцов ВВТ при формировании замысла (концепции) их построения с учетом факторов, наиболее важных для технического совершенства планируемых к разработке (разрабатываемых) образцов.

## Список литературы

1. Буренок В.М., Мельников И.Д. Информационное обеспечение автоматизированных систем обоснования перспектив развития ВВТ // Военная мысль. – 2002. – № 5. – С. 42-46.

2. Ольгин С. Перспективные зарубежные информационные технологии // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – № 4. – С. 25-27.

3. Буренок В.М. Пути создания системы поддержки принятия решений при обосновании перспектив развития вооружения и военной техники // Вооружение. Политика. Конверсия. – 2002. – № 3. – С. 18-21.

4. Ангельский Р. ЗРК ПВО Сухопутных войск. Часть 1, Часть 2 // Техника и вооружение. – 2003. – № 6, № 7. – С. 1-40.

5. Демидов Б.А., Величко А.Ф., Волощук И.В. Системно-концептуальные основы деятельности в военно-технической области. Книга 2. Организационно-методические основы деятельности в военно-

технической области. Научно-учебное издание. – К., 2006. – 1152 с.

6. Балдин К.В., Воробьев С.Н. Управленческие решения: теория и технологии принятия: Учебник для вузов. – М.: Проект, 2004. – 304 с.

7. Герасимов Б.М., Дивизиюк М.М., Субач И.Ю. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности. – Севастополь, 2004. – 320 с.

8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

9. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Поступила в редколлегию 18.05.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.