

УДК 351.864:001.89

М.В. Науменко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье предлагается метод оценивания уровня технического совершенства образцов вооружения и военной техники, основанный на учете значимости тактико-технических характеристик, определяющих совокупность боевых свойств образцов вооружения и военной техники и влияющих на эффективность выполнения боевых задач. Введен интегральный показатель, позволяющий оценить изменение уровня эффективности применения образцов вооружения и военной техники по назначению при изменении значений любой из его тактико-технических характеристик, определяющих его технический облик, или их значимости для боевых свойств, в состав которых они входят.

Ключевые слова: *уровень технического совершенства образца вооружения и военной техники, метод анализа иерархий, декомпозиция задачи оценивания уровня технического совершенства.*

Введение

Необходимость повышения уровня технического совершенства модернизированного образца вооружения и военной техники (ВВТ) и его основных составных частей обуславливается их ролью в решении задач обеспечения более высокого по сравнению с существующим образцом уровня боевых свойств модернизированного образца и улучшения системы его технического обслуживания и ремонта, что в итоге в значительной степени определяет уровень его боеспособности.

При принятии решения по техническому облику модернизированного образца ВВТ должны быть всесторонне проанализированы и оценены основные подходы к конструктивно-техническому исполнению образца, влияющие на компоненты его боевых свойств, которые обеспечивают повышение эффективности применения образца по назначению в прогнозируемых условиях выполнения боевых задач.

Основной раздел

Обоснование технического облика модернизированного образца ВВТ требует оценивания вклада всех основных тактико-технических характеристик (ТТХ), определяющих совокупность его боевых свойств и влияющих на эффективность выполнения боевых задач с учетом их взаимосвязей. В связи с этим при решении задачи обоснования технического облика возникает необходимость использования комплексного показателя, позволяющего получать значения уровня эффективности применения модернизированного образца ВВТ по назначению при изменении любой из его ТТХ, определяющих технический облик [1].

Решение этой задачи может быть сведено к тому, чтобы каждое из боевых свойств $BC_i, i=1...M$,

(боевую мощь, мобильность, выживаемость, применимость, устойчивость к противодействию противника и т.п.) представить своим набором частных показателей, каждый из которых характеризует определенное отдельное свойство, входящее в представительную группу свойств того или иного боевого свойства образца ВВТ. При таком подходе комплексный показатель оценивания каждого из боевых свойств будет представляться в виде функции от соответствующих частных показателей. При этом требование к показателю оценивания боевого свойства декомпозируется на требования, предъявляемые к частным показателям, которые затем отражаются в тактико-технических требованиях, предъявляемых к модернизированному образцу ВВТ.

Эффективным эвристическим методом, который получил широкое распространение в различных областях деятельности, связанной с принятием тех или иных решений, является метод анализа иерархий (МАИ), в котором реализованы процедуры парного сравнения анализируемых объектов [2].

В МАИ элементы сравниваются попарно по отношению к их значимости влияния на общий для них элемент вышестоящего иерархического уровня.

В рамках решения задачи оценивания уровня технического совершенства модернизируемых образцов ВВТ МАИ предполагается реализовать таким образом:

формулировка задачи оценивания уровня совершенства образца ВВТ, модель которой представляется в виде иерархической структуры со следующими уровнями иерархии (рис. 1): уровень боевого совершенства образца ВВТ – боевые свойства, вытекающие из роли и места образца в составе группировки войск (сил) и определяющие требования к уровню его технического совершенства; уровень основных ТТХ образца, совокупность которых фор-

мируєт його технічний облик і значення яких визначають рівень тактико-технічного досконалості зразка; рівень альтернативних варіантів модернізації зразка ВВТ, підлягаючих порівняльному оцінюванню;

визначення вагових коефіцієнтів, що відображають значимість бойових властивостей зразка ВВТ, які беруться до уваги при формуванні технічного зовнішнього вигляду модернізованого зразка і оцінюванні рівня його технічного досконалості;

визначення вагових коефіцієнтів показувачів ТТХ, що відображають ступінь їх впливу на бойову властивість, до складу якої вони входять і по

яким проводиться порівняння альтернативних варіантів модернізації зразка ВВТ. Якщо одна і та ж ТТХ входить до складу різних бойових властивостей, то для кожної бойової властивості ця ТТХ береться до уваги зі своїм ваговим коефіцієнтом в складі того чи іншого бойової властивості;

виконуються парні порівняння варіантів реалізації модернізованого зразка ВВТ по кожній з ТТХ, які беруться до уваги при визначенні рівня технічного досконалості.

Декомпозиція задачі оцінювання рівня технічного досконалості зразка ВВТ може бути представлена в вигляді схеми, зображеної на рис. 1.

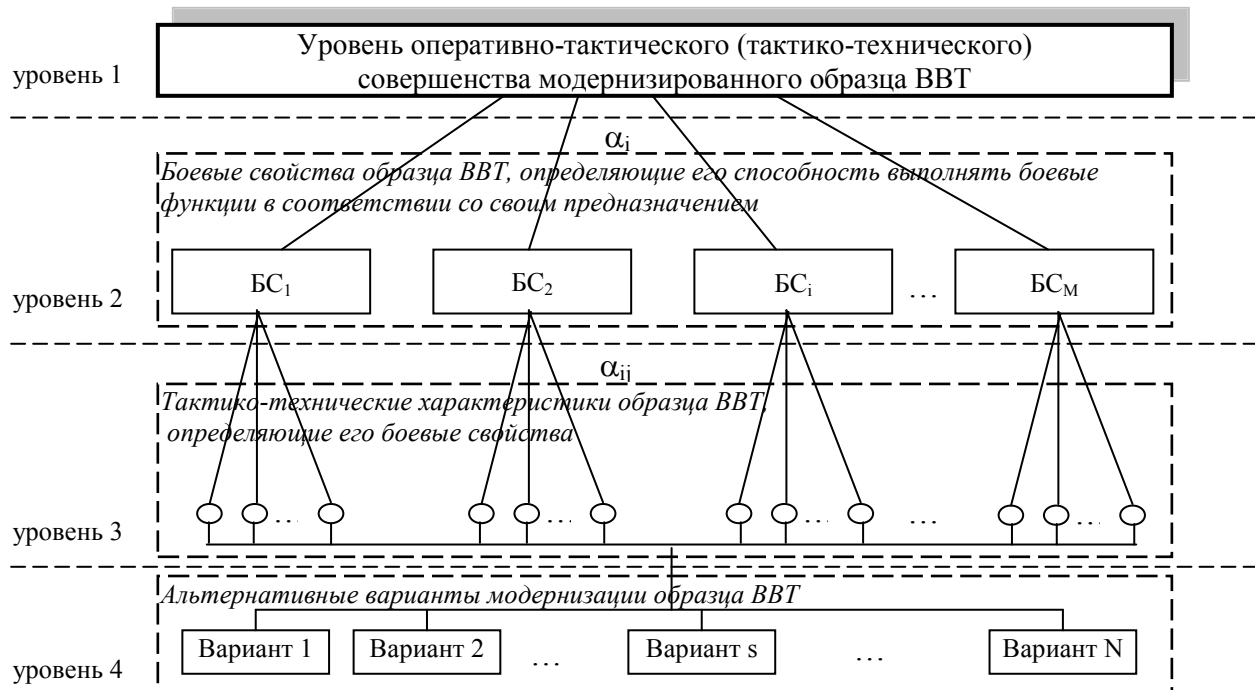


Рис. 1. Декомпозиция задачи оценивания уровня технического совершенства модернизируемого образца ВВТ

Если перечень показателей ТТХ зразка ВВТ, береться до уваги при оцінюванні його бойових властивостей, які є значимими для визначення технічного рівня, складається тільки з кількісних показувачів, то технічний рівень може бути визначений методом вагових коефіцієнтів з використанням показувача технічного рівня, представленого в адитивній формі:

$$TU_s = \sum_{i=1}^M \alpha_i \left[\sum_{j=1}^K \alpha_{ij} TTX_{ij_s} \right], \quad (1)$$

$$i = 1 \dots M, \quad j = 1 \dots K, \quad s = 1 \dots N,$$

де TTX_{ij_s} – відносне (нормоване) значення j -ої ТТХ s -го зразка ВВТ, що входить до складу в i -го бойової властивості, береться до уваги при оцінюванні технічного рівня зразка ВВТ;

M – кількість аналізованих бойових властивостей зразка ВВТ;

K – кількість ТТХ в складі бойових властивостей зразка ВВТ;

N – кількість варіантів реалізації модернізованого зразка ВВТ;

α_i – ваговий коефіцієнт i -го бойової властивості, який характеризує його відносну важливість в загальному ряду бойових властивостей аналізованого варіанта зразка ВВТ, причому $\sum_{i=1}^M \alpha_i = 1$;

α_{ij} – ваговий коефіцієнт j -ої ТТХ, який характеризує її відносну важливість в складі i -го бойової властивості, береться до уваги при оцінюванні технічного рівня зразка ВВТ, причому $\sum_{j=1}^K \alpha_{ij} = 1$.

Коефіцієнти α_i визначаються шляхом проведення експертного оцінювання, в результаті

которого формируются матрицы парных сравнений. В случае проведения группового экспертного оценивания каждый эксперт формирует свою матрицу парных сравнений боевых свойств относительно степени влияния каждого из них на требуемый уровень технического совершенства образца ВВТ [2].

Для проведения субъективных парных сравнений используется шкала относительной важности, приведенная в табл. 1.

Таблица 1

Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство одного над другим
5	Существенное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточное решение между двумя соседними суждениями

Элементы матрицы парных сравнений для боевых свойств, предложенные ℓ -м экспертом отражают значимость i -го боевого свойства относительно k -го боевого свойства для определения уровня технического совершенства по мнению ℓ -го эксперта и имеют вид:

$$z_{\ell ik} = \frac{wb_{\ell i}}{wb_{\ell k}}, \quad \ell = 1 \dots L; \quad i, k = 1 \dots M, \quad (2)$$

где $\frac{wb_{\ell i}}{wb_{\ell k}}$ – отношение значимости i -го боевого свойства по отношению к k -му боевому свойству, влияющих на уровень технического совершенства образца ВВТ, предложенное ℓ -м экспертом; L – количество экспертов, участвующих в оценивании.

Индивидуальные экспертные оценки объединяются при формировании групповой матрицы, элементы которой определяются путем вычисления среднего геометрического:

$$Z_{ik} = \sqrt[L]{\prod_{\ell=1}^L \frac{wb_{\ell i}}{wb_{\ell k}}} = \sqrt[L]{\prod_{\ell=1}^L z_{\ell ik}}. \quad (3)$$

Результаты экспертного оценивания, представленные в виде матрицы парных сравнений (Z_{ik}), подвергаются обработке с целью получения вектора весовых коэффициентов сравниваемых боевых свойств образца ВВТ, которые отражают относительную важность каждого боевого свойства в его уровне технического совершенства. Для этого вычисляются компоненты главного собственного вектора как среднее геометрическое для каждой строки матрицы, затем полученные величины нормируются. В результате получают значения весовых коэф-

фициентов α_i , которые определяются следующим образом:

$$\alpha_i = \frac{\sqrt[M]{\prod_{k=1}^M Z_{ik}}}{\sum_{i=1}^M \sqrt[M]{\prod_{k=1}^M Z_{ik}}}. \quad (4)$$

В качестве меры согласованности экспертных оценок, полученных методом парных сравнений, используется отношение согласованности

$$T = \frac{\Lambda}{R}, \quad (5)$$

где Λ – индекс согласованности; R – среднее значение индекса согласованности, которое рассчитано для квадратной n -мерной обратно-симметричной матрицы со случайными элементами.

При абсолютной согласованности обратно-симметричной матрицы ее максимальное собственное значение λ_{\max} и размер n совпадают, в другом случае $\lambda_{\max} > n$, т.е. всегда $\lambda_{\max} \geq n$. Поэтому в качестве меры согласованности может быть использован индекс согласованности, которой рассчитывается по формуле:

$$\Lambda = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (6)$$

Приближенное значение λ_{\max} для оценки отношения согласованности можно рассчитать по следующей формуле:

$$\lambda_{\max} = \mu^T \alpha, \quad (7)$$

где $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M)^T$ – вектор-столбец весовых коэффициентов; $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_M)^T$ – вектор-столбец, компоненты которого определяются по формуле:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^M Z_{ik}, \quad k = 1 \dots M. \quad (8)$$

Если $T \leq 0,1$, то степень согласованности считается приемлемой, в противном случае экспертам рекомендуют пересмотреть свои суждения.

Для вычисления коэффициентов значимости показателей ТТХ (α_{ij}) в составе боевых свойств используется аналогичный подход. Таким образом, проведя аналогичную процедуру экспертного оценивания, получают значения весовых коэффициентов α_{ij} , аналитическое выражение для вычисления которых имеет следующий вид:

$$\alpha_{ij} = \frac{\sqrt[K]{\prod_{k=1}^K Z_{t_{ijk}}}}{\sum_{j=1}^K \sqrt[K]{\prod_{k=1}^K Z_{t_{ijk}}}}, \quad (9)$$

где $Z_{t_{i_{jk}}}$ – елементи групової матриці оцінювання значимості j -ї ТТХ по отношению к k -ї ТТХ в составе i -го боевого свойства, вычисляемые по формуле:

$$Z_{t_{i_{jk}}} = \sqrt[L]{\prod_{\ell=1}^L \frac{wt_{\ell_{ij}}}{wt_{\ell_{ik}}}}, \quad (10)$$

где $\frac{wt_{\ell_{ij}}}{wt_{\ell_{ik}}}$ – отношение значимости j -го показателя

ТТХ по отношению к k -му показателю ТТХ в составе i -го боевого свойства, участвующего в оценивании уровня технического совершенства, предложенное ℓ -м экспертом.

Для определения относительных значений $ТТХ_{ij_s}$ производится сравнение всех вариантов реализации модернизированного образца ВВТ по значениям ТТХ. В результате формируется матрица парных сравнений вариантов образцов, элементы которой вычисляются следующим образом:

$$ТТХ_{ij_{st}} = \frac{ТТХ_{ij_s}}{ТТХ_{ij_t}}, \quad (11)$$

где $ТТХ_{ij_s}$ – значение показателя j -ї ТТХ в составе i -го боевого свойства s -го варианта образца ВВТ; $ТТХ_{ij_t}$ – значение показателя j -ї ТТХ в составе i -го боевого свойства t -го варианта образца ВВТ.

Для определения насколько в S -м варианте образца ВВТ проявляется ij -я ТТХ относительно других вариантов модернизации образца используется метод нахождения компонент главного собственного вектора.

$$ТТХ_{ij_s} = \frac{\sqrt[N]{\prod_{t=1}^N ТТХ_{ij_{st}}}}{\sum_{s=1}^N \sqrt[N]{\prod_{t=1}^N ТТХ_{ij_{st}}}}. \quad (12)$$

Выводы

Таким образом, используя метод анализа иерархий и аддитивную форму представления комплексного показателя уровня технического совершенства, можно проанализировать его изменение при варьировании значимостью боевых свойств модернизированного образца ВВТ, составляющих ТТХ, или внося изменения в значения показателей ТТХ альтернативных вариантов модернизации образца ВВТ. Это позволит определять возможные направления модернизации образца ВВТ, а также использовать комплексный показатель уровня технического совершенства образца ВВТ при построении модели его эволюции и прогнозировать моральное старение образца ВВТ.

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 15467-79 – [Чинний від 1979-07-01]. [Електронний ресурс]. – Режим доступа к документу: <http://stroyinf.ru/cgi-bin/mck/gost.cgi?i=-3x1083>.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

Поступила в редколлегию 26.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. А.Б. Леонтьев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ МОДЕРНІЗОВАНИХ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ, ЩО МОДЕРНІЗУЮТЬСЯ

М.В. Науменко

У статті пропонується метод оцінювання рівня технічної досконалості зразків озброєння і військової техніки, заснований на обліку значущості всіх тактико-технічних характеристик, що визначають сукупність бойових властивостей зразків озброєння і військової техніки і які впливають на ефективність виконання бойових завдань. Введений інтегральний показник, який дозволяє оцінити зміну рівня ефективності застосування зразків озброєння і військової техніки за призначенням при зміні значень будь-якої з його тактико-технічних характеристик, що визначають його технічний обрис, або їх значущості для бойових властивостей, до складу яких вони входять.

Ключові слова: рівень технічної досконалості зразка озброєння і військової техніки, метод аналізу ієрархій, декомпозиція завдання оцінювання рівня технічного досконалості.

METHOD OF EVALUATION OF LEVEL OF TECHNICAL PERFECTION MODERNIZED STANDARDS OF ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE

M.V. Naumenko

The method of evaluation of level of technical perfection of standards of armament and military technique is offered in the article, based on the account of meaningfulness of all of tactic-technical descriptions, determining the aggregate of battle properties of standards of armament and military technique and influencing on efficiency of implementation of urgent tasks. An integral index, allowing to estimate the change of level efficiency of application of standards of armament and military technique on purpose at the change of values to any of his tactic-technical descriptions, determining his technical look, or their meaningfulness for battle properties which they enter in the complement of, is entered.

Keywords: level of technical perfection of standard of armament and military technique, method of analysis of hierarchies, decoupling of task of evaluation of level of technical perfections.