

О.В. Турінський

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ МНОЖИН ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ДОПУСТИМИХ ЗМІН

*Розглянутий вплив оцінок перспектив розвитку зенітних ракетних комплексів на якість виконання поставлених завдань. Запропонована методика вибору (уточнення) номенклатури параметрів для синтезу зенітних ракетних комплексів і призначення їх допустимих змін. Методика складається з кількох методів: методів обґрунтування множини параметрів зенітних ракетних комплексів, які ґрунтуються на оцінках перспектив розвитку засобів повітряного нападу та показника якості функціонування зенітних ракетних комплексів і побудові математичної моделі такої системи, та рекомендації з призначення допустимих змін обраних параметрів. Розроблена методика дозволяє перевіряти оптимальність вибору множини параметрів зенітних ракетних комплексів та призначення їх допустимих змін при проведенні попередньої експертизи комплексів при плануванні етапів їх розробки.*

**Ключові слова:** зенітні ракетні комплекси, параметри, оптимізація характеристик, математична модель.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Проведення навчальних стрільб зенітними ракетними комплексами (ЗРК), що розробляються або модернізуються, призначено для відпрацювання процедур знищення засобів повітряного нападу (ЗПН), таких як ракетне озброєння, безпілотні та пілотовані літальні апарати, і забезпечують одержання інформації для розв'язання таких задач [1]:

- обґрунтування загальних вимог до ЗРК і їх окремих складових частин (елементів);
  - визначення вимог до функціонування окремих систем і агрегатів ЗРК;
  - оцінки тактико-технічних характеристик ЗРК і їх складових частин (елементів);
  - оперативного прогнозування траєкторії та характеристик ЗПН, що рухаються з різними швидкостями та на різних висотах.
- Основними та найбільш складними задачами при розробці (модернізації) ЗРК і зенітних керованих ракет (ЗКР) є одержання інформації для оцінки:
- характеристик точності системи керування польотом ракети на ділянках траєкторії;
  - конструктивних характеристик комплексу та ракети;
  - принципу побудови системи керування комплексу та ракети;
  - вимог до системи наведення ракети за даними перспектив розвитку ЗПН.

Для отримання необхідних характеристик ЗРК, що проектується, необхідна достовірна інформація про технічні характеристики перспективних ЗПН (наприклад, швидкість і висота руху, система наведення на ціль, дані про ефективну площу розсію-

вання тощо). Для визначення дійсних значень параметрів ЗРК необхідно проводити перевірки їх узгодження та фізичну реалізацію. Як правило, контроль таких параметрів проводиться за допомогою визначення значень встановлених характеристик [2]. Отже, визначення дійсних значень характеристик ЗРК дозволить забезпечити потрібну достовірність прогнозу характеристик, їх узгодженість та можливість реалізації, а також врахувати дані про перспективи розвитку ЗПН у середньостроковій перспективі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підвищення ефективності проведення прогнозу технічних характеристик ЗРК полягає у збільшенні достовірності інформації про реальний стан перспектив розвитку та зменшенні невизначеності, що пов'язане зі зниженням вартості проведення досліджень на попередньому етапі оцінки характеристик. Неправильний вибір показників веде до великих непродуктивних витрат, зниження достовірності прогнозу та ефективності розробки перспективного ЗРК. Тому оптимальний вибір показників є однією з найбільш важливих і складних задач розробки ЗРК як складної технічної системи.

На цей час розроблено велику кількість методів обґрунтування номенклатури показників технічних об'єктів, у тому числі ЗРК, які можна розбити на дві групи: експертні [3–9] і розрахункові [10–16].

Експертні методи полягають у визначенні індивідуальних оцінок кожного параметра ЗРК групою експертів, усередненні цих оцінок та ухваленні рішення з включення до номенклатури контрольованих тих параметрів, середні значення оцінок яких перевищують допустимі межі. При виставлянні оцінок експерти враховують важливість або “вагу” кожного параметра, можливість його вимірювання,

вимоги безпеки й інші фактори. Головним недоліком експертних методів є суб'єктивний фактор, тобто характеристика може бути оцінена різними експертами далеко неоднозначно. А це для ЗРК може призвести до помилкового висновку про “вагу” характеристики і виключенню з числа важливих ту характеристику, значення якої може призвести до значного матеріального збитку або навіть зниження характеристик ЗРК [1].

До розрахункових належать методи, що ґрунтуються на оцінці різних характеристик ЗРК, наприклад, показників надійності елементів, показників імовірності ураження ЗПН. Вони базуються на побудові математичної моделі об'єкта та вирішенні задачі оптимізації складу показників, що залежить від обраного критерію оптимізації [8].

Однак, при обґрунтуванні структури показників, особливо ЗРК, які створюються, можуть виникнути протиріччя, наприклад, коли вартість проведення попередніх досліджень не відповідає ефективності ЗРК, або меті його створення. Це зв'язано з тим, що кількість показників ЗРК неоднозначна пов'язана з показниками якості комплексу у цілому. Для одержання оптимального рішення використовується метод послідовного наближення, що полягає в багаторазовому вирішенні задач оптимізації характеристик ЗРК і їх узгодженні.

До розрахункових методів вибору характеристик ЗРК належать і методи, які ґрунтуються на розв'язанні систем нерівностей, що визначають співвідношення між отриманими та необхідними значеннями характеристик комплексу, його вартості, строку експлуатації, достовірності отримання потрібних характеристик комплексу. Основний недолік цих методів у тому, що вони не враховують параметри експлуатації ЗРК, які значно впливають на експлуатаційні характеристики комплексу [5; 7; 14].

**Формулювання мети статті.** Метою статті є розробка методики, яка дозволяє обґрунтувати номенклатуру характеристик, що визначають необхідні вимоги до перспективного ЗРК за умови забезпечення необхідного рівня ураження повітряних цілей і перспектив розвитку ЗПН противника. До методики крім методу установаження складу характеристик при визначенні вимог до перспективних ЗРК пропонується включити метод визначення допустимих відхилень характеристик, так як це визначає кількісну та якісну оцінку перспективного ЗРК [8].

### Виклад основного матеріалу

Оцінка обґрунтованості вибору характеристик включає оцінку умов мінімізації обсягу досліджень, проведених в оптимальні строки для досягнення результатів розробки ЗРК.

#### 1. Метод, що ґрунтується на оцінці надійності елементів.

При застосуванні даного методу виконують наступні операції [2].

1.1. Визначають імовірності безвідмовної роботи зразка ЗРК для кожного з його параметрів  $x_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , де  $m$  – кількість параметрів ЗРК.

1.2. Розташовують усі параметри у порядку зростання відповідних їм імовірностей безвідмовної роботи ЗРК й одержують ряд  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$ .

1.3. Вибирають з отриманого ряду  $n \leq m$  параметрів  $x_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , так, щоб задовольнити систему нерівностей:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \Delta\lambda_i \leq \Delta\lambda_d; \\ \sum_{i=1}^n t_i \leq t_d; \\ \sum_{i=1}^n C_i \leq C_d; \\ \min\{T_i\} \geq T_d; \\ \frac{n}{m} \geq D_{mn}; \\ D_{ip} \geq D_{pn}; \\ i = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $\Delta\lambda_i$  – приріст інтенсивності відмов ЗРК за рахунок узгодження елементів ЗРК й елементів ЗКР та інших зовнішніх систем;  $t_i$  – тривалість експлуатації  $i$ -го параметра ЗРК;  $C_i$  – вартість блоку (елементу) ЗРК для реалізації  $i$ -ї характеристики комплексу;  $T_i$  – необхідна періодичність модернізації  $i$ -ї характеристики ЗРК;  $D_{ip}$  – експертна оцінка значення  $i$ -ї характеристики ЗРК;  $D_{mn}$  – номінальна методична достовірність контролю характеристики ЗРК.

Індекси „д”, „н” означають відповідно допустиме та номінальне значення величини.

1.4. Якщо система нерівностей (1) задовольняється, то параметри  $x_1, x_2, \dots, x_n$  утворюють оптимальну сукупність характеристик ЗРК.

#### 2. Метод, що ґрунтується на оцінці показника якості виконання завдання ЗРК.

Застосування даного методу передбачає виконання наступних дій [6; 11].

2.1. Обчислюють часткові похідні від показника якості ЗРК  $Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  за кожною з характеристик і визначають модулі похідних:

$$\left| \frac{\partial Q}{\partial x_i} \right|, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

2.2. Розташовують параметри  $x_i$  у порядку убутання часткових похідних  $|\partial Q/\partial x_i|$  і отримують ряд  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$ .

2.3. Вибирають із цього ряду  $n \leq m$  параметрів  $x_j, j = \overline{1, n}$ , так, щоб задовольнити систему (1).

2.4. Якщо система нерівностей (1) задовольняється, то параметри  $x_j, j = \overline{1, n}$  утворюють оптимальну сукупність характеристик ЗРК.

Наведені вище методи обґрунтування складу характеристик ЗРК застосовуються не тільки при розробці, а й при проведенні експертизи документації на ЗРК із метою перевірки правильності визначення складу характеристик. Ці методи прості в реалізації, дозволяють визначити склад характеристик залежно від необхідної достовірності оцінки параметрів. Але вони не зв'язані з моделлю застосування ЗРК і тому склад характеристик, що визначено за допомогою цих методів, як було зазначено вище, може бути неоптимальний. Тому пропонується метод оптимізації складу характеристик, який враховує параметри бойового застосування ЗРК [16].

3. *Комплексний метод, що ґрунтується на математичній моделі ЗРК.*

При цьому методі слід провести наступні операції [3–4; 6].

3.1. Розроблюють математичну модель застосування ЗРК і визначають основні параметри бойового застосування [5].

3.2. Згідно з параметрами застосування ЗРК і характеристиками ЗПН визначають імовірність виконання ЗРК поставленої задачі [2]:

$$P_{\text{вик}} = P_{\Gamma} \cdot [K_{\text{зпн}} \cdot P_{\text{зрв}} \cdot P_{\text{зкр}} + (1 - K_{\text{зпн}} \cdot P_{\text{зрв}} \cdot P_{\text{зкр}}) \cdot P_{\text{в}}], \quad (3)$$

де  $P_{\Gamma}$  – імовірність знаходження ЗРК у стані готовності до застосування;  $K_{\text{зпн}}$  – нормувальний коефіцієнт, який відображає характеристики ЗПН,  $K_{\text{зпн}} = 0,6 \div 0,8$ ;  $P_{\text{зрв}}$  – імовірність бойового стану ЗРК;  $P_{\text{зкр}}$  – імовірність справного стану ЗРК;  $P_{\text{в}}$  – імовірність відновлення ЗРК.

3. Вибирають із загального числа характеристик  $n \leq m$  параметрів  $x_j, j = \overline{1, n}$  так, щоб векторний критерій  $K (D, P_{\text{вик}}, -t_{\text{п}})$  приймав своє максимальне значення, тобто вирішити векторну оптимізаційну задачу:

$$\begin{cases} D \rightarrow \max; \\ P_{\text{вик}} \rightarrow \max; \\ t_{\text{п}} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (4)$$

де  $t_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n t_i$ ,  $D$  – достовірність реалізації всіх параметрів ЗРК, визначається за допомогою співвідношення для всіх  $x_j, j = \overline{1, n}$ .

Векторну задачу оптимізації (4) пропонується вирішувати методом послідовних поступок [2].

4. Вирішення оптимізаційної задачі (4) дозволяє отримати параметри  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які утворюють оптимальну сукупність характеристик ЗРК.

4. *Рекомендації з призначення допустимих інтервалів змін параметрів ЗРК.*

Ці рекомендації пропонується застосовувати при проведенні експертизи на етапах ескізного та технічного проєктів ЗРК.

Для визначення допустимих інтервалів змін для кожної характеристики необхідно виконати такі операції [8].

4.1. Обчислити різницю між значенням математичного сподівання  $m_{x_i}$  характеристики  $x_i$  і серединою інтервалів (при двосторонньому інтервалі) за формулою:

$$\Delta m_{x_i} = m_{x_i} - x_{c_i} = m_{x_i} - x_{н_i} - \Delta c_i \quad (5)$$

або (при односторонньому інтервалі)

$$\Delta m_{x_i} = m_{x_i} - x_{н_i}, \quad (6)$$

де  $x_{c_i}$  – значення параметра  $x_i$ , що відповідає середині його інтервалу;  $x_{н_i}$  – номінальне значення характеристики;  $\Delta c_i = x_{c_i} - x_{н_i}$  – різниця між серединою інтервалу та номінальним значенням характеристики  $x_i$ ;  $m_{x_i}$  – математичне сподівання характеристики  $x_i$ .

4.2. Визначити відношення

$$\frac{\Delta m_{x_i}}{\sigma_{x_i}} = \frac{|m_{x_i} - x_{н_i} - \Delta c_i|}{\sigma_{x_i}}, \quad (7)$$

де  $\sigma_{x_i}$  – середнє квадратичне відхилення характеристики  $x_i$ .

4.3. Відповідно до результату обчислення виразу (7) визначити фактичний допуск  $\Delta_{\text{ф}}$  на характеристику:

$$\Delta_{\text{ф}} = \Delta m_{x_i} / \sigma_{x_i}.$$

4.4. Перевірити виконання нерівності  $\Delta_{\text{ф}} \leq \Delta_{\text{д}}$ , де  $\Delta_{\text{д}}$  – значення допуску на характеристику, призначене замовником ЗРК.

Якщо нерівність виконується, то допуск  $\Delta_{\text{д}}$ , призначений замовником ЗРК, є задовільним. У іншому випадку відпрацьовують рекомендації з уточнення інтервалу на дану характеристику.

Якщо значення інтервалу  $\Delta_d$  на характеристику не задано замовником ЗРК, то його необхідно визначити згідно умові  $\Delta_\phi \leq \Delta_d$ .

Відмітимо, що метод призначення допустимих інтервалів на характеристики ЗРК повинен відповідати наступним вимогам:

- допуски на кожну характеристику ЗРК повинні вкладатися в норми, що встановлені на відхилення заданої, і прийнятому критерію відмови;
- інтервали на характеристику ЗРК вибираються з умови забезпечення бойового забезпечення ЗРК по знищенню перспективних ЗПН противника та умов застосування.

Для перевірки запропонованої методики проведено оцінку часу реакції ЗРК (коефіцієнт  $K_{св}$  своєчасного (оперативного) прийняття рішення щодо знищення ЗПН впродовж заданого часу  $t_k$ ) за характеристиками, визначеними згідно задачі (4), та відомими методами, наведеними у [2; 6; 17] (рис. 1).

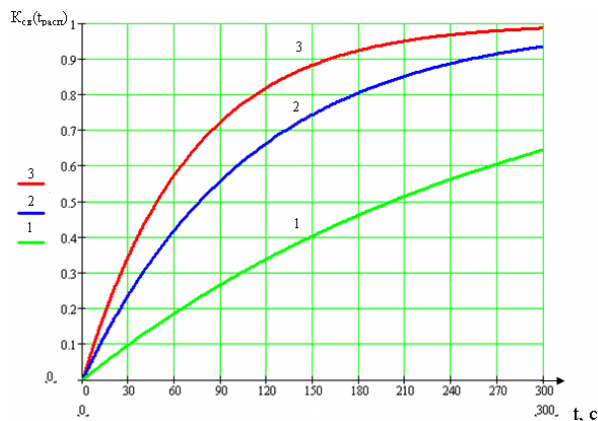


Рис. 1. Залежність коефіцієнта реакції ЗРК щодо знищення ЗПН  $t_k$

Коефіцієнт  $K_{св}$  своєчасної реакції залежно від потрібного (заданого) часу знищення ЗПН  $t_{потр}$  визначається так:

$$K_{св}(t_k) = 1 - e^{-t_k/t_{потр}} \quad (8)$$

Результати розрахунку коефіцієнту  $K_{св}$  згідно виразу (8) представлені на рис. 1.

На рисунку показані значення коефіцієнтів для характеристик, обчислених згідно виразу (4) – запропонований метод (цифра 3) – і характеристик, обчислених за допомогою відомих методів: згідно [2] (цифра 2) і [6] (цифра 1).

Застосування розроблених методів дозволяє зменшити час реакції ЗРК порівняно з прийнятими методами в  $1,6 \div 3$  рази і порівняно з методами, запропонованими у роботі [2], – в  $1,65 \div 1,83$  рази. Отже, запропонована методика дозволяє обґрунтувати оптимальну номенклатуру характеристик ЗРК для потрібного рівня оперативності (мінімального часу) реакції та знищення ЗПН при заданому рівні достовірності. Аналогічно можливо визначити оптимальну номенклатуру характеристик ЗРК для потрібного рівня його достовірності (максимального значення) при заданому рівні оперативності.

## Висновки

Від якості визначення характеристик ЗРК залежить ефективність і економічна доцільність розробки перспективних ЗРК. Запропонована методика, яка складається з декількох розроблених методів з визначення характеристик ЗРК і призначення їх допустимих інтервалів змін. Результати перевірки запропонованої методики довели, що така методика дозволяє обґрунтувати номенклатуру характеристик визначення технічних вимог до перспективного ЗРК за умови забезпечення потрібного (необхідного) рівня оперативності реакції при заданому рівні достовірності потрібних значень характеристик.

Отримання оперативної інформації про технічні характеристики ЗРК дозволить підвищити якість виконання поставлених завдань з розробки перспективних ЗРК і ЗКР та забезпечить необхідні вихідні дані для імітаційного моделювання ЗРК та реалізації технології електронних пусків щодо визначення та уточнення дійсних значень характеристик ЗРК та оптимізації економічних витрат на їх розробку.

## Список літератури

1. Демидов Б.А. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники / Б.А. Демидов. – К.: ИД «Стилос», 2011. – 464 с.
2. Герасимов С.В. Техніко-економічне обґрунтування розробки (модернізації, закупівлі) складних технічних комплексів / С.В. Герасимов, А.М. Клименко, Т.А. Пінчук // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 1 (23). – С. 111-115.
3. Васильев В.Е. Управление качеством вооружения и военной техники / В.Е. Васильев. – Харьков: ХВУ, 1994. – 199 с.
4. Дмитриев А.К. Основы теории построения и контроля сложных систем / А.К. Дмитриев, П.А. Мальцев. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
5. Ковтуненко А.П. Основы теории построения и моделирования функционирования сложных систем вооружения / А.П. Ковтуненко, Н.А. Шершнева. – Харьков: ВИРТА, 1992. – 234 с.
6. Раскин Л.Г. Математические методы исследования операций и анализа сложных систем вооружения ПВО. Математическое моделирование функционирования сложных систем / Л.Г. Раскин. – Харьков: ВИРТА, 1988. – 188 с.

7. Ланецький Б.М. Технічне оснащення Повітряних Сил Збройних Сил України зенітним ракетним озброєнням: стан та проблеми, шляхи їх вирішення / Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук, І.М. Ніколаєв // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 5 (54). – С. 29-32.
8. Герасимов С.В. Підвищення боєготовності зенітних ракетних військ шляхом оптимальної закупівлі комплектуючих виробів зенітних ракетних комплексів / С.В. Герасимов, Д.М. Ізосімов, Є.С. Рошупкін, В.В. Старцев // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1 (21). – С. 55-59.
9. Барвіненко В.В. Воздушно-космическая оборона: современный аспект / В.В. Барвіненко // Военная мысль. – 2007. – № 2. – С. 8-16.
10. Ланецкий Б.Н. Порядок обоснования оперативно-тактических требований к системе зенитного ракетного вооружения и ее структурным компонентам / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, И.Г. Кириллов, И.М. Николаев // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 1 (37). – С. 51-55.
11. Скорик А.Б. Аналіз загальної методології формування вимог до військово-технічних систем і озброєння ЗРВ. Частина 1. Еволюційний розвиток оперативно-тактичних вимог / А.Б. Скорик, Б.О. Демідов, П.А. Дранник // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3 (23). – С. 75-82.
12. Герасимов С.В. Оцінка параметрів руху повітряних об'єктів при об'єднанні результатів незалежних первинних вимірювань в активній багатопозиційній системі радіолокації / С.В. Герасимов, Д.М. Ізосімов, Є.С. Рошупкін, О.М. Богдановський // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3 (23). – С. 110-113.
13. Захаров В.А. Основные требования к системе ПВО войск и объектов в современных условиях / В.А. Захаров, В.А. Гладышев // Военная мысль. – 2007. – № 1. – С. 9-14.
14. Криницкий Ю.В. Проблемы организации ПВО подвижных объектов государственного значения / Ю.В. Криницкий, В.Н. Тикшаев // Военная мысль. – 2010. – № 6. – С. 40-46.
15. Герасимов С.В. Оценка параметров движения маневрирующих воздушных объектов в активной некогерентной системе при обработке информации от нескольких неравноточных источников с разным темпом обзора пространства / С.В. Герасимов, Е.С. Рошупкин, Г.А. Федак, Я.В. Бабий // Військово-технічний збірник. – 2012. – № 1 (6). – С. 18-26.
16. Василенко О.В. Погляди на обґрунтування вимог до технічних показників перспективних зразків озброєння / О.В. Василенко, В.В. Зубарев // Наука і оборона. – 2007. – №4. – С. 33-34.
17. Павленко М.А. Метод разработки системы информационного обеспечения процессов оценки состояния объектов управления / М.А. Павленко, С.В. Полищук, С.И. Хмелевский, С.В. Кукобко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Вип. 1(14). – Харків: ХУ ПС, 2014. – С. 161-166.

## References

1. Demidov, V.A. (2011), “*Sistemnaja metodologija planirovanija razvitija, predproektnyh issledovanij i vneshnego proektirovanija vooruzhenija i voennoj tehniki*” [System methodology of development planning, pre-project research and external design of weapons and military equipment], Stilos, Kyiv, 464 p.
2. Herasymov, S.V., Klimenko, A.M. and Pinchuk, T.A. (2010), “*Tekhniko-ekonomichne obruntuvannia rozrobky (modernizatsii, zakupivli) skladnykh tekhnichnykh kompleksiv*” [Feasibility study on the development (modernization, procurement) of complex technical complexes], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1 (23), pp. 111-115.
3. Vasil'ev, V.E. (1994), “*Upravlenie kachestvom vooruzhenija i voennoj tehniki*” [Management of the quality of weapons and military equipment], HVU, Kharkiv, 199 p.
4. Dmitriev, A.K. and Mal'cev, P.A. (1988), “*Osnovy teorii postroenija i kontrolja slozhnyh sistem*” [Fundamentals of the theory of construction and control of complex systems], Energoatomizdat, Leningrad, 192 p.
5. Kovtunenکو, A.P. and Shershnev, N.A. (1992), “*Osnovy teorii postroenija i modelirovanija funkcionirovanija slozhnyh sistem vooruzhenija*” [Fundamentals of the theory of constructing and modeling the functioning of complex weapon systems], VIRTА, Kharkiv, 234 p.
6. Raskin, L.G. (1988), “*Matematicheskie metody issledovanija operacij i analiza slozhnyh sistem vooruzhenija PVO*” [Mathematical methods of investigation of operations and analysis of complex air defense systems], VIRTА, Kharkiv, 188 p.
7. Lanetskyi, B.M., Luk'janchuk, V.V. and Nikolaev, I.M. (2017), “*Tekhnichne osnashchennia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy zenitnym raketnym ozbroienniam: stan ta problemy, shliakhy yikh vyrishennia*” [Technical equipment of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine with anti-aircraft missile weapons: state and problems, ways of their solution], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 5 (54), pp. 29-32.
8. Herasymov, S.V., Izosimov, D.M., Roshhupkin, E.S. and Starcev, V.V. (2010), “*Pidvyshchennia boiehotovnosti zenitnykh raketnykh viisk shliakhom optymalnoi zakupivli komplektuiuchykh vyrobiv zenitnykh raketnykh kompleksiv*” [Increase combat readiness of anti-aircraft missile troops by optimal procurement of components for anti-aircraft missile systems], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1 (21), pp. 55-59.
9. Barvinenko, V.V. (2007), “*Vozdushno-kosmicheskaja oborona: sovremennyj aspekt*” [Aerospace defense: a modern aspect], *Military Thought*, No. 2, pp. 8-16.
10. Lanetskyi, B.M., Luk'janchuk, V.V., Kirillov, I.G. and Nikolaev, I.M. (2014), “*Porjadok obosnovanija operativno-takticheskikh trebovanij k sisteme zenitnogo raketnogo vooruzhenija i ee strukturnym komponentam*” [The procedure for substantiating the operational and tactical requirements for an anti-aircraft missile system and its structural components], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1 (37), pp. 51-55.
11. Skoryk, A.B., Demidov, B.O. and Drannik, P.A. (2010), “*Analiz zahalnoi metodolohii formuvannia vymoh do viiskovo-tekhnichnykh sistem i ozbroiennia ZRV. Chastyna 1. Evoliutsiyni rozvytok operatyvno-taktychnykh vymoh*” [Analysis of the general methodology of forming requirements for military-technical systems and armament of anti-aircraft missile troops. Part 1. Evolutionary development of operational tactical requirements], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 3 (23), pp. 75-82.

12. Herasymov, S.V., Izosimov, D.M., Roshhupkin, E.S. and Bogdanovskij, O.M. (2010), "Ocinka parametriv ruhu povitranjih ob'ektiv pri ob'ednanni rezul'tativ nezaleznhih pervinnih vimirjuvan' v aktivnij bagatopozicijnij sistemi radiolokacii" [Estimation of the parameters of airborne motion when combining the results of independent primary measurements in the active multipositional radar system], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 3 (23), pp. 110-113.

13. Zaharov, V.A. (2007), "Osnovnye trebovanija k sisteme PVO vojsk i ob'ektov v sovremennyh uslovijah" [The basic requirements for the air defense system of troops and facilities in modern conditions], *Military Thought*, No. 1, pp. 9-14.

14. Krinickij, Ju.V. (2010), "Problemy organizacii PVO podviznyh ob'ektov gosudarstvennogo znachenija" [Problems of organization of air defense of mobile objects of state significance], *Military Thought*, No. 6, pp. 40-46.

15. Gerasimov, S.V., Roshhupkin, E.S., Fedak, G.A. and Babij, Ja.V. (2012), "Ocenka parametrov dvizhenija manevrirujushih vozdušnyh ob'ektov v aktivnoj nekogerentnoj sisteme pri obrabotke informacii ot neskol'kih neravnotochnyh istochnikov s raznym tempom obzora prostranstva" [Estimation of the motion parameters of maneuvering airborne objects in an active incoherent system when processing information from several unequal sources with different rates of space survey], *Military Technical Collection*, No. 1 (6), pp. 18-26.

16. Vasylenko, O.V. and Zubarev, V.V. (2007), "Pohliady na obruntuvannia vymoh do tekhnichnykh pokaznykiv perspektyvnykh zrazkiv ozbroiennia" [Views on the justification of the requirements for the technical indicators of promising weapons], *Science and Defense*, No. 4, pp. 33-34.

17. Pavlenko, M.A., Polishhuk, S.V., Hmelevskij, S.I. and Kukobko, S.V. (2014), "Metod razrabotki sistemy informacionogo obespechenija processov ocenki sostojanija ob'ektov upravlenija" [Method of development of the system of information provision of processes for assessing the status of management objects], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(14), pp. 161-166.

Надійшла до редколегії 19.03.2018

Схвалена до друку 17.04.2018

#### Відомості про автора:

##### Туринський Олександр Васильович

ТВО начальника Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6888-6045>  
 e-mail: nachalnik\_hups@meta.ua

#### Information about the author:

##### Oleksandr Turinskyi

Chief of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6888-6045>  
 e-mail: nachalnik\_hups@meta.ua

## МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ МНОЖЕСТВ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ДОПУСТИМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

А.В. Туринский

*Рассмотрено влияние оценок перспектив развития зенитных ракетных комплексов на качество исполнения поставленных задач. Предложена методика выбора (уточнения) номенклатуры параметров для синтеза зенитных ракетных комплексов и назначения их допустимых изменений. Методика состоит из нескольких методов: методов обоснования множества параметров зенитных ракетных комплексов, основанных на оценках перспектив развития средств воздушного нападения и показателя качества функционирования зенитных ракетных комплексов и построении математической модели такой системы, и рекомендаций по назначению допустимых изменений выбранных параметров. Разработанная методика позволяет проверять оптимальность выбора множества параметров зенитных ракетных комплексов и назначения их допустимых изменений при проведении предварительной экспертизы комплексов при планировании этапов их разработки.*

**Ключевые слова:** зенитные ракетные комплексы, параметры, оптимизация характеристик, математическая модель.

## METHODOLOGY OF SETS SUBSTANTIATION OF PROMISING ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEMS AND DETERMINATION OF THEIR PERMISSIBLE VARIATION

O. Turinskyi

*The influence of the anti-aircraft missile systems development prospect on the quality of operational commitment were considered. The main tasks during development (modernization) of the anti-aircraft missile systems and anti-aircraft guided missile were substantiated. The analysis of the methods of substantiating of anti-aircraft missile systems promising indicators nomenclature performed, identified their main merits and demerits. The purpose of the article is to develop a methodology for nomenclature characteristics substantiation that determine necessary requirements for promising anti-aircraft missile system under condition of supporting desired level of air targets casualties and the prospects for the development of aerial threats. The methodology of characteristics of nomenclature selection (specification) for synthesis of operational anti-aircraft missile systems characteristics are proposed and their designation of permissible variation. Such methodology is comprised of several methods: the method of substantiating sets of characteristics of anti-aircraft missile systems, which is based on assessment of aerial threats development process; an indicator of the anti-aircraft missile systems quality and features of building a mathematical model of such a system and recommendations on the designation of permissible variations in selected characteristics. The developed methodology allows to verify optimal selection of anti-aircraft missile parameters sets of systems and designation of their optimal selection under systems production of pre-screening when planning there development stages.*

**Keywords:** anti-aircraft missile systems, parameters, performances optimization, mathematical model.