

УДК 351.864:001.89(043.2)

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.1\(37\).94-103](https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.1(37).94-103)

В. В. ЗУБАРЕВ, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>

Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>

О. О. ЗВЕРЕВ, кандидат технічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

В. В. ЛУК'ЯНЧУК, доктор технічних наук, професор
orcid.org/0000-0001-5695-7723

І. М. НИКОЛАЄВ, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1250-9918
(Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

І. М. ТЕРЕБУХА, кандидат технічних наук
orcid.org/0000-0002-4701-0623
(Військова частина А2533, м. Дніпро)

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОБҐРУНТУВАННЯ ТАКТИКО- ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті розглянуті методологічні аспекти обґрунтування тактико-технічних вимог до зенітного ракетного комплексу на стадії зовнішнього проектування. Задача обґрунтування цих вимог пов'язана з формуванням обрисів зенітного ракетного комплексу, під яким розуміється структура, принципи побудови і функціонування комплексу, сукупність тактико-технічних і експлуатаційно-технічних характеристик комплексу та його складових частин, які забезпечують виконання бойових завдань при мінімізації витрат на його розробку, виробництво і експлуатацію. Обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зенітних ракетних комплексів представлено у вигляді сукупності взаємопов'язаних єдиним задумом задач. Показано, що обґрунтування тактико-технічних вимог повинно проводитися на основі системного аналізу засобів повітряного нападу, як об'єктів дії комплексу.

Ключові слова: методологія, зенітний ракетний комплекс, обґрунтування, обрис, тактико-технічні вимоги, тактико-технічні характеристики, моделювання.

ВСТУП

Розробка сучасних зразків зенітного ракетного озброєння (ЗРО) є складною проблемою, суть якої полягає в тому, щоб створювати сучасні зенітні ракетні комплекси (ЗРК) конкретного цільового призначення з необхідними тактико-технічними характеристиками (ТТХ) і підтримувати ці характеристики на необхідному рівні на етапах бойового застосування і експлуатації. Рішення цієї задачі здійснюється на початковій стадії життєвого циклу перспективного ЗРК, на якій обґрунтовуються основні тактико-технічні вимоги (ТТВ) до створюваного комплексу. На цій стадії формується і обґрунтовується концепція перспективного ЗРК як елемента системи зенітного ракетного озброєння, визначаються його раціональний обрис і типаж складових частин (підсистем), способи бойового застосування і взаємодії з системами вищого ієрархічного рівня, а також із забезпечуючими системами і комплексами.

Стадія обґрунтування ТТВ характеризується зміною стану ЗРК від виникнення задуму до обґрунтування можливості та доцільності його створення. Результатом цієї стадії є розробка проекту тактико-технічного завдання (ТТЗ) на виконання дослідно-конструкторської роботи (ДКР) із створення ЗРК, в якому повинна бути встановлена сукупність тактико-технічних, техніко-економічних, спеціальних та інших вимог, що пред'являються до зразка. Від обґрунтованості схвалюваних на цій стадії рішень багато в чому залежить успішність всієї розробки і ефективність створеного ЗРК конкретного типу.

Рішення задачі обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК ускладнюється недосконалістю існуючого науково-методичного апарату, основу якого складає методологія багаторівневого зовнішнього (концептуального) проектування. До теперішнього часу немає чіткого розуміння алгоритму визначення всієї послідовності ТТВ, яким повинен задовольняти перспективний ЗРК конкретного типу в прогнозованих (розрахункових) умовах бойового застосування. У зв'язку з цим завдання вдосконалення методології обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК є актуальним.

Враховуючи різноманіття чинників, що впливають на бойові і експлуатаційні властивості перспективних ЗРК, в основу рішення цієї задачі слід покласти системно-концептуальний підхід, який дозволяє вирішити задачу обґрунтування ТТВ з погляду виконання заданого цільового завдання з урахуванням властивості цілісності ЗРК, як багаторівневої складної системи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблема обґрунтування тактико-технічних вимог до зразків озброєння та військової техніки знаходить своє віддзеркалення у великій кількості статей та інших публікацій, число яких в розвинених країнах світу з кожним роком росте. Всі ці публікації за ступенем значущості і обхвату проблеми можуть бути розділені на дві групи, до першої з яких відносяться наукові праці, які безпосередньо присвячені розробці методологічних підходів і методик з обґрунтування ТТВ [1–14], а до другої групи – періодичні видання і наукові статті, які присвячені

розробці математичних моделей, призначених для обґрунтування ТТВ до комплексів і систем ОВТ різного функціонального призначення [15–22].

Проведений аналіз результатів останніх досліджень показав, що в них практично відсутні дослідження, спрямовані на розробку механізму обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК на початковій стадії їх життєвого циклу. Рішення цієї задачі ускладнюється недостатньою опрацьованістю науково-методичного апарату обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК. До теперішнього часу немає чіткого розуміння алгоритму визначення і логічної побудови усієї послідовності ТТХ і ЕТХ перспективного ЗРК конкретного типу, які мають відповідати вирішуваним завданням за критерієм «ефективність – вартість».

Метою статті є уявлення в систематизованому вигляді загальної методологічної схеми обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективного ЗРК на початковій стадії його життєвого циклу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під тактико-технічними вимогами розуміють сукупність вимог до кількісних і якісних характеристик, які визначають цільове призначення і структуру перспективного ЗРК, рівень його технічної досконалості та пристосованість до ефективного виконання бойових завдань в прогнозованих умовах ведення бойових дій. Перелік ТТВ до ЗРК встановлюється стандартами системи розробки і постановки озброєння та військової техніки (ОВТ) на виробництво, зокрема ДСТУ В-П 15.201:2019. До цього переліку входять вимоги до складу ЗРК, а також вимоги, характеристики, норми, показники та інші параметри, що визначають призначення, бойові можливості та умови його експлуатації і бойового застосування. Частина цих вимог обґрунтовується з використанням методів, методик і загальних ТТВ, закріплених державними стандартами та іншими нормативно-технічними документами. Проте, як показує практика, частина ТТВ, що визначають цільове призначення ЗРК і показники його бойових властивостей, повинні обґрунтовуватися з використанням методів, методик і моделей, які повинні спеціально розроблятися для ЗРК конкретного типу. Ця частина вимог визначає обрис перспективного ЗРК як цілісного об'єкту військової техніки конкретного цільового призначення.

Під обрисом ЗРК розуміють такий його якісний склад, при якому його складові частини (бойові і технічні засоби) забезпечують виконання всіх бойових завдань при одночасній мінімізації витрат на розробку, виробництво і експлуатацію комплексу. Обрис ЗРК повинний відображати структуру, принципи побудови і функціонування комплексу, а також сукупність тактико-технічних і експлуатаційно-технічних характеристик, що визначають рівень технічної досконалості і пристосованість ЗРК до ефективного виконання бойових завдань, що на нього покладаються. Обрис ЗРК відображається як його характеристиками в цілому, так і параметрами і характеристиками основних складових частин (бойових і технічних засобів) [9].

Таким чином, завдання обґрунтування ТТВ до ЗРК полягає в тому, щоб визначити його обрис та раціональні значення ТТХ на множині прогнозованих умов

бойового застосування при заданих обмеженнях на вартість і терміни створення комплексу. Рішення цієї задачі зводиться до задачі прогнозного оцінювання основних тактико-технічних і техніко-економічних характеристик ЗРК на основі аналізу ТТХ ЗПН і можливих сценаріїв бойових дій в майбутніх військових конфліктах. При цьому конкретний перелік ТТХ, до яких повинні пред'являтися вимоги, обумовлюється призначенням ЗРК, сукупністю вирішуваних завдань, необхідним рівнем ефективності їх виконання та умовами застосування за призначенням.

З викладеного витікає, що задача обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК конкретного цільового призначення відноситься до класу оптимізаційних задач високої розмірності. Тому в основу рішення цієї задачі повинен бути покладений принцип декомпозиції і оптимізації значень основних тактико-технічних характеристик (ТТХ) ЗРК та його складових частин з урахуванням їх впливу на цільову ефективність ЗРК. З математичної точки зору задача обґрунтування ТТВ до ЗРК може бути сформульована таким чином: для заданої множини типів і ТТХ ЗПН $\Omega_{ЗПН} = \{\omega_1, \dots, \omega_m\}$, множини $V_{ЗПН} = \{v_1, \dots, v_n\}$ способів бойового застосування ЗПН, множини $Z_{ЗРК} = \{z_1, \dots, z_M\}$ бойових завдань ЗРК, множини умов застосування ЗРК $Q_{ЗРК} = \{q_1, \dots, q_N\}$ в ході ведення бойових дій та множини $U_{ЗРК} = \{u_1, \dots, u_k\}$ зовнішніх чинників, що впливають на ЗРК в процесі функціонування, необхідно сформувати множину значень ТТВ до перспективного ЗРК $Y_{ЗРК}^* = \{y_1^*, \dots, y_k^*\}$, яка для заданих умов функціонування, способів застосування і обмежень на вартість створення і експлуатації ЗРК повинна бути якнайкращою на системі переваг, визначуваній вектором показників ефективності $E_{ЗРК} = \{E_1, \dots, E_L\}$, тобто

$$Y_{ЗРК}^* = \arg \max_{E_{ЗРК}} F[Y_{ЗРК}, Z_{ЗРК}, Q_{ЗРК}, U_{ЗРК}, \Omega_{ЗПН}, V_{ЗПН}]$$

$$\text{при } E_{ЗРК} \geq E_{ЗРК}^{TP}, \quad C_{ЗРК} \leq C_{ЗРК}^{TP},$$

де $E_{ЗРК}^{TP}$ – необхідне значення показників ефективності ЗРК, $C_{ЗРК}^{TP}$ – обмеження на вартість створення і експлуатації ЗРК.

Множина зовнішніх чинників $U_{ЗРК} = \{u_1, \dots, u_k\}$ повинна враховувати зовнішнє середовище, в якому ЗРК повинен ефективно функціонувати відповідно до свого призначення. Найважливішими з цих чинників є вогнева і радіоелектронна протидія ЗПН противника. Множина способів бойового застосування ЗРК $Q_{ЗРК} = \{q_1, \dots, q_N\}$ має включати параметри, які характеризують режими функціонування, послідовність виконання функцій (завдань) в ході ведення протиповітряного бою, тривалість застосування тощо.

У зв'язку з великою розмірністю задача обґрунтування ТТВ повинна вирішуватися методом декомпозиції на основі аналізу обсягу і змісту бойових завдань, що покладаються на ЗРК в прогнозованих умовах ведення бойових дій. Рішення цієї задачі повинне здійснюватися в процесі досліджень різних варіантів ведення бойових дій угрупованнями протиповітряної оборони (ППО) при відбитті повітряних ударів противника із застосуванням перспективних ЗПН в можливій війні. Результатом рі-

шення цієї задачі повинна бути множина вимог до ТТХ ЗРК та його складових частин (підсистем), при яких задана ефективність ЗРК буде забезпечена. Рішення задачі в такій постановці можливо при розробці часткових і узагальнених критеріїв оцінки ефективності ЗРК та оптимізації параметрів його складових частин (підсистем) на основі багаторівневої методології зовнішнього проєктування. Новизна цього підходу полягає в розробці загальної методологічної схеми кількісного методу вибору характеристик ЗРК та його складових частин (підсистем), оптимальних з точки зору їх функціонування, які забезпечують виконання наперед заданого загального техніко-економічного критерію ефективності виконання завдань, покладених на ЗРК.

Методологічний підхід до вирішення задачі обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК може бути представлений трьома основними етапами:

- етапом концептуальних досліджень, метою яких є формування концепції ЗРК на основі системної ув'язки військових потреб, науково-технічних і виробничо-економічних можливостей створення ЗРК, здатного задовольнити ці потреби;

- етапом обґрунтування обрису і раціональних значень ТТХ перспективного ЗРК, які визначають його бойові властивості, ефективність бойового застосування та його вартість;

- етапом оцінювання можливості і вартості реалізації раціонального обрису ЗРК, метою якого є уточнення його окремих ТТХ і визначення значень конструктивних параметрів, що забезпечують задоволення вимог до ТТХ створеного ЗРК конкретного типу.

Обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК повинне виконуватися на основі аналізу ЗПН, як об'єктів дії і визначення ефективності дії по ним залежно від необхідних рівнів розвитку властивостей і тактико-технічних характеристик системи зенітного ракетного озброєння та її елементів. Виходячи з цього, обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК повинне базуватися на виконанні наступних процедур:

- визначення потрібних функціональних властивостей ЗРК на основі виявлення дефіциту функціональних властивостей існуючих ЗРК і ЗРК, що розробляються, шляхом аналізу їх можливостей при вирішенні поставлених цільових завдань з урахуванням прогнозованих змін умов застосування;

- формування технічних концепцій і генерація альтернативних варіантів обрису перспективного ЗРК;

- синтез ЗРК в рамках вибраних технічних концепцій з виділенням області непокрашуваних (парето-оптимальних) характеристик;

- визначення альтернативних варіантів обрису ЗРК, типу і компоновки його складових частин;

- представлення складових частин найбільш істотними характеристиками, що показують їх роль і місце у складі ЗРК;

- формулювання вимог до обраних характеристик, що забезпечують досягнення заданої якості перспективного ЗРК;

- оцінка потрібних витрат на життєвий цикл альтернативних варіантів обрису ЗРК;

– обґрунтування раціонального обрису ЗРК з урахуванням прогнозованих ресурсних обмежень.

Обґрунтування ТТВ до ЗРК конкретного типу повинне здійснюватися на основі оперативно-тактичних вимог (ОТВ) до системи зенітного ракетного озброєння, ТТХ, способів бойового застосування і прогнозу розвитку ЗПН ймовірного противника [12]. Загальна схема обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК конкретного типу, яка дозволяє реалізувати зазначені етапи і процедури, наведена на рис. 1.

З цієї схеми витікає, що обґрунтування ТТВ до ЗРК конкретного типу повинне здійснюватися на основі опе-

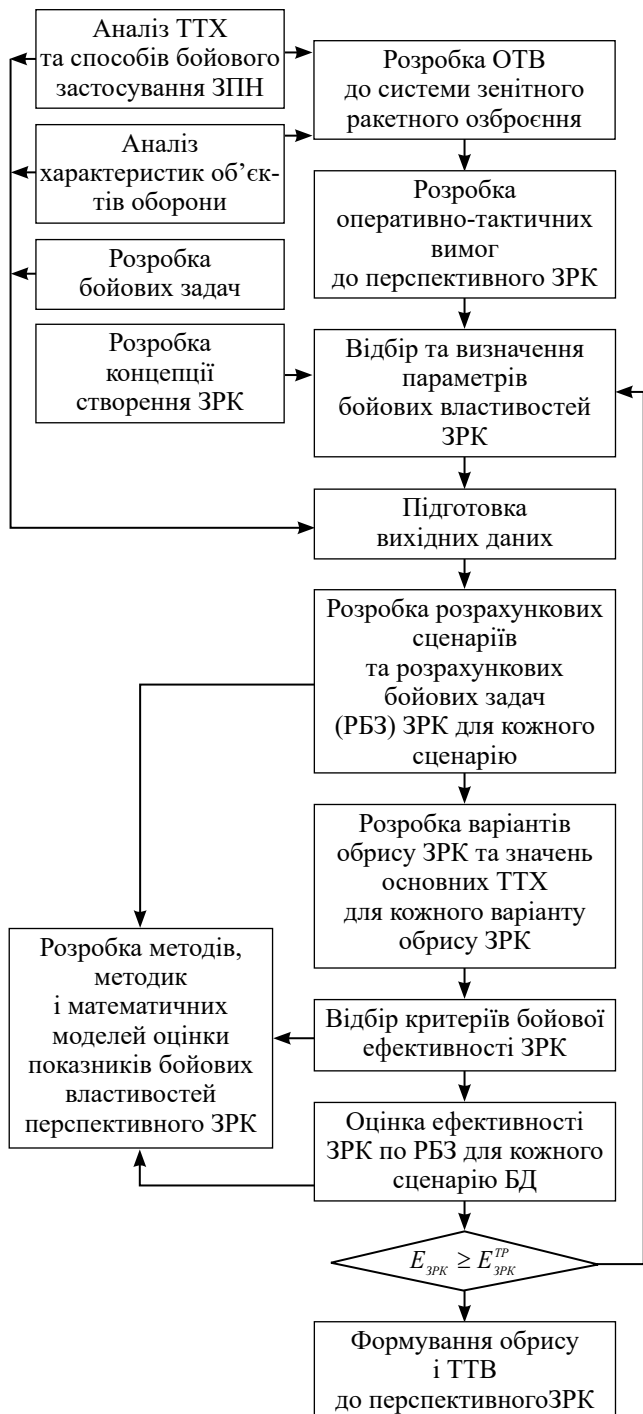


Рис. 1. Схема обґрунтування ТТВ до перспективних зенітних ракетних комплексів

ративно-тактичних вимог (ОТВ) до системи зенітного ракетного озброєння, ТТХ, способів бойового застосування і прогнозу розвитку ЗПН ймовірного противника. Виходячи з цього, обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК необхідно проводити відповідно до ієрархічного принципу системного підходу, згідно якому в структурі загальної методологічної схеми досліджень повинні бути виділені три зв'язаних між собою рівня ієрархії (рис. 2):

- рівень надсистеми – система зенітного ракетного озброєння формування ППО;
- рівень системи – ЗРК як елемент надсистеми;
- рівень підсистем – основні узгоджені між собою складові частини (бойові і технічні засоби) ЗРК, утворюючих єдине ціле і володіючих функціональними характеристиками, які визначають тактичні і технічні характеристики ЗРК в цілому.

При проведенні досліджень на першому рівні ієрархії слід враховувати, що система зенітного ракетного озброєння формування ППО в процесі ведення бойових дій знаходиться в конфліктно-інформаційній взаємодії з системою ЗПН протистоячої сторони, яке припускає обмін ударами засобів поразки і інформаційний обмін, здійснюваний засобами розвідки. Аналіз цієї взаємодії дозволяє конкретизувати роль і місце перспективного ЗРК в системі зенітного ракетного озброєння та необхідний ступінь його інтегрованості в систему, встановити його структурно-функціональні взаємозв'язки з іншими компонентами системи. При цьому система зенітного ракетного озброєння, функціональним елементом якої має бути перспективний ЗРК, повинна представлятися у вигляді сукупності бойових засобів, засобів бойового управління і засобів забезпечення бойового функціонування.

На другому рівні ієрархії проводяться дослідження щодо оцінювання ефективності перспективного ЗРК для альтернативних варіантів складу його бойових і технічних засобів (складових частин, підсистем). Розгляд ЗРК як цілісного елемента зенітного ракетного озброєння при різних варіантах його складу дозволяє встановити внутрішні зв'язки між його складовими частинами (підсистемами) та визначити показники ефективності,

які характеризують ЗРК як єдине ціле. Визначення цих показників пов'язане з розрахунком результативності кожної фази циклу бойового функціонування ЗРК, в числі яких є: виявлення і впізнання цілі, визначення координат і можливої траєкторії польоту цілі, з'ясування готовності стрільбових каналів до бойової роботи, розподіл цілей по стрільбовим каналам, визначення моменту пуску ракети, наведення ракети, уточнення координат і ураження цілі. Результативність кожної фази бойового циклу ЗРК залежить від досконалості його складових частин, функціональні характеристики яких мають визначати ефективність функціонування ЗРК.

На третьому рівні ієрархії проводяться дослідження з обґрунтування обрису і характеристик альтернативних варіантів основних складових частин ЗРК, до яких відносяться пункти бойового управління (ПБУ), радіолокаційні та/або оптоелектронні засоби, багатозарядні пускові установки (пристрої), засоби технічного забезпечення.

При використанні цього підходу кожна складова частина (підсистема) ЗРК представляється деякою сукупністю вимог $y_i, i \in [1, m]$, рівневі значення яких підлягають визначенню. При формуванні обрису ЗРК розгляду підлягають перш за все ті характеристики і параметри, які визначають ефективність виконання основних бойових завдань, що покладаються на нього. Кожен альтернативний варіант складу ЗРК можна охарактеризувати множиною часткових і загальних показників функціонування, а також множиною проектних і тактичних параметрів ЗРК та його складових частин (підсистем).

Істотним елементом цієї технології є формування функціонально-параметричної моделі ЗРК, яка служить основою для аналізу ефективності, тактико-технічних і вартісних характеристик. Ця модель відображає також взаємозв'язок масо-габаритних характеристик і вартості з параметрами, що визначають бойову ефективність ЗРК.

Формування обрису ЗРК полягає в якісно-кількісному порівнянні альтернативних варіантів складу його бойових і технічних засобів (підсистем) і виборі раціонального обрису ЗРК з точки зору прийнятих показників ефективності (з урахуванням обмежень, що накладаються). Методика порівняльного оцінювання ЗРК при



Рис. 2. Декомпозиція ЗРК

формуванні його обрису може бути представлена у вигляді деякої процедури, яка дозволяє робити вибір між порівнюваними варіантами складу ЗРК за інтегральними показниками їх оцінювання. Для цього повинна бути побудована модель ухвалення рішень, яка дозволяє кожному з можливих варіантів концепції ЗРК або поєднань його ТТХ (при заданій концепції) поставити у відповідність цілком певні числові значення показників, що характеризують його інтегральну бойову ефективність (бойовий потенціал) і вартість.

Основним принципом обґрунтування ТТВ до ЗРК є принцип найповнішого охоплення всіх значущих характеристик, які визначаються умовами бойового застосування і технічної експлуатації перспективного комплексу. До них відносяться:

- вимоги до цільового призначення, бойових завдань і складу ЗРК;

- вимоги до топології, що визначають функціональні взаємозв'язки між елементами ЗРК при вирішенні завдань боротьби із заданими типами ЗПН, зокрема граничні (максимальні або мінімальні) відстані між елементами ЗРК при їх розміщенні на місцевості, організацію і структуру системи ППО, в рамках якої здійснюватиметься функціонування і бойове застосування ЗРК;

- вимоги до характеристик об'єктів, що прикриваються, до яких відносяться категорія, розміри і ступінь важливості об'єктів, очікуваний наряд ЗПН для їх ураження та інші характеристики;

- вимоги до характеристик ЗПН, що вражаються (типи ЗПН з вказівкою їх пріоритетності, ефективні поверхні розсіяння, характеристики контрастності і власного випромінювання в діапазонах хвиль приймально-передавальних пристроїв ЗРК, характеристики уразливості, діапазони швидкості польоту по висотах, максимальна і мінімальна висоти бойового застосування, типові варіанти бойового застосування, види і параметри маневрів);

- вимоги до ефективності прикриття об'єктів (військ) від ударів ЗПН (ймовірності ураження однією ЗРК одиночних цілей різних типів та параметри зони ураження різних типів цілей);

- вимоги до вогневої продуктивності (кількість цільових і ракетних каналів, робітний час (час від виявлення цілі до моменту сходу ракети), година заряджання (перезарядження) ПУ, мінімальний інтервал між пусками ракет, час безперервної роботи, ступінь автоматизації процесів управління, можливість ведення самостійних бойових дій, кількість ракет у боєкомплекті);

- вимоги до умов ведення стрільби (із заздалегідь підготовлених позицій, з польових позицій, з коротких зупинок, в русі);

- вимоги до середньої швидкості польоту ракет при стрільбі на дальню межу зони ураження, обмеження по стартовій масі і габаритним розмірам ракет та інші характеристики.

Вимоги до цільового призначення ЗРК визначають ступінь бойової ефективності і пристосованості ЗРК до виконання бойових завдань в прогнозованих умовах бойової обстановки. До них відносяться:

- ймовірність ураження цілі заданого типу при стрільбі однією ракетою;

- конфігурація і параметри зони ураження типових цілей;

- число цілей, що одночасно обстрілюються, та число зенітних керованих ракет, що наводяться на них;

- час реакції ЗРК.

Конфігурація і розміри зони ураження ЗРК при заданій величині ймовірності ураження типової цілі визначаються характеристиками, до яких відносяться:

- характеристики засобів розвідки по виявленню і стійкому супроводженню цілей;

- час виведення ракети на кінематичну траєкторію;

- досяжність ракети по дальності і висоті;

- співвідношення наявних та потрібних перевантажень ракети;

- точність наведення ракети на ціль;

- характеристики бойової частини і радіодетонатора ракети;

- параметри руху і характеристики уразливості цілі.

Основним інструментом технології формування обрису і обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК є математичне моделювання, яке має використовуватися для оцінки ефективності бойового застосування перспективного ЗРК у складі змішаної тактичної групи, до складу якої мають входити як існуючі ЗРК, так і ЗРК, що розробляються [14]. Для обґрунтування ТТВ до ЗРК методами моделювання повинна бути сформована система моделювання, під якою розуміється сукупність моделей, що описують процес бойового функціонування ЗРК у складі однорідної або змішаної розрахункової тактичної групи і вирішуваних на її основі інформаційно-розрахункових завдань, пов'язаних з єдиною базою даних.

Система моделей бойового функціонування перспективного ЗРК повинна описувати процеси виконання сукупності покладених бойових задач протягом заданого періоду часу та дозволяти проводити дослідження впливу основних ТТХ ЗРК на показники ефективності його функціонування для розрахункового сценарію ведення бойових дій. Ця система повинна імітувати процес бойового застосування перспективного ЗРК у складі розрахункової тактичної групи на типовому оперативному-тактичному фоні та встановлювати відповідність між значеннями показників ефективності функціонування зразка і досліджуваним варіантом його обрису та умов застосування.

Початковими даними для формалізації задачі розробки математичних моделей бойових дій стосовно перспективного ЗРК конкретного типу є:

- кількість об'єктів, їх категорії (ступінь важливості), характеристики і розташування на території країни;

- потенційні наряди ЗПН, який може призначити супротивник для поразки того або іншого об'єкту;

- способи (тактика) бойового застосування ЗПН, які можуть використовуватися супротивником для поразки об'єктів (залежно від їх місцеположення, категорії, ступеня захищеності, рельєфу місцевості т. д.);

- задана (потрібна) ймовірність збереження об'єктів.

На основі цих даних в процесі моделювання повинні визначатися вимоги до наступних характеристик перспективного ЗРК конкретного типу:

– кількість, бойова ефективність і оперативна готовність вогневих засобів ЗРК, які можуть використовуватися для прикриття об'єктів від ударів ЗПН противника;

– якість інформації про повітряну і радіоелектронну обстановку, що видається засобами інформаційного забезпечення вогневих засобів ЗРК;

– якість управління бойовими діями вогневих засобів ЗРК в загальній системі ППО.

Загальна схема рішення задачі формування обрису перспективного ЗРК і оцінювання ефективності його бойового функціонування методами моделювання повинна включати:

– блок початкових даних (типи розрахункових бойових задач (РБЗ) і умови їх виконання, склад і характеристики ЗПН протидії противника, фізико-географічні і кліматичні умови районів застосування, основні ТТХ ЗРК);

– алгоритм формування розрахункового сценарію ведення бойових дій;

– моделі бойового функціонування перспективного ЗРК, тактичні схеми вирішення РБЗ, просторово-часові схеми та блоки розрахунку основних етапів виконання РБЗ у рамках розрахункового сценарію бойових дій;

– алгоритм розрахунку значень основних показників, що характеризують процес бойового функціонування ЗРК.

На основі моделювання процесу функціонування перспективного ЗРК у складі тактичної групи проводиться оптимізація ряду його основних ТТХ, до яких відносяться характеристики, які найбільше впливають на ефективність застосування ЗРК при виконанні сукупності РБЗ, а також на розміри витрат, необхідних для розробки, серійного виробництва і бойового функціонування, зокрема експлуатації і різного роду ремонтів ЗРК.

Запропонована методологічна схема відображає загальне уявлення про технологію рішення задачі формування обрису і обґрунтування ТТВ до зразків зенітного ракетного озброєння. В даний час ці зразки представлені ЗРК дальньої дії, середньої і малої дальності та близької дії, на базі яких створюються змішані угруповання ЗРВ. Для обґрунтування ТТВ до ЗРК конкретного типу ця схема повинна конкретизуватися з урахуванням специфіки даного ЗРК і виконуваних ним завдань.

ВИСНОВКИ

Процес створення нових ЗРК пов'язаний з розробкою тактико-технічних вимог до них, які повинні відображати якість і ефективність реалізації покладених цільових функцій. Для обґрунтування ТТВ повинна застосовуватися багаторівнева процедура зовнішнього проектування, яка передбачає визначення складу і типу елементів майбутнього ЗРК та їх уявлення найбільш істотними характеристиками, що визначають місце і роль елементів в у складі ЗРК, та також зв'язки між ними.

Стадія обґрунтування ТТВ до перспективного ЗРК характеризується зміною його складу від виникнення задуму до обґрунтування можливості і доцільності створення. Одним з результатів робіт на цій стадії є розробка проекту тактико-технічного завдання (ТТЗ) на виконання дослідно-конструкторської роботи (ДКР) із створення ЗРК, в якому повинна бути встановлена сукупність тактико-

технічних, експлуатаційно-технічних, техніко-економічних, спеціальних та інших вимог, що пред'являються до зразка. На етапі зовнішнього проектування здійснюється послідовний перехід від ТТВ до раціонального обрису і раціональних значень тактико-технічних характеристик ЗРК.

Для відбору раціонального варіанту ТТВ доцільно використовувати представницьку множину характеристик і параметрів, яка однозначно визначає ефективність застосування ЗРК при різних варіантах його обрису. При цьому оцінка ефективності ЗРК буде носити ітераційний характер, що вимагає взаємодію моделей і методик різних рівнів. Ефективним методом рішення задачі обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК в сучасних умовах є методи математичного моделювання бойових дій, які дозволяють повніше враховувати особливості функціонування ЗРК конкретного типу в різних умовах.

Запропонована у статті загальна методологічна схема обґрунтування ТТВ до перспективних ЗРК на етапі зовнішнього проектування дозволяє визначати номенклатуру і раціональні значення характеристик комплексу, склад його бойових засобів (підсистем), основні режими функціонування, параметри і характеристики бойових засобів (підсистем), а також потрібний склад алгоритмів функціонування, необхідних для ефективного рішення заданих бойових завдань в очікуваних (розрахункових) умовах бойового застосування у складі угруповання ЗРВ. Ця схема дозволяє обґрунтовувати обрис і раціональні тактико-технічні характеристики перспективного ЗРК, які складають необхідну початкову інформацію для його дослідно-конструкторського опрацювання.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Демидов Б.А., Луханин М.И., Величко А.Ф., Науменко М.В. Системная методология планирования развития предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники : монография; под ред. Б.А. Демидова. Киев: ИД «Стилос». 2011. 464 с.
2. Друзин С.В., Горевич Б.Н. Методика формирования облика радиолокационных станций перспективной системы вооружения войсковой ПВО. Вестн. Концерна ВКО «Алмаз-Антей». 2020. № 2. С. 6–31. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2020-2-6-31>.
3. Павлов Е.В. Разработка методики обоснования тактико-технических требований к робототехническому комплексу многорежимного пожаротушения. Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 2(64). С. 61–67.
4. Коновальчик А.П., Плаксенко О.А., Щирий А.О. Обоснование облика перспективных радиолокационных станций посредством разрабатываемой отечественной системы автоматизированного проектирования. Научно-технические технологии в космических исследованиях Земли. 2019. Т. 11. № 1. С. 4–11.
5. Volodymyr Dachkovskiy. (2019). Methodology of justification of tactical and technical requirements for movable means of repairing arms and military equipment. Social development & Security. № 9(6). Pp. 86–101. <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.6.7>.
6. Структура научно-методического аппарата обоснования тактико-технических требований к унифицированным

- космическим платформам / Денисов А.М., Скворцов Д.В., Краснощеков С.Н., Гончаров П.С. Информациа и космос. 2017. № 3. С. 156–162. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.infokosmo.ru/file/article/16573.pdf>.
7. Гусяков О.М. Методика комплексного обгрунтування вимог до робототехнічного комплексу розмінування. Системи озброєння і військова техніка. 2018. № 2(54). С. 77–82. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.54.10>.
 8. Васильченко В.Ф., Ивченко Д.И., Андреев М.В. Боевые свойства как основа для обоснования тактико-технических требований к военной автомобильной технике. Изв. ТулГУ. Технические науки. 2021. Вып. 3. С. 161–170. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2021-3-161-170>.
 9. Жеребин А.М., Топоров Б.П., Горлов В.М. Методологические основы внешнего проектирования авиационных комплексов. Тр. МАИ. 2013. Вып. № 69. С. 1–19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trudymai.ru/upload/iblock/a23/a23de85ead46533efc6388f55fabcf4c.pdf?lang=ru&issue=69>.
 10. Демидов А.Б., Хмелевская О.А. Методический подход к формированию облика перспективных боевых авиационных комплексов. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2010. № 2(4). С. 58–64.
 11. Гусейнов А.Б., Маховых А.В. Методика формирования рационального облика бортового комплекса радиолокационной защиты беспилотного летательного аппарата. М.: Научный Вест. МГТУ ГА. 2017. Т. 20. № 05. С. 98–108. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2017-20-5-98-108>.
 12. Лукьянчук В.В., Николаев И.М. Методологический подход к обоснованию облика зенитной ракетной системы на основе современного технологического базиса. Коллективна наукова монографія: «Сучасний стан проведення наукових досліджень у ІТ-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері». 2021. <https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-2.06>.
 13. Порядок обоснования оперативно-тактических требований к системе зенитного ракетного вооружения и её структурным компонентам / Ланецкий Б.Н., Лукьянчук В.В., Кириллов И.Г., Николаев И.М. Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 1(37). С. 51–55. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2315>.
 14. Вишнякова Л.В., Карп К.А., Малышев В.В. Формирование облика зенитного ракетного комплекса: учеб. пособие. М.: МАИ. 2003. 83 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_561854.
 15. Методологічні аспекти створення і використання математичних моделей для обгрунтування тактико-технічних вимог до систем (комплексів) зенітного ракетного озброєння / Зубарев В.В., Ланецький Б.М., Лук'янчук В.В., Ніколаєв І.М., Зверев О.О. Озброєння та військова техніка. 2022. № 4(36). С. 10–19. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.4\(36\).10-19](https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.4(36).10-19).
 16. Математическая модель для имитационной реализации функционирования системы противовоздушной обороны соединения надводных кораблей / Воронов Е.М., Репкин А.Л., Хромов Ф.М., Тимофеев Д.А., Гераськин А.Ю. М.: Вестн. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2022. № 1(138). С. 62–84. <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2022-1-62-84>.
 17. Кільменінов О.А., Мельник Я.В., Чопа Д.А. Використання можливостей системи імітаційного моделювання JCATS для обгрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. 2020. № 2(38). С. 125–132. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-125-132>.
 18. Горчица Г.И., Ищук В.М., Пишко В.Н. Содержание и направления развития систем имитационного моделирования боевых действий войсковых формирований в полномасштабных технологиях виртуальной реальности. Изв. рос. акад. ракетных и артиллерийских наук. 2019. № 1 (106). С. 60–69. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37098802>.
 19. Методологические аспекты моделирования в сфере вооруженного противоборства / Васильев В.А., Федюнин П.А., Воробьев В.А., Васильев А.В. Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2018. № 7. С. 55–63. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/122622291-Metodologicheskie-aspekty-modelirovaniya-v-sfere-vooruzhennogo-protivoborstva.html>.
 20. Созинов П.А. Актуальные задачи математического моделирования систем воздушно-космической обороны. Вест. Концерна ВКО «Алмаз–Антей». 2017. № 3. С. 17–26.
 21. Богданов О.А., Смирнов А.А., Ковалев Д.В. Имитационное моделирование противоборства в воздушно-космической сфере. Software & Systems. 2016. № 1(113). С. 160–164.
 22. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA): 1516–2010 (Framework and Rules); 1516.1–2010 (Federate Interface Specification); 1516.2–2010 (Object Model Template Specification). Available at: <https://standards.ieee.org/standard/1516-2010.html>.

REFERENCES

1. Demidov, V.A., Lukhanyan, M.I., Velychko, A.F. & Naumenko, M.V. (2011) “Sistemnaia metodologiya planirovaniia razvitiia predproiektnykh issledovaniia i vneshnego proiektirovaniia vooruzheniia i voiennoi tekhniki” [System methodology for planning the development of preproject research and external design of weapons and military equipment], Publ. house «Stylos». К. 464 p.
2. Druzin, S.V. & Gorevich, B.N. (2020), “Metodika formirovaniia oblika radiolokatsionnykh stantsii perspektivnoi sistemy vooruzheniia voiskovoi PVO”, [Methodology for the formation of the appearance of radar stations of a promising military air defense weapon system], Bull. of the Concern VКО «Almaz-Antey». No. 2. Pp. 6–31. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2020-2-6-31>.
3. Pavlov, E.V. (2020), “Razrabotka metodiki obosnovaniia taktiko-tekhnicheskikh trebovaniia k robototekhnicheskomu kompleksu mnogorezhimnogo pozharotusheniia”, [Development of a methodology for substantiating tactical and technical requirements for a robotic complex for multi-

- mode fire extinguishing], *Civil Security Technologies*. Vol. 17. No. 2(64). Pp. 61–67.
4. Konovalchik, A.P., Plaksenko, O.A. & Shchiry, A.O. (2019) “Obosnovaniie oblika perspektivnykh radiolokatsionnykh stantsii posredstvom razrabatyvaemoi otechestvennoi sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniia” [Substantiation of the appearance of promising radar stations using the developed domestic computer-aided design system], *Science-intensive technologies in space research of the Earth*. Vol. 11. No. 1. Pp. 4–11. <https://doi.org/10.24411/2409-5419-2018-10219>.
 5. Volodymyr Dachkovskiy (2019) “Metodyka obgruntuvannia taktyko-tekhnichnykh vymog do rukhomykh zasobiv remontu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki” [Methodology of justification of tactical and technical requirements for movable means of repairing arms and military equipment], *Social development & Security*. № 9(6). Pp. 86–101. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.6.7>.
 6. Denisov, A.M., Skvortsov, D.V., Krasnoshchekov, S.N. & Goncharov, P.S. (2017) “Struktura nauchno-metodicheskogo apparata obosnovaniia taktiko-tekhnicheskikh trebovani k unifikirovannym kosmicheskim platformam” [The structure of the scientific and methodological apparatus for substantiating tactical and technical requirements for unified space platforms], *Information and space*. No. 3. Pp. 156–162. Available at: <https://www.infokosmo.ru/file/article/16573.pdf>.
 7. Guslyakov, O.M. (2018) “Metodyka kompleksnoho obgruntuvannia vymog do robototekhnichnoho kompleksu” [Methodology of complex substantiation of requirements for robotic demining complex], *Armament systems and military equipment*. No. 2(54). Pp. 77–82. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.54.10>.
 8. Vasilchenkov, V.F., Ivchenko, D.I. & Andreev, M.V. (2021) “Boievyie svoistva kak osnova dlia obosnovaniia taktiko-tekhnicheskikh trebovani k voiennoi avtomobilnoi tekhnike” [Combat properties as a basis for substantiating tactical and technical requirements for military automotive equipment], *Izv. TulGU. Technical science*. Vol. 3. Pp. 161–170. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2021-3-161-170>.
 9. Zherebin, A.M., Toporov, B.P. & Gorlov, V.M. (2013), “Metodologicheskiye osnovy vneshnego proektirovaniia aviatsionnykh kompleksov” [Methodological foundations of external design of aviation complexes], *Proc. of MAI*. № 69, Pp. 1–19. Available at: <https://trudymai.ru/upload/iblock/a23/a23de85ead46533efc6388f55fa6cf4c.pdf?lang=ru&issue=69>.
 10. Demidov, A.B. & Khmelevskaya, O.A. (2010) “Metodicheskii podkhod k formirovaniu oblika perspektivnykh boievykh aviatsionnykh kompleksov” [A methodical approach to the formation of the appearance of promising combat aviation systems], *Nauka i tekhnika Povitryanykh Sil Zbroynikh Sil Ukrainy*. No. 2 (4). Pp. 58–64.
 11. Guseinov, A.B. & Makhovykh, A.V. (2017) “Metodika formirovaniia ratsionalnogo oblika bortovogo kompleksa radiolokatsionnoi zashchity bespilotnogo letatel'nogo apparata” [Methodology for the formation of a rational image of the onboard complex of radar protection of an unmanned aerial vehicle], *Scientific Bull. of MSTU GA*. M. Vol. 20. No. 05. Pp. 98–108. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2017-20-5-98-108>.
 12. Lukianchuk, V.V. & Nikolaiev, I.M. (2021), “Metodologicheskii podkhod k obosnovaniu oblika zenitnoi raketnoi sistemy na osnove sovremennogo tekhnologicheskogo bazisa” [A methodological approach to substantiating the appearance of an anti-aircraft missile system based on a modern technological basis], *Kolektyvna naukova monohrafiia «Suchasnyy stan provedennya naukovykh doslidzhen u IT-tekhnohohiiakh, haluziakh elektroniky, inzhenerii, nanotekhnolohiiakh ta transportnii sferi»*. Available at: <https://doi.org/10.36074/csriteat.ed-2.06>.
 13. Lanetsky, B.N., Lukianchuk, V.V., Kirillov, I.G. & Nikolaev, I.M. (2014), “Porядok obosnovaniia operativno-takticheskikh trebovani k sisteme zenitnogo raketnogo vooruzheniia i yeie strukturnym komponentam” [The procedure for substantiating operational and tactical requirements for the anti-aircraft missile weapon system and its structural components], *Systems of design and military technology*, No. 1(37). Pp. 51–55. Available at: <https://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2315>.
 14. Vishnyakova, L.V., Karp, K.A. & Malyshev, V.V. (2003), “Formirovaniie oblika zenitnogo raketnogo kompleksa” [Shaping the appearance of an anti-aircraft missile system], M.: MAI. 83 p. Available at: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_-RU_NLR_bibl_561854/.
 15. Zubarev, V.V., Lanetskiy, B.M., Lukianchuk, V.V., Nikolaev, I.M. & Zverev, O.O. (2022), “Metodolohichni aspekty stvorennia i vykorystannia matematychnykh modelei dlia obgruntuvannia taktyko-tekhnichnykh vymog do system (kompleksiv) zenitnogo raketnogo ozbroiennia” [Methodological aspects of the creation and use of mathematical models for the justification of tactical and technical requirements for anti-aircraft missile systems (complexes)], *Armament and military equipment*. No. 4(36). Pp. 10–19. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.4\(36\).10-19](https://doi.org/1034169/2414-0651.2022.4(36).10-19).
 16. Voronov, E.M., Repkin, A.L., Khromov, F.M., Timofeev, D.A. & Geraskin, A.U. (2022) “Matematicheskaiia model dlia imitatsionnoi realizatsii funktsionirovaniia sistemy protivovozdushnoi oborony soiedineniia nadvodnykh korablei” [Mathematical model for the simulation implementation of the functioning of the air defense system of the formation of surface ships], *Bull. of N.E. Bauman Moscow State Technical Univ. Ser. Instrumentation*. No. 1(138). Pp. 62–84. <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2022-1-62-84>.
 17. Kilmeninov, O.A., Melnyk, Y.V. & Chopa, D.A. (2020) “Vykorystannia mozhlyvostei systemy imitatsiynogo modelyuvannia JCATS dlia obhruntuvannia taktyko-tekhnichnykh vymog do perspektivnykh zrazkiv ozbroiennia ta viyskovoii tekhniki” [Using the capabilities of the JCATS simulation modeling system to substantiate the tactical and technical requirements for prospective samples of weapons and military equipment], *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defense*. No. 2(38) Pp. 125–132. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-125-132>.
 18. Gorchitsa, G.I., Ishchuk, V.M. & Pishko, V.N. (2019), “Soderzhanie i napravleniia razvitiia sistem imitatsionnogo

- modelirovaniia boievykh deystvii voyskovykh formirovani v polnomasshtabnykh tekhnologiiakh virtualnoi realnosti” [Content and directions of development of systems for simulation of combat operations of military formations in full-scale virtual reality technologies], *Izv. Ros. akad. raketnykh i artilleriyskikh nauk*. № 1(106), Pp. 60–69. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37098802>.
19. Vasiliev, V.A., Fedyunin, P.A., Vorobiev, V.A. & Vasiliev, A.V. (2018), “Metodologicheskie aspekty modelirovaniia v sfere vooruzhennogo protivoborstva” [Methodological aspects of modeling in the field of armed confrontation], *Vozdushno-kosmicheskiye sily. Teoriia i praktika*, No. 7. Pp. 55–63. Available at: <https://docplayer.com/122622291-Metodologicheskie-aspekty-modelirovaniya-v-sfere-vooruzhennogo-protivoborstva.html>.
20. Sozinov, P.A. (2017), “Aktualnyie zadachi matematicheskogo modelirovaniia sistem vozdushno-kosmicheskoi oborony” [Actual problems of mathematical modeling of aerospace defense systems], *Vestn. Kontserna VKO «Almaz-Antey»*. No. 3. Pp. 17–26.
21. Bogdanov, O.A., Smirnov, A.A. & Kovalev, D.V. (2016), “Imitatsionnoie modelirovaniie protivoborstva v vozdushno-kosmicheskoi sfere” [Simulation of confrontation in the aerospace sphere], *Software & Systems*. No. 1 (113). Pp. 160–164.
22. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA): 1516–2010 (Framework and Rules); 1516.1–2010 (Federate Interface Specification); 1516.2–2010 (Object Model Template Specification). Available at: <https://standards.ieee.org/standard/1516-2010.html>.

**Zubarev V., Lanetskii B., Zvieriev O.,
Lukianchuk V., Nikolaev I., Terebuha I.**

**GENERAL METHODOLOGICAL SCHEME
JUSTIFICATION OF TACTICAL AND TECHNICAL
REQUIREMENTS TOWARDS PROSPECTIVE
AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES**

The article discusses the methodological aspects of substantiating the tactical and technical requirements for an anti-aircraft missile system at the external design stage. The task of substantiating these requirements is associated with the formation of the outline of an anti-aircraft missile system, which means the structure, principles of construction and operation of the system, a set of tactical, technical and operational characteristics of the system and its components that ensure the performance of combat missions while minimising the cost of its development, production and operation. The substantiation of tactical and technical requirements for advanced anti-aircraft missile systems is presented in the form of a set of tasks interconnected by a single idea. It is shown that the substantiation of tactical and technical requirements should be carried out on the basis of a systematic analysis of air attack means as objects of the complex. To this end, the optimisation problem of synthesising the outline of an anti-aircraft missile system under a given scope of combat missions and conditions of

their execution is formulated. The correct solution to this problem is proposed by jointly optimising the shape and main tactical and technical characteristics of the anti-aircraft missile system and its components (subsystems). The technology for solving this problem using mathematical models describing the processes of conflict and informational interaction of an anti-aircraft missile complex with air attack means within the framework of a calculated scenario of combat operations is described. It is proposed to form the outline of an anti-aircraft missile system based on the results of simulating combat operations in the performance of combat missions with alternative variants of the composition of combat vehicles, presented as a set of tactical and design parameters.

Keywords: tactical and technical requirements, anti-aircraft missile system, methodology, rationale, outline, tactical and technical characteristics, modeling.

Відомості про авторів:

Зубарєв Валерій Володимирович

доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник групи ГНС з наукового керівництва досліджень Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової збройних сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>
e-mail: doctorzubarev.2016@gmail.com

Ланецький Борис Миколайович

доктор технічних наук, професор
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу проблем відновлення ресурсу та ремонту озброєння та військової техніки Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Зверєв Олексій Олексійович

кандидат технічних наук, доцент
провідний науковий співробітник відділу розвитку радіо-технічних засобів науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Повітряних Сил Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>
e-mail: gans7995@gmail.com

Лук'янчук Вадим Володимирович

доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна
orcid.org/0000-0001-5695-7723
e-mail: super.vadim1973@ukr.net

Ніколась Іван Михайлович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник наукового центру

Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна
orcid.org/0000-0002-1250-9918
e-mail: imnikolayev@gmail.com

Теребуха Іван Миколайович

кандидат технічних наук
військова частина А2533
м. Дніпро, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-4701-0623>

Information about the authors:**Zubarev Valeriy**

Doctor of Technical Sciences, Professor
Principal Researcher of the group of Principal Researchers of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4998-726X>
e-mail: doctorzubarev.2016@gmail.com

Lanetskii Boris

Doctor of Technical Sciences, Professor
Lead Researcher of the Research Department of Resource Recovery and Repair of Weapons and Military Equipment of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Zvieriev Oleksii

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Lead Researcher of Scientific Research Department of

Development of Radio Equipment of Scientific Research Management of Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2274-3115>
e-mail: gans7995@gmail.com

Lukianchuk Vadym

Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Department of Scientific Center of Air Force of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0001-5695-7723
e-mail: super.vadim1973@ukr.net

Nikolaev Ivan

Candidate of Technical Sciences, Senior Research, Leading Research Worker of Scientific Center of Aircrafts Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-1250-9918
e-mail: imnikolayev@gmail.com

Terebuha Ivan

Candidate of Technical Sciences
Combat unit А2533
Dnipro, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-4701-0623>

Стаття надійшла до редколегії 03.02.2023.