

- Опенько П. В., кандидат технічних наук, старший дослідник¹
(0000-0001-7777-5101)
- Кобзев В. В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник²
(0000-0002-0954-8887)
- Васильєв В. А., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник²
(0000-0001-5802-9111)
- Миронюк М. Ю., кандидат військових наук¹
(0000-0001-7164-2700)

¹ – Інститут авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, Київ;

² – Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

Порядок визначення раціонального варіанта створення елемента функціональної системи зенітного ракетного озброєння на сучасній елементній базі

Резюме. У статті розкрито порядок визначення раціонального варіанта модернізації зенітного ракетного озброєння з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів функціональних систем на сучасній елементній базі, а також обґрунтовано пріоритетність серед альтернативних варіантів та розроблення рекомендацій щодо вибору одного з них.

Ключові слова: зенітне ракетне озброєння; функціональна система; елементна база; раціональний варіант; модернізація.

Постановка проблеми. Досвід локальних війн і збройних конфліктів останніх років указує на важливість забезпечення зенітного ракетного прикриття (ЗРП) військ та об'єктів. Відсутність ефективного ЗРП військ та об'єктів у Сирії призвело до панування авіації збройних сил армії Асада і, як наслідок, до значних втрат особового складу та військової техніки демократичних сил Сирії. Водночас, створена незаконними збройними формуваннями за участю Російської Федерації система ЗРП в окремих районах Донецької та Луганської областей не дає змоги широко використовувати авіацію Повітряних Сил (ПС) та армійську авіацію Сухопутних військ Збройних Сил (ЗС) України для боротьби з ними. Організаційно ця система ЗРП реалізована завдяки розгортанню зразків зенітного ракетного озброєння (ЗРО) зі значною сумарною кількістю цільових і ракетних каналів [1]. Отже, реалізація наведеного способу побудови ЗРП можлива лише за наявності необхідної кількості багатоканальних зразків ЗРО.

Проведення ремонту ЗРО визначеного обсягу [2], який виконується ремонтними підприємствами оборонно-промислового комплексу України, спрямований на забезпечення реалізації тактико-технічних характеристик (ТТХ) відповідних зразків,

закладених конструктором. До того ж модернізація зразків ЗРО проводиться в обмежених обсягах (зокрема, кількість цільових і ракетних каналів не збільшується, характеристики зон ураження не змінюються тощо). Постачання та прийняття на озброєння в достатній кількості нових зразків ЗРО іноземного виробництва ускладнене з економічних і політичних причин. Отже сучасний стан, фізичне та моральне старіння озброєння і військової техніки ПС ЗС України обумовлює важливість проведення модернізації існуючого парку ЗРО.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз складу і конструктивного виконання апаратури засобів зразків ЗРО показує, що конструктивна реалізація функціонально закінчених вузлів загалом відповідає розвитку елементної бази, часу розробки та виробництва, відповідно до якої обрана стратегія технічного обслуговування і ремонту, розроблена експлуатаційна документація та порядок проведення технічних обслуговувань. На сьогодні більшість з існуючих базових елементів уже не випускаються промисловістю, до того ж переважна більшість підприємств, які їх випускали, не існують або перепрофільовані. Саме це свідчить про малу ймовірність відновлення випуску цих елементів через

велику вартість відновлення технологічних процесів (відсутність відповідного обладнання, документації, кадрів), економічну недоцільність розгортання вартісних виробництв для випуску порівняно невеликих партій виробів. Комплекти запасних частин, інструментів і приладдя (ЗІП), які поставлялися разом з виробами, практично вичерпані за час експлуатації та не поповнювалися багато років, закупівля їх складових нині ускладнена через знаходження цих виробів у Російській Федерації або країнах, лояльних до неї. Отже, еволюція елементної бази та вичерпання комплектів ЗІП засобів ЗРО обумовлює необхідність пошуку варіантів їх заміни.

Модернізація існуючого парку ЗРО для підвищення ТТХ і бойових можливостей через удосконалення та заміни на нові окремих функціональних систем (ФС), складових частин, бойових і технічних засобів з використанням нових технологій є одним з найперспективніших напрямів розвитку озброєння та військової техніки ПС ЗС України [2]. Так, авторами роботи [3] сформульовано напрями розвитку ЗРО в умовах фінансово-економічних, науково-технічних, виробничо-технологічних та інших ресурсних обмежень і зазначено, що одним з варіантів модернізації засобів ЗРО є впровадження активних фазованих антенних решіток. У роботі [4] зазначено, що основними напрямками модернізації є:

покращення ТТХ парку ЗРО через вдосконалення і заміни на нові окремих складових частин і ФС;

покращення експлуатаційно-технічних характеристик ЗРО за допомогою заміни на нові та переведення окремих блоків, вузлів, агрегатів і складових частин на сучасну елементну базу, впровадження цифрових пристроїв оброблення сигналів і управління, введення сучасних засобів діагностування і ремонту;

забезпечення можливості інтеграції існуючих зразків ЗРО в перспективну зенітну ракетну систему завдяки впровадженню сучасних інформаційних технологій, удосконалення і заміни на нові засоби передавання, приймання, оброблення і відображення інформації.

Упровадження наведених напрямів дасть змогу збільшити вогневу потужність і розширити розміри зони ураження зразків ЗРО, підвищити ймовірності ураження однією ракетою швидкісних, малорозмірних цілей і цілей, що маневрують, підвищити

перешкодозахищеність виробів тощо. До того ж науково-методичний апарат, який у загальному випадку може бути використаний під час оцінювання ефективності зразків ЗРО та достатньо повно висвітлений у науково-технічній літературі [5–10], насамперед, залежить від фази та етапу стадії життєвого циклу виробу озброєння та військової техніки [11], а також, звичайно, від особистості дослідника та має багато варіантів реалізації.

Таким чином, проведений аналіз показав, що незважаючи на наявність досить великої кількості напрацювань, на сьогодні актуальним залишається питання розроблення ефективного підходу до визначення раціонального варіанта створення елементу ФС зразка ЗРО на сучасній елементній базі, що відповідає стадії життєвого циклу “використання” [11]. Отже, наукове завдання полягає в подальшому розвитку науково-методичного апарату вибору раціонального варіанта модернізації ЗРО з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів ФС на сучасній елементній базі.

Метою статті є викладення порядку визначення раціонального варіанта модернізації ЗРО з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів ФС на сучасній елементній базі.

Виклад основного матеріалу. Обґрунтування найбільш доцільного способу створення конкретних елементів ФС на сучасній елементній базі є завершальним етапом у процесі визначення раціонального варіанта модернізації ФС зразків ЗРО [12]. Метою цього обґрунтування є визначення пріоритетності серед альтернативних варіантів та розроблення рекомендацій щодо вибору одного з них. Кожному з альтернативних варіантів модернізації притаманні як позитивні (інакше не було б сенсу її проводити), так і негативні властивості. Прикладом позитивних властивостей можуть бути покращення ТТХ та (або) експлуатаційно-технічних характеристик (ЕТХ). Негативні властивості, як правило, зосереджуватимуться на необхідності додаткових фінансових і часових витрат на проведення модернізації.

Ефективність проведення модернізації прямо пропорційно залежить від величини позитивних властивостей і зворотно пропорційно – від негативних. Отже за показник ефективності модернізації пропонується використовувати *коефіцієнт модернізації*, під яким розуміється

співвідношення узагальненого позитивного ефекту від проведення модернізації до узагальнених витрат на її проведення. Узагальнений позитивний ефект може бути розрахований як добуток показників, які відображають зміну функціональних можливостей, ТТХ та ЕТХ. Узагальнені витрати можуть бути розраховані як добуток питомих вартості та тривалості виготовлення одного модернізованого елемента ФС.

Показник ефективності модернізації потрібно розраховувати для кожного з варіантів модернізації зі створенням елемента ФС на сучасній елементній базі, а порівняння його величин при різних варіантах дасть змогу вибрати найбільш доцільний. З урахуванням викладеного розрахункове співвідношення коефіцієнта модернізації $K_{\text{мод}}$ має вигляд:

$$K_{\text{мод}} = \frac{K_{\text{змФМ}} \cdot K_{\text{змТТХ}} \cdot K_{\text{змЕТХ}}}{C_{\text{пит сер}} \cdot T_{\text{пит сер}}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{змФМ}}$ – коефіцієнт зміни функціональних можливостей;

$K_{\text{змТТХ}}$ – коефіцієнт зміни ТТХ;

$K_{\text{змЕТХ}}$ – коефіцієнт зміни ЕТХ;

$C_{\text{пит сер}}$ – питома вартість виготовлення одного серійного зразка елемента ФС на сучасній елементній базі;

$T_{\text{пит сер}}$ – питома тривалість виготовлення одного серійного зразка елемента ФС на сучасній елементній базі.

У процесі модернізації створюваний елемент ФС може набувати нових функціональних можливостей, які не були притаманні базовому елементу ФС або елементам інших ФС цього зразка озброєння. Наприклад, індикатор радіолокаційної станції може отримати додаткові режими роботи (монітор системи вирішення тактичних завдань, монітор спостереження за повітряною обстановкою, монітор оптичної системи, дисплей системи інтерактивної електронної документації тощо), блоки можуть здійснювати діагностичну індикацію у разі відсутності деяких сигналів або виході їх за межі допуску. Коефіцієнт зміни функціональних можливостей $K_{\text{змФМ}}$ призначений для кількісного врахування цих змін. Величина цього коефіцієнта встановлюється експертним методом залежно від типу елемента ФС, який модернізується, та ваги додаткових функціональних можливостей (враховувати потрібно тільки ті можливості,

які з'явилися у модернізованого елемента, тобто яких не було у базових елементах ФС цього зразка озброєння). У разі, якщо жодної функціональної можливості у процесі модернізації не додається, $K_{\text{змФМ}}$ дорівнює 1.

Зміна тактико-технічних та експлуатаційно-технічних характеристик кількісно виражається за допомогою коефіцієнтів зміни ТТХ та ЕТХ – $K_{\text{змТТХ}}$

$K_{\text{змЕТХ}}$ відповідно. Обидва коефіцієнти розраховуються як середньозважена сума відношень характеристик модернізованого та базового елемента ФС. У разі, якщо модернізований елемент ФС перебирає на себе функціональні можливості елементів інших ФС, то за базові характеристики беруться узагальнені за сукупністю систем величини. Наприклад, у процесі модернізації може вводитися цифрова система оброблення сигналів, яка перебиратиме на себе функціональні можливості базових аналогових приймальної системи, системи перешкодозахисту, системи цілевказування тощо. Іншим прикладом може бути модернізація індикаторної системи: під час впровадження блоку індикації з цифровим дисплеєм замість блоку з електронно-променевою трубкою замінюється індикаторний блок і відпадає необхідність як у допоміжних блоках оброблення і формування сигналів для знакогенераторів, так і у високовольтних блоках живлення, що відносяться до системи електроживлення. Такі характеристики, як маса, габаритні розміри (об'єм), енергоспоживання, інтенсивність відмов та інші, для базового елемента мають враховувати всі блоки (субблоки, вузли), що були задіяні під час функціонування базового елемента ФС. Якщо модернізований елемент ФС перебирає на себе функції інших ФС (тобто стає багатофункціональним), характеристиками базового елемента ФС потрібно враховувати відповідні узагальнені характеристики за сукупністю елементів тих ФС, функції яких зможе виконувати модернізований елемент ФС.

Під час визначення величин змін ТТХ та ЕТХ необхідно враховувати, що ці характеристики можуть бути як позитивного, так і негативного типу. Під характеристиками позитивного типу розуміються такі характеристики, у разі збільшенні величини яких поліпшується якість зразку озброєння. Прикладом характеристик позитивного типу є динамічний діапазон приймача, рівень

придушення перешкод, середній наробіток на відмову, ймовірність безвідмовної роботи тощо. Під характеристиками негативного типу розуміються такі характеристики, у разі збільшення величини яких погіршується якість зразку озброєння. Прикладом характеристик негативного типу є коефіцієнт шуму приймача, похибка вимірювання будь-якого параметра, масо-габаритні характеристики, рівень енергоспоживання, інтенсивність відмов, середня тривалість відновлення тощо.

Співвідношення для розрахунку $K_{змТТХ}$ має вигляд:

$$K_{змТТХ} = \frac{\sum_i a_{ТТХi} \cdot Z_{ТТХi}}{\sum_i a_{ТТХi}}, \quad (2)$$

де $a_{ТТХi}$ – ваговий коефіцієнт, який визначає важливість i -ї ТТХ з урахуванням кінцевої мети модернізації;

$Z_{ТТХi}$ – співвідношення величин i -ї ТТХ модернізованого та базового елементів ФС.

$$Z_{ТТХi} = \begin{cases} R_{ТТХi,мод} / R_{ТТХi,баз} & , \text{ для характеристик позитивного типу,} \\ R_{ТТХi,баз} / R_{ТТХi,мод} & , \text{ для характеристик негативного типу,} \end{cases} \quad (3)$$

де $R_{ТТХi,мод}$ – величина i -ї ТТХ модернізованого елемента ФС;

$R_{ТТХi,баз}$ – величина i -ї ТТХ базового елемента ФС (або узагальнена величина i -ї ТТХ сукупності елементів ФС, функції яких зможе виконувати модернізований елемент ФС).

Співвідношення для розрахунку $K_{змЕТХ}$ має вигляд:

$$K_{змЕТХ} = \frac{\sum_i a_{ЕТХi} \cdot Z_{ЕТХi}}{\sum_i a_{ЕТХi}}, \quad (4)$$

де $a_{ЕТХi}$ – ваговий коефіцієнт, який визначає важливість i -ї ЕТХ з урахуванням кінцевої мети модернізації;

$Z_{ЕТХi}$ – співвідношення величин i -ї ЕТХ модернізованого та базового елементів ФС.

Величини коефіцієнтів $a_{ТТХi}$ визначаються експертним методом і встановлюються залежно від пріоритетів, які визначені під час модернізації. Наприклад, метою модернізації в частині поліпшення ТТХ може бути:

поліпшення ТТХ за основним призначенням – ваговий коефіцієнт цієї характеристики превалюватиме над іншими;

переведення зразка озброєння на живлення від джерела меншої потужності – ваговий коефіцієнт енергоспоживання превалюватиме над іншими;

переведення зразка озброєння на іншу конструкцію шасі (переведення з транспортного типу у переносний) – вагові коефіцієнти маси та габаритних характеристик превалюватимуть над іншими.

Величина $Z_{ТТХi}$ розраховується таким чином:

Величини коефіцієнтів $a_{ЕТХi}$ так само, як і коефіцієнтів $a_{ТТХi}$ визначаються експертним методом і встановлюються залежно від пріоритетів, які визначені під час модернізації. Наприклад, метою модернізації в частині поліпшення ЕТХ може бути:

поліпшення безвідмовності зразка озброєння – ваговий коефіцієнт показника безвідмовності превалюватиме над іншими;

поліпшення ремонтпридатності зразка озброєння – ваговий коефіцієнт показника ремонтпридатності превалюватиме над іншими;

зменшення витрат на експлуатацію – вагові коефіцієнти матеріальних та (або) фінансових витрат на експлуатацію превалюватиме над іншими.

Величина $Z_{ЕТХi}$ розраховується так:

$$Z_{TTXi} = \begin{cases} R_{ETXi,mod} / R_{ETXi,baz} & , \text{ для характеристик позитивного типу,} \\ R_{ETXi,baz} / R_{ETXi,mod} & , \text{ для характеристик негативного типу,} \end{cases} \quad (5)$$

де $R_{ETXi,mod}$ – величина i -ї ЕТХ модернізованого елемента ФС;

$R_{ETXi,baz}$ – величина i -ї ЕТХ базового елемента ФС (або узагальнена величина i -ї ЕТХ сукупності елементів функціональних систем у разі збільшення функціональних можливостей під час модернізації).

Загалом модернізація ФС може переслідувати одразу кілька цілей з різними пріоритетами, тому формалізація визначення конкретних величин коефіцієнтів a_{TTXi} і a_{ETXi} ускладнена. Найбільш реалістичним виглядає підхід, коли конкретні величини коефіцієнтів a_{TTXi} і a_{ETXi} встановлюються експертним методом згідно з цілями модернізації та затверджуються спільним рішенням відповідних організацій замовника і виконавця.

Як вже вказувалося, знаменник співвідношення (1) характеризує узагальнені витрати на проведення модернізації, які

$$C_{\Sigma ser} = C_{розр} + C_{уст.n} + C_{випр.уст.n} + n \cdot C_{сер}, \quad (7)$$

де $C_{розр}$ – вартість розроблення елемента ФС на сучасній елементній базі;

$C_{уст.n}$ – вартість виготовлення установчої партії конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі;

$C_{випр.уст.n}$ – вартість проведення випробувань установчої партії конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі;

$C_{сер}$ – вартість виготовлення визначеної кількості серійних зразків конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі.

$$T_{\Sigma ser} = T_{розр} + T_{уст.n} + T_{випр.уст.n} + n \cdot T_{сер}, \quad (9)$$

де $T_{розр}$ – тривалість розроблення елемента ФС на сучасній елементній базі;

$T_{уст.n}$ – тривалість виготовлення установчої партії конкретного варіанта

визначаються як добуток питомої вартості виготовлення одного серійного зразка елемента ФС та сумарної тривалості виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС.

Питома вартість виготовлення одного серійного зразка елемента ФС на сучасній елементній базі $C_{num ser}$ розраховується за співвідношенням

$$C_{num ser} = \frac{C_{\Sigma ser}}{n}, \quad (6)$$

де $C_{\Sigma ser}$ – сумарна вартість виготовлення визначеної кількості серійних зразків конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі з урахуванням витрат на його розроблення та випробування;

n – кількість необхідних елементів ФС на сучасній елементній базі.

Величина $C_{\Sigma ser}$ визначається за співвідношенням

Питома тривалість виготовлення одного серійного зразка елемента ФС на сучасній елементній базі $T_{num ser}$ розраховується за співвідношенням

$$T_{num ser} = \frac{T_{\Sigma ser}}{n}, \quad (8)$$

де $T_{\Sigma ser}$ – сумарна тривалість виготовлення визначеної кількості серійних зразків конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі з урахуванням тривалості його розроблення та випробувань.

Величина $T_{\Sigma ser}$ визначається за співвідношенням:

створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі;

$T_{випр.уст.n}$ – тривалість проведення випробувань установчої партії

конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі;

$T_{сер}$ – тривалість виготовлення визначеної кількості серійних зразків конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі.

Числівники співвідношень (6) та (8) характеризують сумарні витрати як фінансові, так і часові на виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС на сучасній елементній базі та, в принципі, могли б використовуватись як показники вартості та тривалості замість відповідних питомих характеристик. Проте, на думку авторів, обрані показники (6) і (8) більш наглядно ілюструють рівень витрат на виготовлення для подальшого проведення порівняльного аналізу альтернативних варіантів, оскільки не залежать від кількості необхідних елементів ФС. При цьому як позитивний ефект, так і витрати на виготовлення “приведені” до одного серійного зразка модернізованого елемента ФС. Але для формування критерію вибору найбільш доцільного варіанта модернізації зі створенням елемента ФС на сучасній елементній базі доцільно використовувати показники – сумарна тривалість та сумарна вартість виготовлення визначеної кількості серійних зразків конкретного варіанта створюваного елемента ФС на сучасній елементній базі з урахуванням тривалості його розроблення та випробувань.

Таким чином, критерій вибору найбільш доцільного варіанта модернізації зі створенням елемента ФС на сучасній елементній базі формулюється таким чином – з альтернативних варіантів створення елемента ФС на сучасній елементній базі обирається такий, що має найвище значення коефіцієнта модернізації та відповідає вимогам технічного завдання до: величин тактико-технічних та експлуатаційно-технічних характеристик елемента ФС; сумарної вартості виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС; сумарної тривалості виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС.

Формалізовано зазначений критерій вибору може бути записаний таким чином:

$$Z_{TTXi} = \begin{cases} K_{modj} \rightarrow \max; \\ \{R_{TTXi modj}\} \in \{R_{TTXi T3}\}; \\ \{R_{ETXi modj}\} \in \{R_{ETXi T3}\}; \\ C_{\Sigma сер} \leq C_{сер T3}; \\ T_{\Sigma сер} \leq T_{сер T3}, \end{cases} \quad (10)$$

де K_{modj} – коефіцієнт модернізації j -го варіанта модернізації;

$R_{TTXi modj}$ – i -та ТТХ j -го варіанта модернізації;

$R_{TTXi T3}$ – i -та ТТХ згідно з технічним завданням;

$R_{ETXi modj}$ – i -та ЕТХ j -го варіанта модернізації;

$R_{ETXi T3}$ – i -та ЕТХ згідно з технічним завданням;

$C_{сер T3}$ – сумарна вартість виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС;

$T_{сер T3}$ – сумарна тривалість виготовлення визначеної кількості серійних зразків елемента ФС.

Блок-схема порядку вибору найбільш доцільного варіанта модернізації зі створенням елемента ФС на сучасній елементній базі наведена на рис. 1.

Висновки. Таким чином, в статті наведений порядок визначення раціонального варіанта модернізації ЗРО з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів ФС на сучасній елементній базі.

Реалізація наведеного порядку визначення раціонального варіанта модернізації ЗРО з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів ФС на сучасній елементній базі дасть змогу:

обґрунтувати та обрати показники та критерій ефективності, використання яких дасть змогу описати кожен з варіантів модернізації зі створенням елемента ФС на сучасній елементній базі, зокрема матеріальні та часові витрати, і порівняти їх між собою;

створити запаси комплектів ЗПП, до того ж зменшити номенклатуру їх елементів завдяки використанню елементів ФС на сучасній елементній базі;

уточнити порядок та операційні карти проведення технічних обслуговувань, їх кількісно-якісні, вартісні та часові показники;

зменшити вартісні та часові показники відновлення працездатного стану під час проведення ремонту пошкоджених зразків ЗРО.

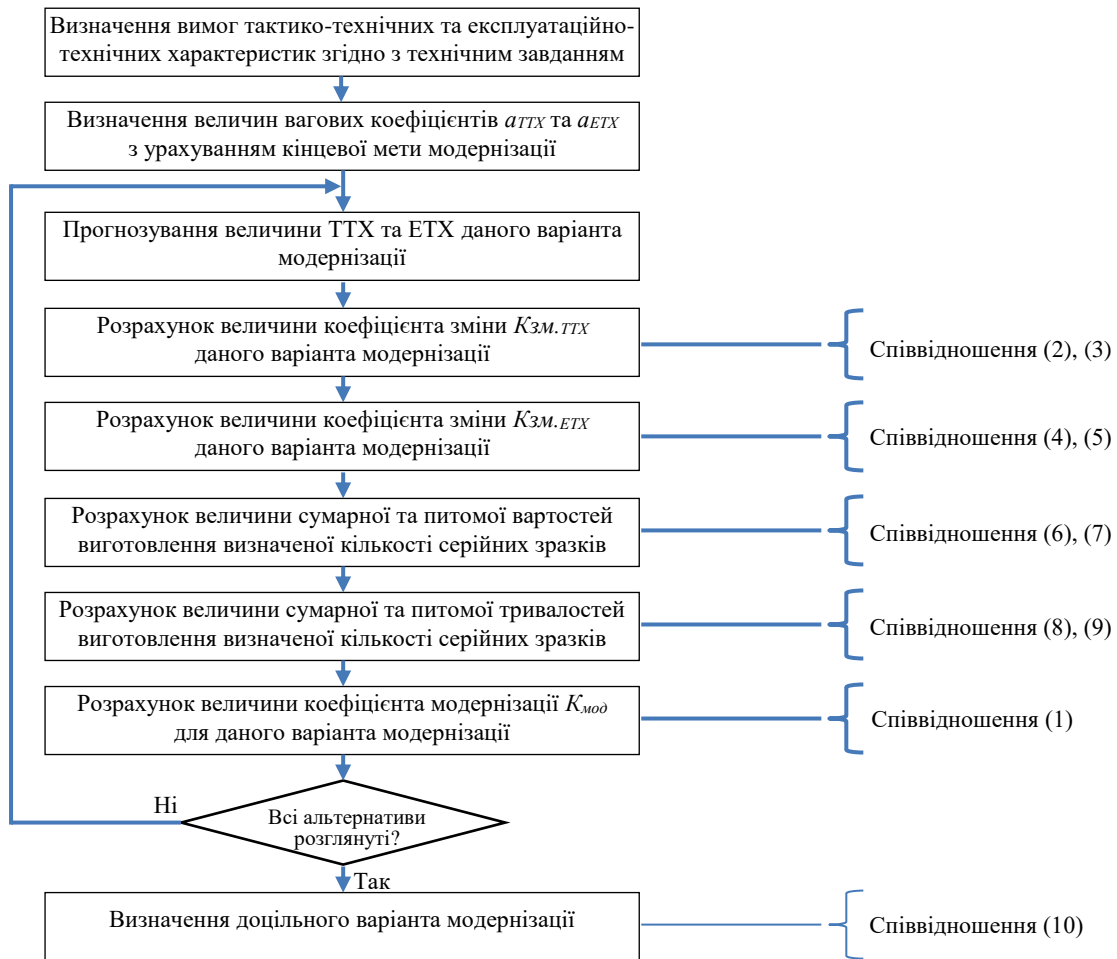


Рис. 1. Блок-схема порядку вибору найбільш доцільного варіанта модернізації

Перспективами подальших досліджень є обґрунтування рекомендації щодо вибору та проведення найбільш доцільних варіантів модернізації елементів ФС даних зразків ЗРО з урахуванням зміни властивостей елементів радіоелектронної апаратури і можливостей щодо створення елементів ФС на сучасній елементній базі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації / А. М. Алімпієв, Г. В. Певцов, Д. А. Гриб та ін. ; за заг. ред. А. М. Алімпієва. Харків : Оригінал, 2015. 732 с.
2. Карпенко Д. В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Харків, 2017. № 2 (27). С. 75–78.
3. Гриб Д. А., Лук'янчук В. В., Ніколаєв І. М. Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу.

Озброєння і військова техніка. Київ, 2016. № 1 (19). С. 37–40.

4. Гриб Д. А., Лук'янчук В. В., Ніколаєв І. М., Залевський Г. С. Пропозиції зі створення та модернізації зразків озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України на період до 2020 року. *Новітні технології – для захисту повітряного простору* : тези доп. XIII наук. конф., м. Харків, 13-14 квіт. 2017 р. / Харків. нац. ун-т Повітряних Сил. Харків, 2017. С. 175.
5. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев : Техника, 1975. 312 с.
6. Бестужев-Лада И. В., Саркисян С. А., Минаев Э. С., Рабочая книга по прогнозированию. Москва : Мысль, 1982. 430 с.
7. Демидов Б. А. Системный анализ вооружения и военной техники. Кн. 1. Харьков : ХВУ, 1994. 366 с.
8. Ковтуненко А. П., Зубарев В. В., Раскин Л. Г. Математические методы оценки и прогнозирования технических показателей эксплуатационных свойств радиоэлектронных систем : монография. Київ, 2005. 182 с.

9. Чепков І. Б., Нор П. І., Загальні тенденції розвитку озброєння та військової техніки. *Озброєння та військова техніка*. Київ, 2014. № 1. С. 4–13.
10. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки. *Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння і військової техніки Збройних Сил України* / П. І. Нор та ін. Київ, 2009. № 22. С. 74–82.
11. ДСТУ В-П 15.004:2020. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Стадії життєвого циклу озброєння та військової техніки.
12. Опенько П. В., Кобзев В. В., Васильєв В. А., Угринович О. В., Дяченко В. І. Методичний підхід до визначення раціонального варіанта модернізації функціональних систем зразків зенітного ракетного озброєння. *Social development and Security* : electron. j. of sci. papers. Київ, 2021. № 11 (6). С. 127–139. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.10>.

Стаття надійшла до редакційної колегії 18.02.2022

The procedure for determining a rational option for creating an element of a functional system of anti-aircraft weapons on a modern element base

Annotation

The article considers a methodical approach to substantiate the rational option of modernization of anti-aircraft missile weapons (AMW) taking into account changes in the properties of electronic equipment and opportunities to create elements of functional systems (FS) on a modern element base.

The most expedient variant of creation of concrete elements of FS on a modern element base is substantiated, which is the final stage in the process of determining the rational way of modernization of FS of AMW samples. The purpose of this justification is to determine the priority among the alternatives and develop recommendations for choosing one of them.

Implementation of the above procedure for determining a rational option for modernization of AMW, taking into account changes in the properties of electronic equipment and opportunities to create FS elements on a modern element base will:

- justify and select indicators and performance criteria, which will describe each base, including material and time costs, and compare them with each other;
- create stocks of spare parts kits, at the same time to reduce the nomenclature of their elements due to the use of FS elements on a modern element base;
- clarify the procedure and operational maps of maintenance, their quantitative and qualitative, cost and time indicators;
- to reduce the cost and time of recovery of working condition during the repair of damaged samples of AMW.

Prospects for further research are to substantiate the recommendation to select and conduct the most appropriate options for modernization of FS elements of these samples AMW taking into account changes in the properties of electronic equipment and opportunities to create FS elements on a modern element base.

Keywords: anti-aircraft missile weapons; functional system; element base; rational option; modernization.