

УДК 355.95

С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський

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

## ОПИС ТЕХНІЧНОГО ВИГЛЯДУ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ПУСКІВ РАКЕТ ПЕРСПЕКТИВНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

*У статті розглядаються деякі підходи до опису технічного вигляду системи підготовки і проведення пусків ракет перспективних ракетних комплексів як складної військово-технічної системи. Дається опис основних властивостей цієї системи і їх характеристик.*

**Ключові слова:** ракетний комплекс, ефективність, продуктивність, надійність.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Складні комплекси озброєння, являючи собою колективну зброю, по суті представляються антропотехнічними системами. Обґрунтування тактико-технічних вимог до таких систем зброї ґрунтується на кількісному описі їх основних властивостей. Основні ж властивості військової системи знаходять своє вираження в її технічному вигляді. Таким чином, вибір системи показників, що мають ясний фізичний сенс, для опису технічного вигляду є актуальним завданням.

**Аналіз літератури.** Розробка нових зразків озброєння відноситься до складних науково-технічних завдань, що мають не тривіальне рішення. У передових країнах створюються системи розроблення зброї, що враховують і потреби в новому озброєнні і наявні наукові та технічні можливості промисловості. Як видно з [1], основний наголос робиться на аналіз зовнішніх чинників, що представляють загрозу країні. В цілому підходи до формування вимог до нових зразків озброєння викладені в [2]. Проте питання кількісної оцінки вимог до вигляду військових систем, як правило, розглядаються через призму оцінки бойових можливостей [3]. Питання ж комплексної оцінки системи озброєння як бойового засобу, об'єкту експлуатації, об'єкту, що впливає на довкілля, не розглядаються в повному обсязі.

**Метою статті** є обґрунтування підходів до опису технічного вигляду системи підготовки і проведення пусків ракет перспективних ракетних комплексів, що враховує основні властивості цієї складної військово-технічної системи.

### Виклад основного матеріалу

Під технічним виглядом системи підготовки і проведення пусків ракет (СПіПП), як системи, розумітимемо сукупність її властивостей, складу і структури, яка розкривається через показники (ха-

рактеристики) і визначає суть СПіПП, як технічної системи військового призначення, об'єкту експлуатації, створюваного об'єкту і об'єкту, що впроваджується в систему озброєння і довкілля.

Головною функцією СПіПП, як системи військового призначення, являється підготовка і проведення пуску ракет у встановлених режимах (у контурі системи управління зброєю або автономно) у будь-яких умовах обстановки. Можливості СПіПП при бойовому застосуванні визначатимуться сукупністю цілком певних властивостей і оцінюватимуться ефективністю. Ефективність відображає міру відповідності системи своєму призначенню, її технічну досконалість і економічну доцільність [4]. Кількісно ефективність системи оцінюється за допомогою показника ефективності  $W_i$ , який є функцією безлічі параметрів вхідних потоків вимог  $L_n$  (чи параметрів алгоритмів, що реалізуються), множини параметрів системи  $L_c$ , множини параметрів елементів системи  $L_o$ , множини параметрів  $L_y$ , що характеризують вплив зовнішніх чинників на процес функціонування системи, тобто

$$W_i = W_i(L_n, L_c, L_o, L_y). \quad (1)$$

Показники ефективності – це основні числові характеристики, за допомогою яких оцінюється якість функціонування системи. У визначенні їх окремих значень беруть участь в тій або іншій мірі усі інші показники, що характеризують продуктивність системи, її точність, надійність, гнучкість і так далі. При оцінці ефективності роботи СПіПП можна в основу вибору критерію оцінки покласти принцип прийнятного результату [4]:

$$u^n \in U, \quad y(u^n) \geq u_{TP}, \quad (2)$$

де  $u^n$  – прийнятна стратегія з безлічі можливих стратегій  $U$ ;

$u_{TP}$  – значення одного з показників ефективності, що відображає необхідну властивість системи.

Для представлення СПіПП як об'єкту експлуатації необхідно розглянути його властивості, які проявляються при експлуатації і визначають витрати матеріальних засобів, трудозатрат і часу. До основних з цих властивостей можна віднести: пристосованість СПіПП до експлуатації; трудомісткість робіт по технічному обслуговуванню СПіПП; завантаження особового складу при експлуатації СПіПП.

Склад і структура елементів СПіПП, що забезпечують його експлуатацію, визначаються виходячи з необхідності проведення наступних основних операцій: введення СПіПП в експлуатацію; контроль справного стану і діагностування в процесі експлуатації; заміна і ремонт несправних елементів.

Услід за оцінкою бойових і експлуатаційних характеристик СПіПП виникає питання про можливість створення такої системи в необхідні терміни, тобто розгляди СПіПП як створюваний об'єкт. Для відповіді на це питання необхідно провести оцінку: сировинних і матеріальних ресурсів; виробничої і експериментальної бази; вартості розробки.

Усі ці чинники хоча і не визначають безпосередньо вигляд СПіПП, проте служать умовами або обмеженнями, при яких бойові і експлуатаційні властивості і характеристики можуть бути реалізовані.

Розглянемо СПіПП як об'єкт, що впроваджується в довілля. Наслідки від впровадження СПіПП в довілля можуть грати двояку роль: в сенсі впливу довілля на характеристики СПіПП (як правило, у вигляді обмежень) і в сенсі впливу самої СПіПП на довілля. Можна виділити наступні основні чинники довілля, що впливають на формування технічного вигляду СПіПП: технічні чинники; народногосподарські чинники; екологічні чинники.

Технічні чинники враховують взаємодію з іншими системами комплексу. Народногосподарські чинники враховують можливу інфраструктуру держави, яка може вплинути на способи застосування СПіПП (наприклад, можливість живлення від стаціонарних джерел і тому подібне). До екологічних чинників можна віднести електромагнітні випромінювання, електростатичні і магнітні поля і тому подібне.

При визначенні складу і структури СПіПП розглядаються функціональні елементи (підсистеми СПіПП), тип і основні конструктивно-схемні характеристики, а також тип і основні масогабаритні розміри.

Зупинимося детальніше на основних властивостях і показниках СПіПП.

**Продуктивність системи.** Продуктивність системи можна зв'язати з її швидкістю при виконанні цілком певних алгоритмів. Іншими словами, продуктивність безпосередньо пов'язана з роботою, що виконується. У загальному вигляді система може бути представлена як обчислювальна система (ОС),

побудована по фон Нейманівському принципу, коли виконуваний алгоритм реалізується послідовно на відповідних елементах системи [6]. Задамо ОС у вигляді кортежу, де послідовно перераховані задіяні елементи системи

$$S = \langle u_1, u_2, \dots, u_n \rangle. \quad (3)$$

Тоді швидкодію ОС можна оцінити через показник

$$V_c = \prod_{i=1}^n v(u_i), \quad (4)$$

де  $v(u_i)$  – швидкодія  $i$ -го елемента системи.

Продуктивність ОС, передусім, позиціонується з її функціональним призначенням. Тому продуктивність ОС оцінюється через швидкодію при виконанні цілком певного набору команд, які характеризуються послідовністю і кількістю команд різного формату.

Залежно від продуктивності системи потрібний той, або інший час на реалізацію заданого набору завдань (ЗНЗ) –  $T_{\text{ЗНЗ}}$  (на виконання обчислювальних робіт). Цей час є одним з найбільш важливих показників якості функціонування системи, який опосередковано характеризує продуктивність ОС. Більше того, величину  $T_{\text{ЗНЗ}}$  можна віднести до числа узагальнених показників якості системи, оскільки вона визначається безліччю параметрів, що характеризують систему, її елементи, умови експлуатації та алгоритми, що реалізуються.

**Точність інформації**, що отримується на виході системи в результаті реалізації ЗНЗ. Цей показник, як і величина  $T_{\text{ЗНЗ}}$ , відноситься до категорії узагальнених показників якості функціонування системи. Він також носить системний характер, оскільки помилки у вихідній інформації складаються із звичайних помилок, що виникають в системі при виконанні заданих алгоритмів роботи, і помилок, що з'являються при передачі інформації по каналах зв'язку між елементами системи.

**Надійність системи** – це здатність системи зберегти задані властивості за заданих умов роботи впродовж певного проміжку часу [6]. Кількісною оцінкою надійності більш менш простих систем, що містять елементи, відмова яких призводить до відмови усєї системи, служать наступні показники:  $P_c(\tau)$  – імовірність безвідмовної роботи системи за час  $\tau$  за заданих умов експлуатації;  $T_c$  – напрацювання на відмову системи;  $T_{\text{вс}}$  – середній час відношення системи.

Імовірність безвідмовної роботи такої системи, якщо для вирішення завдань на ній потрібна одночасна робота  $L$  елементів, за відсутності резерву буде

$$P_c = \prod_{i=1}^L P_i, \quad (5)$$

де  $p_i$  – імовірність безвідмовної роботи  $i$ -го елемента системи;

$i = \overline{1, \dots, L}$ ,  $L \in N_{\text{ЭЛ}}$  ( $N_{\text{ЭЛ}}$  – загальне число елементів системи).

Надійність системи при резервуванні визначається з виразу

$$P_c = 1 - \left( 1 - \prod_{i=1}^L p_i \right)^{m+1}, \quad (6)$$

де  $m$  – число резервних ланцюгів для системи.

Надійність системи при поелементному резервуванні, якщо для кожного елемента використовується  $m_i$  резервних елементів, обчислюється за формулою

$$P_c = \left[ 1 - \prod_{i=1}^{m_i+1} (1 - p_i) \right]^L. \quad (7)$$

Для багатьох складніших систем поняття «відмова системи» не має сенсу. У таких системах відмови окремих елементів призводять лише до деякого зниження загальної ефективності, а не до повної втрати працездатності системи в цілому. В якості показника надійності складної системи використовуються:

– коефіцієнт зниження ефективності системи

$$K_w = \frac{W}{W_o}, \quad (8)$$

що показує, яку частину ефективності реальної системи ( $W$ ) складає від ефективності ідеальної (у сенсі надійності) системи ( $W_o$ );

– величина різниці ефективностей

$$\Delta W_o = W_o - W, \quad (9)$$

що показує, наскільки знизиться ефективність системи внаслідок відмов її елементів в порівнянні з ефективністю ідеальної системи, елементи якої абсолютно надійні.

Величини  $K_w$  і  $\Delta W_o$  дають повне уявлення про вплив параметрів надійності елементів системи на ефективність її функціонування. Так, якщо значення  $K_w$  досить велике або різниця  $\Delta W_o$  досить мала, відмови елементів системи слабо впливають на її ефективність і тому заходи по підвищенню надійності елементів системи можуть виявитися недоцільними, оскільки вони не виправдовують зроблених витрат. При малому значенні  $K_w$  або при досить великій різниці  $\Delta W_o$  такі заходи потрібні, особливо відносно елементів, відмови яких роблять найбільший вплив на ефективність системи.

**Завадозахищеність системи** – це здатність системи зберігати задані властивості впродовж певного проміжку часу в умовах перешкод із заданими характеристиками [6].

Кількісна оцінка завадозахищеності системи здійснюється за допомогою наступних показників:

– коефіцієнта завадозахищеності системи

$$K_{\text{пз}} = \frac{W_{\text{п}}}{W_o}, \quad (10)$$

що показує, яку частину значення показника ефективності системи, що функціонує в умовах перешкод із заданими характеристиками ( $W_{\text{п}}$ ), складає від значення показника ефективності системи, що функціонує в ідеальних умовах ( $W_o$ ), коли перешкоди відсутні;

– абсолютною величиною різниці

$$\Delta W_{\text{пз}} = |W_o - W_{\text{п}}|, \quad (11)$$

що показує, наскільки змінюється ефективність системи під впливом перешкод із заданими характеристиками.

**Готовність системи** – ця властивість, що характеризує якість і швидкість виконання операцій по підготовці системи до застосування. До числа підготовчих операцій входить включення елементів системи, вимір деяких параметрів системи, рішення тестових завдань, перемикання системи з одного режиму роботи на інший і так далі.

В якості показників, що характеризують готовність системи до застосування, можуть бути використані:

а) імовірність того, що система буде приведена в готовність до виконання своїх функцій за час, що не перевищує допустимого  $\tau$ :

$$P_r(\tau) = P\{\tau_r < \tau\}, \quad (12)$$

де  $\tau_r$  – час виконання усіх підготовчих операцій на заданому рівні;

б) середній час підготовки системи до роботи.

Помітимо, що готовність простих обчислювальних систем, по відношенню до яких застосовне поняття «відмова системи», може характеризуватися, крім того, загальновідомою величиною – коефіцієнтом готовності.

**Економічність системи**, що оцінюється витратами на її розробку, створення і експлуатацію.

**Адаптивність** – це здатність системи до самоорганізації. Обчислювальна система називається такою, що самоорганізується, якщо в ній на підставі оцінки дії зовнішнього середовища, шляхом послідовної зміни своїх властивостей закладені можливості переходу до деякого стійкого стану, коли дії зовнішнього середовища опиняються в допустимих межах.

Підсумовуючи, відмітимо, що перераховані властивості, що виражаються через запропоновані показники, досить точно описують технічні можливості СПіПП.

## Висновок

Запропонований підхід опису технічного вигляду СПіПП ракет, як складної військово-технічної системи, вводить ряд показників (характеристик). Слід зазначити, що опис технічного вигляду СПіПП

тісно пов'язаний з визначенням тактико-технічних вимог до ракетного комплексу і є невід'ємною частиною процесу його розробки.

### Список літератури

1. Указ Президента України №555/2015 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року "Про нову редакцію Воєнної доктрини України". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [president.gov.ua/Документи/5552015-19443](http://president.gov.ua/Документи/5552015-19443).

2. Бобриков А.А. Методика оценки боевых возможностей группировок войск в целях обоснования решений по строительству и применению ВС / А.А. Бобриков // Военная мысль. – 2009. – №12. – С. 14-22.

3. Буравлев А.И. Основы методологического подхода к оценке боевых потенциалов образцов ВВТ и воинских формирований / А.И. Буравлев, С.Р. Цырендоржиев, В.С. Брезгин // Вооружение и экономика. – 2009. – №3(7).

4. Надежность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т / Ред. совет: В.С. Авудевский (пред) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т.3. Эффективность технических систем / Под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.

5. Кирянчиков В.А. Качество и надежность программного обеспечения / В.А. Кирянчиков, Э.А. Опалева. – Санкт-Петербург: «ЛЭТИ», 2002. – 86 с.

6. Мачулин В.В. Эффективность систем обработки информации. / В.В. Мачулин, А.П. Пятибратов. – М.: Сов. радио, 1972. – 280 с.

Надійшла до редколегії 20.04.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук ст. наук. співроб. С.В. Герасимов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКОВ РАКЕТ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский

В статье рассматриваются некоторые подходы к описанию технического облика системы подготовки и проведения пусков ракет перспективных ракетных комплексов как сложной военно-технической системы. Дается описание основных свойств этой системы и их характеристик.

**Ключевые слова:** ракетный комплекс, эффективность, производительность, надежность.

### THE TECHNICAL DESCRIPTION OF TRAINING SYSTEM FOR MISSILE LAUNCHES IN PERSPECTIVE MISSILE COMPLEXES

S. Zvigliyanich, N. Izyumskiy

The article considers some approaches to the description technical aspects of the training system for missile launches in perspective missile complexes as a part of the complex defense technical system. The description of main system characteristics was given.

**Keywords:** missile complex, efficiency, productivity, reliability.