

## РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ТЕОРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ (КОМПЛЕКСІВ) ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ

*У статті наведені методологічні основи вирішення задачі забезпечення функціональної стійкості систем (комплексів) зенітного ракетного озброєння при технічній експлуатації за станом*

*Ключові слова: функціональна стійкість, системи (комплекси) зенітного ракетного озброєння, технічна експлуатація за станом.*

*В статье представлены методологические основы решения задачи обеспечения функциональной устойчивости систем (комплексов) зенитно-ракетного вооружения при технической эксплуатации по состоянию*

*Ключевые слова: функциональная устойчивость, системы (комплексы) зенитно-ракетного вооружения, техническая эксплуатация по состоянию.*

*The article contains methodological bases of decision of task of providing of functional stability of the systems (complexes) of anti-aircraft rocket armament are presented during technical exploitation on the state*

*Keywords: functional stability, systems (complexes) of anti-aircraft rocket armament, technical exploitation on the state.*

**Вступ.** Огляд динаміки зміни напруженості умов ведення збройного протистояння під час збройних конфліктів останніх років свідчить про підвищення вимог до рівня готовності та надійності систем озброєння. При цьому однією із найважливіших проблем підтримання бойової готовності та подальшого безвідмовного функціонування озброєння та військової техніки (ОВТ) протиповітряної оборони (протиракетної оборони) (ППО/ПКО) залишається забезпечення ефективності бойового застосування систем (комплексів) зенітного ракетного озброєння (ЗРО) за рахунок підтримання визначеного рівня технічної готовності під час усіх етапів життєвого циклу зразків озброєння.

**Викладення основного матеріалу.** Виходячи з бойового складу та призначення ЗРО, основними функціями зенітної ракетної системи (ЗРС) є: виявлення і визначення державної належності повітряних цілей в межах зони відповідальності, розпізнавання типів і визначення параметрів руху виявлених цілей, управління бойовою роботою зенітного ракетного комплексу (ЗРК) зі складу ЗРС, цілірозподіл і цілівказування ЗРК, ураження повітряних цілей зенітними керованими ракетами (ЗКР) [1].

Якість функціонування ЗРС (ЗРК), як і інших складних технічних виробів, визначається певною множиною показників різних груп (призначення, надійності, економічності, технологічності, транспортабельності, тощо). Найбільш важливими зі всіх груп є вплив показників призначення і надійності, причому показники призначення є визначальними, а рівень показників надійності формується за кількісними характеристиками показників призначення з урахуванням їх зміни в часі [2].

В умовах відсутності можливості планового відновлення ресурсів та вимушеного впровадження технічної експлуатації ОВТ за станом, в теперішній час спостерігається стійка тенденція до розширення впливу та впровадження стратегій та методів експлуатації, адаптивних до зміни технічного стану та надійності зразків ЗРО у часі, пов'язаних із забезпеченням функціональної стійкості (ФС) як однієї з найбільш актуальних в сучасних умовах властивості системи [3]. При цьому стійкість може бути абсолютною, якщо її розглядати з урахуванням всіх можливих варіантів дій і впливу їх на всі суттєві властивості системи, а може бути відносною, якщо враховувати тільки окремі дії на систему і вплив їх на

окремі властивості системи. У цьому контексті далі концентруємо увагу на ФС складних технічних систем (СТС) до окремої дії (набору дій) і за певною властивістю (набору властивостей).

**Огляд існуючих наукових праць** [4-8] в даній області показав, що теоретичні підходи до синтезу функціонально стійких СТС не застосовувались для забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО, особливо при переведенні на технічну експлуатацію за станом (ТЕС). Тобто, математична модель системи забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО буде принципово відрізнятися від вищезгаданих систем експлуатації, що досліджувалися раніше.

**Метою статті** є введення і у подальшому використання основних понять науково-методичного апарату теорії функціональної стійкості СТС військового призначення для формування підходу до розробки системи забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при переведенні на ТЕС.

Сучасні системи (комплекси) ЗРО (ЗРК (ЗРС)) характеризуються складністю розв'язуваних задач, багатофункціональністю, залученням величезної кількості комплектуючих виробів (вузлів, блоків, субблоків, чарунок та елементів) – усе це веде до зростання значимості проблеми надійності, як основної компоненти ФС, і необхідності її вирішення, тому що саме рівень надійності стає усе більш значущим фактором стійкого і тривалого функціонування СТС [2].

Для забезпечення значень експлуатаційних характеристик, заданих нормативно-технічною документацією, проводиться ряд заходів, що відображають сутність процесу експлуатації і характеризуються рядом показників, наведених в [9]. Відповідна планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) була орієнтована, перш за все, на підтримання відповідних систем озброєння в визначеній ступені технічної готовності та готовності до застосування за призначенням за рахунок проведення регламентованого технічного обслуговування і капітальних ремонтів, та мала у своєму складі ефективні технічні та організаційні механізми їх вирішення [10,11].

Існуюча система ТО і Р за ресурсом на даний час не може забезпечити якісне функціонування систем (комплексів) ЗРО в умовах деструктивних дій внаслідок того, що змінилися як принципи організації самої системи забезпечення, так і умови бойового застосування (ведення бойової роботи) ЗРК (ЗРС). Перш за все, це обумовлено застосуванням новітніх технологій під час розробки та виробництва засобів повітряно-космічного нападу (ЗПКН) та їх бортової зброї, можливістю виконання ними бойового завдання без входу в зону ураження ЗРК (ЗРС), зниженням рівня технічної готовності зразків ЗРО в зв'язку з практичним витрачанням ресурсу як за календарною ознакою, так і за наробітком.

Відповідно, в таких умовах для ЗРК в цілому практично неможливо і недоцільно призначати один метод технічної експлуатації (ТЕ) і одну стратегію ТО і Р. Залежно від виду, типу і характеристик складових частин комплексу (зразка) ЗРО можуть встановлюватися адекватні метод ТЕ і стратегія ТО і Р. При цьому, у багатьох випадках для складової частини, функціональної системи або окремого агрегату виявляється недоцільним призначення одного методу ТЕ і однієї (єдиної) стратегії ТО і Р. При призначенні методу ТЕ і стратегії ТО і Р об'єкти повинні розглядатися до рівня окремих вузлів, комплектуючих виробів, обслуговування яких можливо і доцільно в процесі експлуатації. [12].

В сучасних умовах одним із напрямів підтримання бойової готовності та подальшого безвідмовного функціонування ОВТ ППО/ПКО є впровадження стратегій та методів експлуатації, адаптивних до зміни технічного стану та надійності зразків ЗРО у часі, пов'язаних із забезпеченням функціональної стійкості в якості однієї із найбільш важливих властивостей системи, що обумовлюється в даний час переведенням ОВТ на сучасні методи експлуатації (методи технічної експлуатації за станом).

Методи ТЕС припускають максимальне використання запасів працездатності конструкції і комплектуючих виробів кожної системи (комплексу) ЗРО та мають потенційно більшу техніко-економічну ефективність у порівнянні з регламентованими раніше методами.

Перераховані зміни припускають визначення принципово нових підходів до забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при технічній експлуатації за станом (ТЕС) в умовах обмеженої (порушення) працездатності їх окремих комплектуючих виробів (вузлів, блоків, субблоків, чарунок та елементів). При цьому повинні бути реалізованими такі якості, як можливість підтримання працездатного стану окремих виробів та системи (комплексу) в цілому, можливість виконання призначених функцій за умови деяких порушень якості її виконання.

Система поглядів, яка передбачає комплексний підхід до забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС з урахуванням перерахованих особливостей, на даний час розвинена недостатньо. Вказана обставина є причиною виникнення суперечності між прагненням забезпечити ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС в умовах деструктивних дій і відсутністю теоретичних, методичних і організаційно-технічних основ її забезпечення. Наведена суперечність показує наявність проблеми, сутність якої полягає в необхідності створення теоретико-методологічних основ забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС в умовах деструктивних дій та науковому обґрунтуванні принципів побудови і функціонування системи ТО і Р перспективних зразків ЗРК (ЗРС) в цих умовах.

З урахуванням досліджень проблеми забезпечення ФС комп'ютерних систем та запропонованих рівнів її вирішення [8], з метою подальшого розвитку методичного апарату забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС, проведемо декомпозицію системи забезпечення ФС у вертикальній та горизонтальній площинах з подальшим визначенням наступних рівнів забезпечення ФС у вертикальній площині: стратегічного (або концептуального), оперативного (або системно-функціонального) та тактичного (перш за все - організаційно-технічного).

Декомпозиція у вертикальній площині задає ієрархію рівнів забезпечення ФС, кожен з яких, у свою чергу, декомпонується з метою виділення завдань, що вирішуються на цих рівнях. Відповідна декомпозиція стратегічного рівня у горизонтальній площині визначає комплекс завдань щодо створення концепції забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС. Це, перш за все, завдання, пов'язані з розробкою структури і визначенням змісту такої концепції.

З метою відпрацювання змістовної частини концепції необхідно вирішення завдань, пов'язаних з призначенням компетентних відповідальних осіб органу управління, визначенням комплексу властивостей, що притаманні функціонально стійким ЗРК (ЗРС), формуванням системи показників і критеріїв ФС систем (комплексів) ЗРО, обґрунтуванням вимог до ФС систем (комплексів) ЗРО, що проектуються, визначенням ступеню впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на технічний стан зразків ОБТ з розробкою принципів організації протидії впливу деструктивних дій на порушення працездатності виробів.

Перераховані завдання визначають зміст елементів, а взаємозв'язок цих елементів - структуру концепції забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС. Розглянута концепція повинна враховувати необхідність завчасного створення можливостей забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО, що реалізують різні стратегії протидії загрозам порушення працездатності виробів та можливість ефективного управління ними. В зв'язку з цим концепція повинна містити структурну компоненту управління та компоненту забезпечення.

Розробка принципів побудови засобів забезпечення ФС ЗРК (ЗРС) і організації раціонального управління цими засобами є основою створення системи забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС, варіант побудови якої наведений на рис. 1.

Формування зовнішності такої системи, визначення множини функцій забезпечення і управління функціональною стійкістю, а також розробка методичних основ побудови механізмів їх реалізації складають зміст завдань, що визначаються декомпозицією оперативного рівня у горизонтальній площині.

Слід зауважити, що забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО повинно створюватися не тільки вимушеним чином, як це робиться в сучасних умовах, але й на етапі проектування

ЗРК (ЗРС), враховуючи при цьому особливості побудови та функціонування останнього при впливі деструктивних дій.

Наведена обставина вимагає розробки комплексної моделі функціонування систем (комплексів) ЗРО. Загальний вигляд такої моделі може бути представлений як:

$$F = \langle J, i \rangle, \quad (1)$$

де  $J$  - модель системи (комплексу) ЗРО ;

$i$  - модель деструктивних дій.

Модель системи (комплексу) ЗРО припускає опис сукупності функціонально-зв'язаних бойових і технічних засобів, що забезпечують у складі ЗРК (ЗРС) і (або) автономно виконання завдань з виявлення, супроводження, обстрілу та ураження повітряних цілей зенітними керованими ракетами (ЗКР) в заданих умовах бойового застосування, тактико-технічні завдання, для вирішення яких розроблялись (розробляються) зразки ЗРК (ЗРС), моделі використання за призначенням (моделі функціонування) з урахуванням бойових можливостей та тактики дій ЗПКН противника, рівня впливу деструктивних дій для кожного етапу і режиму експлуатації, характеристики прийнятої системи ТО і Р, забезпечення запасним інструментом та приладдям (ЗІП) і експлуатаційними матеріалами, чисельності і кваліфікації обслуговуючого персоналу.

При цьому модель системи (комплексу) ЗРО може бути представлена як:

$$J = \langle R, Z, k, l \rangle, \quad (2)$$

де  $R$  - множина ресурсів ЗРК (ЗРС);

$Z$  - множина функцій, які виконує ЗРК (ЗРС);

$k$  - структурно-параметричний опис ЗРК (ЗРС);

$l$  - опис процесу виконання основних функцій ЗРК (ЗРС).

Множина  $R$  ресурсів ЗРК (ЗРС) характеризує сукупність бойових засобів та засобів забезпечення, призначених для виконання їх основних функцій.

Множиною  $Z$  функцій, які виконують ЗРК (ЗРС), є сукупність дій під час перебування системи (комплексу) ЗРО на визначених часових інтервалах, що реалізуються під час очікування бойового застосування у вимкненому стані з періодичними контролем функціонування до оголошення готовності до використання за призначенням або до закінчення часу перебування ЗРК на одній позиції, очікування бойового застосування у увімкненому стані до закінчення часу перебування на зайнятій позиції або до надходження цілевказування (ЦВ) на знищення цілі, бойова робота за виданим ЦВ (або за виданими ЦВ по декількох цілях), згорання після закінчення бойового застосування або після закінчення максимального часу перебування ЗРК на одній позиції та переміщення на нову вогневу позицію і розгортання на ній.

Структурно-параметричний опис ЗРК (ЗРС)  $k$  містить опис архітектури побудови системи (комплексу) ЗРО, характеристику параметрів виробів та їх складових систем, їх розташування і порядок взаємодії між собою. При цьому структурно-параметричний опис ЗРК (ЗРС)  $k$  визначає систему взаємозв'язків на множині  $R$  ресурсів ЗРК (ЗРС). Опис процесу виконання основних функцій ЗРК (ЗРС)  $l$  задає систему взаємозв'язків між множиною  $R$  ресурсів ЗРК (ЗРС) і множиною  $Z$  функцій, які виконують ЗРК (ЗРС).

В запропонованій комплексній моделі (1) другим компонентом наведена модель деструктивних дій. Модель деструктивних дій  $i$  являє собою організовану в деяку просторово-часову структуру сукупність факторів, вплив або дія яких на ресурси ЗРК (ЗРС) викликає процес порушення нормального функціонування системи.

Розглянемо в загальному вигляді модель деструктивних дій на систему (комплекс) ЗРО:

$$i = \langle D, x \rangle, \quad (3)$$

де  $D$  - множина деструктивних дій;

$x$  - просторово-часова структура деструктивних дій.

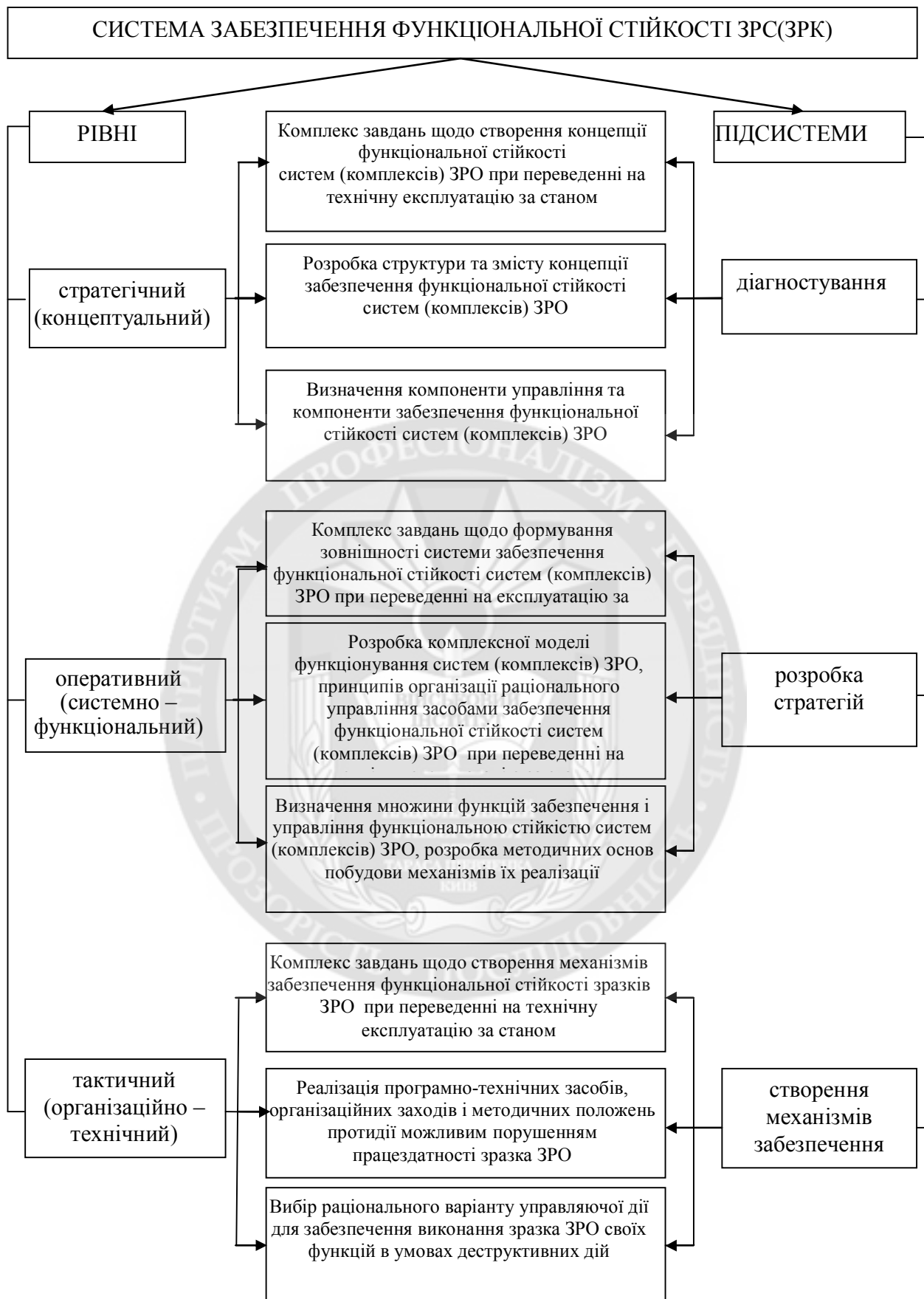


Рис. 1. Варіант побудови системи забезпечення функціональної стійкості систем (комплексів) ЗРО при технічній експлуатації за станом

Множина  $D$  представляє сукупність факторів, вплив або дія яких на систему (комплекс) ЗРО приводить до порушення нормального функціонування останньої. Просторово-часова структура деструктивних дій  $x$  множини деструктивних дій  $D$  на систему (комплекс) ЗРО характеризує моменти початку дій (впливу), тривалість і періодичність дій (впливу), розподіл дій за елементами виробів системи (комплексу).

Просторово-часову структуру  $x$  деструктивних дій представимо як

$$x = \langle a, T \rangle, \quad (4)$$

де  $a = \langle R, D, Y \rangle$  - бінарне відношення ( $Y \subseteq R \times D$ ), яке визначає розподіл дій (впливу) за ресурсами ЗРК(ЗРС);

$R$  - множина ресурсів ЗРК (ЗРС);

$D$  - множина деструктивних дій;

$Y$  - множина характеристик моментів початку дій (впливу) та їх тривалості.

Комплексна модель (1) розглядається в якості основи створення системи забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО. Система забезпечення функціональної стійкості в загальному вигляді відповідає схемі класичної системи управління. В якості об'єкта управління при цьому виступає ЗРК (ЗРС), органами управління – механізми забезпечення її функціональної стійкості, діями, що управляють – стратегії протидії порушенням працездатності ЗРК (ЗРС), а дані про технічний стан ЗРК (ЗРС), які отримуються під час проведення контролю функціонування та контролю технічного (граничного) стану, містять в собі інформацію зворотного зв'язку, необхідну для вироблення рішення про вибір раціонального варіанту управляючої дії.

Виходячи з вищевикладеного, систему забезпечення функціональної стійкості представимо у вигляді:

$$S_{\text{ндо}} = \langle S_{\text{оє}}, S_{\text{он}}, S_{\text{и}} \rangle, \quad (5)$$

де  $S_{\text{оє}}$  - підсистема діагностування ФС системи (комплексу) ЗРО ;

$S_{\text{он}}$  - підсистема вироблення стратегій забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО ;

$S_{\text{и}}$  - підсистема механізмів забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО .

Під підсистемою діагностування ФС системи (комплексу) ЗРО  $S_{\text{оє}}$  розумітимемо підсистему контролю за зміною технічного стану системи (комплексу) та її складових, яке викликане деструктивними діями на елементи зразків озброєння, що дозволяє оцінювати рівень значень показників функціональної стійкості в динаміці зміни рівня працездатності системи (комплексу), прогнозувати розвиток цієї зміни і аналізувати його наслідки. Для цього підсистема діагностування повинна містити відповідні програмно-апаратні засоби та контрольно-перевірочні комплекси. Такі засоби, на думку автора, доцільно розподіляти на стратегічні і тактичні.

Стратегічні засоби призначаються для контролю визначеного спектру параметрів, що характеризують рівень працездатності системи (комплексу) в цілому, прогнозування динаміки зміни технічного стану елементів зенітного ракетного озброєння за результатами функціонального контролю і контролю технічного (граничного) стану та аналізу наслідків такої зміни з позицій забезпечення підтримання озброєння у визначеній ступені готовності до бойового застосування. При цьому оцінку технічного стану на етапі прогнозування доцільно проводити з урахуванням груп експлуатаційних показників, враховуючи показники довговічності, збережаності, живучості, ремонтпридатності, транспортабельності, можливих умов бойового застосування та експлуатаційних витрат.

Тактичні засоби діагностування призначені для контролю параметрів, що характеризують рівень працездатності окремих елементів (вузлів, блоків, агрегатів) системи (комплексу).

Підсистема вироблення стратегій забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО  $S_{\text{он}}$  призначена для вироблення таких стратегій. Під стратегією забезпечення ФС системи

(комплексу) ЗРО будемо розуміти сукупність правил поведінки системи (комплексу) і організаційно-технічних заходів, що реалізують ці правила, направлених на протидію порушення нормального функціонування системи (комплексу) при реалізації деструктивних дій та зміни системи ТО і Р.

При цьому стратегія в загальному вигляді може бути представлена як:

$$k = \langle S, b, c \rangle, \quad (6)$$

де  $S$  - множина технічних (граничних) станів системи (комплексу) ЗРО ;

$b$  - множина дій, що управляють, які реалізуються в станах множини  $S$  з метою забезпечення нормального функціонування системи (комплексу) ЗРО в умовах деструктивних дій;

$c$  - множина механізмів, призначених для протидії деструктивним діям (під механізмами будемо розуміти програмно-технічні та організаційні заходи).

Як множина дій, що управляють  $b$ , так і множина механізмів, призначених для протидії деструктивним діям  $c$  можуть мати різну природу, яка визначається рядом чинників: технічним станом системи (комплексу), конкретним сценарієм використання за призначенням (веденням бойової роботи).

Підсистема механізмів забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО  $S_{ii}$  є структурованою відповідно до відомої множини ресурсів ЗРК (ЗРС) та рівнів їх деталізації сукупність програмно-технічних засобів, організаційних заходів і методичних положень, спрямованих на активну (пасивну) протидію можливим порушенням працездатності системи (комплексу) в цілому або окремих її складових елементів.

Задачі, пов'язані із створенням таких механізмів, складають зміст декомпозиції організаційно-технічного рівня у горизонтальній площині. Їх вирішення спрямоване на розробку загальних принципів організації забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО та конкретних пропозицій щодо реалізації цих принципів. Задачі концептуального, системно-функціонального і організаційно-технічного рівнів мають комплексний характер і розглядають науково-методичні, технічні і організаційні аспекти забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО під час переведення на технічну експлуатацію за станом (ТЕС). Їх рішення дозволить створити основу забезпечення виконання системами (комплексами) своїх функцій в умовах деструктивних дій.

Комплексна модель функціонування систем (комплексів) ЗРО при ТЕС розглядається в якості основи створення системи забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО.

Система забезпечення функціональної стійкості в загальному вигляді відповідає схемі класичної системи управління, варіант побудови якої наведений на рис.2. В якості об'єкта управління при цьому виступає ЗРК (ЗРС), органами управління (у вигляді управляючої та виконавчої систем) – особа (особи), що приймає рішення на вибір механізму забезпечення її функціональної стійкості, управляючими діями – фактичні реалізації обраних стратегій протидії порушенням працездатності ЗРК (ЗРС), а дані про технічний стан ЗРК (ЗРС), які отримуються під час проведення контролю функціонування та контролю технічного (граничного) стану (ап'юріорна інформація), містять в собі інформацію зворотного зв'язку, необхідну для вироблення рішення про вибір раціонального варіанту управляючої дії.

Виходячи з вищевикладеного, систему забезпечення функціональної стійкості систем (комплексів) ЗРО при ТЕС представимо у вигляді сукупності підсистеми діагностування ФС системи (комплексу) ЗРО, підсистеми вироблення стратегій забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО та підсистеми механізмів забезпечення ФС системи (комплексу) ЗРО.

**Висновки.** Зміни підходів до організації системи технічного забезпечення і умов бойового застосування (ведення бойової роботи) ЗРК (ЗРС) припускають визначення принципово нових підходів до забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС при порушенні працездатності їх окремих комплектуючих виробів. При цьому повинні бути реалізованими такі якості, як можливість підтримання працездатного стану окремих виробів

та системи (комплексу) в цілому, можливість виконання призначених функцій за умов деяких порушень якості її виконання.

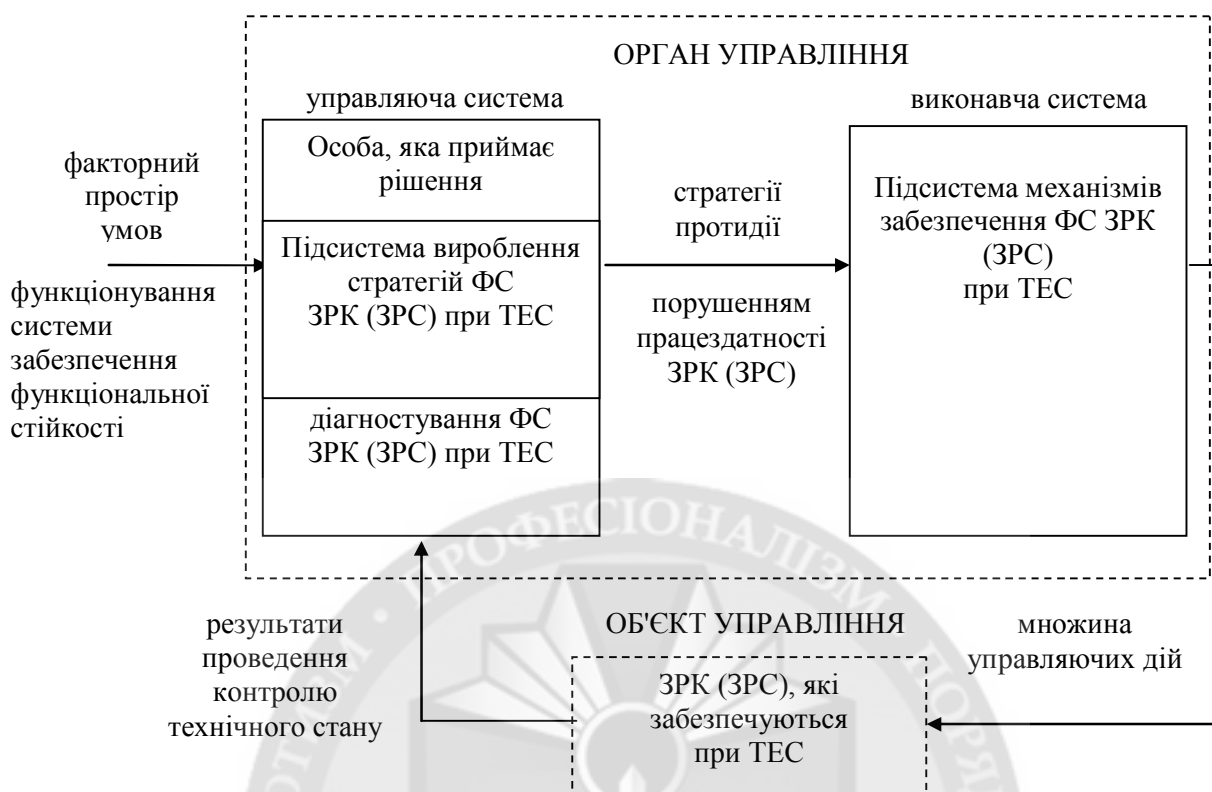


Рис. 2. Система забезпечення функціональної стійкості систем (комплексів) ЗРО при технічній експлуатації за станом

Можливості щодо переведення на сучасні методи експлуатації систем (комплексів) ЗРО стримуються, по-перше, за рахунок відсутності нормативної, науково-методичної і економічної бази, засобів контролю граничного (технічного) стану, діагностичних засобів, та, по-друге, за рахунок недосконалості теоретико-методологічних основ забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО при ТЕС в умовах деструктивних дій та наукового обґрунтування принципів побудови і функціонування системи ТО і Р як перспективних, так і вже існуючих зразків ЗРК (ЗРС) в цих умовах.

Таким чином, однією з необхідних умов підтримання бойової готовності та забезпечення подальшого безвідмовного функціонування ОВТ ППО/ПКО є своєчасне і якісне вирішення наведених задач стратегічного, оперативного та тактичного рівнів. Ці задачі мають комплексний характер і розглядають науково-методичні, технічні і організаційні аспекти забезпечення ФС систем (комплексів) ЗРО під час переведення на ТЕС, а їх рішення дозволить створити основу забезпечення виконання системами (комплексами) ЗРО своїх функцій в умовах деструктивних дій.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Довідник з протиповітряної оборони /А. М.Торопчин, І. О.Романенко, Ю. Г. Даник, Р. Е. Пашенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368 с.
2. Крижний А.В. Прогнозування довговічності парку зенітних ракетних комплексів (систем) під час експлуатації за технічним станом /Крижний А.В., Опенько П.В. // Наука і оборона. – 2012. – №1. – С. 50 – 54.
3. Крижний А.В. Комплексний підхід до визначення функціональної стійкості парку зенітних ракетних комплексів (систем) при експлуатації за технічним станом /Крижний А.В., Зверев О.О., Опенько П.В. // Наука і оборона. – 2012. – №3. – С. 48 – 54.



4. Артюшин Л.М. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам /Л.М.Артюшин, О.А.Машков – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
- 5.Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
6. Кравченко Ю.В. Применение метода последовательного увеличения ранга  $k$  - однородного матриида в задаче синтеза структуры псевдоспутниковой радионавигационной системы / Ю.В. Кравченко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: НАОУ. – 2008. – №2(2). – С. 19-22.
- 7.Неделько С.Н. Стратегия обеспечения функциональной устойчивости автоматизированной системы управления воздушным движением / С.Н. Неделько // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Е.Пухова НАН України – К.: ІПМЕ ім.. Г.Е.Пухова НАН України. – 2011. – Вип.№ 58. – С. 56-62.
- 8.Тарасов А.А. Задачи обеспечения функциональной устойчивости компьютерных систем / А.А.Тарасов // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – Вип. 4 (3). – СПб.: СПбГПУ. – 2002. — С. 34 - 44.
9. Надежность технических систем. Справочник. /Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
- 10.ДСТУ В3576–97. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. Київ.: Держстандарт України, 1998. – 59 с.
- 11.ДСТУ 2860–94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ.: Держстадарт України, 1994. – 43 с.
12. Гриб Д.А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боеготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах / Гриб Д.А., Ланецький Б.М., Лук'янчук В.В. // Наука і оборона. – 2012. – №3. – С. 55 – 64.

**Без рецензії.**

