

УДК 621.396.96

Юлія БАБІЙ,
кандидат технічних наук,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ БАЗИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Аналіз фундаментальної науково-методичної бази в галузі експлуатації складних систем показав, що підходи до побудови та реалізації системи експлуатації за станом радіотехнічних систем і комплексів спеціального призначення є різнорідними за призначенням і конструктивним вирішенням та розвинені недостатньо. Стан у теорії і практиці експлуатації складних технічних систем свідчить про існування проблеми підвищення ефективності системи експлуатації радіотехнічних систем і комплексів спеціального призначення. Науковим змістом даної проблеми є розробка математичних моделей і методики інформаційно-аналітичного забезпечення системи експлуатації за станом радіотехнічних систем та комплексів спеціального призначення; методики оцінки ефективності профілактично-відновлювальних заходів у системі експлуатації за станом та науково-технічне обґрунтування раціональної періодичності заходів експлуатації за станом.

Ключові слова: експлуатаційна надійність, ефективність, складні системи, система експлуатації радіотехнічних систем та комплексів спеціального призначення.

© Бабій Ю.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Завдання забезпечення надійності, стійкості та заданої ефективності радіотехнічних систем і комплексів спеціального призначення (РТС і КСП) покладається на систему технічного забезпечення, особливістю якої за даних умов є підтримання РТС і КСП у постійній готовності до використання не залежно від умов їх застосування та низки інших чинників, які при експлуатації звичайних систем до уваги, як правило, не беруться. Надійним шляхом вирішення даного завдання є постійне оновлення техніки та своєчасне виконання заходів технічного обслуговування і ремонту, проте в умовах специфічних експлуатаційних навантажень та завищених вимог низкою комплексних показників таке рішення є надмірним за витратами і не може бути реалізовано повною мірою.

Характерна тенденція комплектування силових відомств сучасними і багатофункціональними зразками техніки обумовлює необхідність наукового обґрунтування адекватної концепції технічного забезпечення. Наприклад, сьогодні набувають широкого використання нові класи складних (комплексних) радіотехнічних систем, що складаються з різних як за конструктивними ознаками, так і за принципами дії структурних систем комплексів та засобів. До їх складу, окрім транспортної бази (базового автомобіля), як правило, входять різномірні структурні елементи, якими є радіолокаційна система, тепловізійна система, засоби оптичного та оптико-електронного спостереження, а також інформаційно-комунікаційні засоби, що володіють потужними обчислювальними ресурсами для вирішення складних завдань. Функціонування кожної з цих систем необхідне для функціонування комплексу в цілому. Однак стрімке підвищення функціональної спроможності такої техніки обумовлює ускладнення їх структури та складність у забезпеченні постійної готовності до використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Аналіз наявних підходів до побудови та реалізації системи експлуатації РТС і КСП за станом показав, що на перший план висувуються роботи Е. Ю. Баразиловича, В. Ф. Воскобоева, В. Н. Каштанова, В. К. Дедкова,

Н. А. Северцева, Б. П. Креденцера, Н. Н. Смірнова, А. А. Іцковича, в яких розроблені фундаментальні теоретичні основи експлуатації техніки широкого використання.

В основу вирішення більшості завдань теорії і практики експлуатації на сучасному етапі покладені ймовірно-статистичні методи, викладені в роботах, перелік яких наведений вище. При цьому виникає проблема оцінки коректності, точності і ризиків вживаних рішень, що визначають концепцію експлуатації.

Метою статті є здійснення аналізу наявної фундаментальної науково-методичної бази у сфері системи експлуатації РТС і КСП.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питанню ефективності окремих напрямів функціонування системи технічного забезпечення присвячено значну кількість наукових праць, проте в цілому ефективність РТС і КСП не розглядалась, що потребувало проведення вибору й аналізу показників їх ефективності як складної організаційно-технічної системи. Вибір системи показників ефективності здійснюється при визначенні мети та завдань РТС і КСП. Система показників ефективності повинна визначати ступінь пристосованості РТС і КСП до виконання поставлених перед ними завдань. Критерій ефективності експлуатації може бути економічним, цільовим та параметричним.

Як показник економічної ефективності експлуатації застосовується вартість операції, яка виражається у вигляді [1]

$$C_{on} = \int_{\tau_0}^{\tau_k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{1ij}(\tau) n_{ij}(\tau) d\tau, \quad (1)$$

де $C_{1ij}(\tau)$ – витрати на одиницю i -го засобу, що бере участь у виконанні j -го завдання (елементу) в операції за одиницю часу (τ); $n_{ij}(\tau)$ – середня кількість засобів i -го виду, які необхідні за одиницю часу (τ) для виконання завдань операції j ; n – кількість стадій життєвого циклу елементів системи; m – кількість елементів у системі; (τ_0) , (τ_k) – час початку та закінчення операції.

Критерій цільової ефективності систем експлуатації РТС і КСП характеризує загальний кількісний ефект функціонування системи щодо виконання нею мети і в загальному випадку має вигляд

$$\bar{\Phi}_u(\bar{\beta}, t) = \bar{\Phi}_u\{U[\bar{\beta}(t)], C[\bar{\beta}(t)], t\}, \quad (2)$$

де $\bar{\Phi}_u$ – цільова ефективність системи; U – ефект системи; C – загальні витрати на реалізацію мети системи; t – час функціонування.

Ефект системи U становить технічну ефективність системи експлуатації РТС і КСП без урахування витрат, тобто формалізовану мету її функціонування (ймовірність, математичне сподівання виконання завдань операції тощо).

При розгляді параметричної ефективності $\bar{\Phi}_n$ цільова функція системи будується за досліджуванним параметром $n[\bar{\beta}(t)]$ (надійності, етапів життєвого циклу, швидкодії, завадостійкості тощо):

$$\bar{\Phi}_n(\bar{\beta}, t) = \bar{\Phi}_n\{n[\bar{\beta}(t)], C[\bar{\beta}(t)], t\}. \quad (3)$$

З метою формування критеріїв ефективності найбільш часто застосовують такі математичні методи [2; 3]: теорію ймовірностей, теорію ігор, теорію інформації, теорію масового обслуговування.

Широкого розповсюдження для формування критеріїв ефективності набули підходи на основі теорії розпізнавання образів, теорії прогнозування, теорії прийняття рішень, теорії корисності, теорії пошуку та інших методів.

З економічної точки зору, ефективність як показник результативності передбачає порівняння витрат з результатом. Як витрати розглядаються амортизація основних виробничих фондів і оборотні кошти, а як результат – прибуток. Але в аналізі ефективності використання зразків РТС і КСП під час експлуатації позитивний результат не може бути обрахований у грошовому еквіваленті, що не дає змогу використати суто економічний підхід до розв'язання поставленої задачі.

Наприклад, стосовно радіолокаційних систем (РЛС) під ефективністю розуміється готовність до використання за

призначенням, здатність успішного пошуку та своєчасного виявлення цілей, стійкого виміру координат цілей із необхідною точністю, здатністю розпізнавати цілі, тобто ступінь пристосованості до виконання заданих функцій у конкретних умовах протягом необхідного часу. У даному випадку ефективність є кількісною мірою ступеня вирішення покладених на систему спостереження завдань. Таке визначення ефективності обумовлює необхідність введення показника з метою її кількісної оцінки, тобто критерію.

Збір інформації за допомогою РЛС виконується з площинних ділянок (зон відповідальності), на яких можуть перебувати різноманітні об'єкти спостереження, які розташовані випадковим чином. Тому більш ефективною вважають ту систему, яка буде контролювати більшу площу, інакше кажучи – простір об'єктів спостереження. З іншого боку, об'єкти, що перебувають у даному просторі, виявляються з різною імовірністю, яка залежить від типу РЛС, класу об'єктів, властивостей навколишнього середовища та інших параметрів.

Зважаючи на це, за показник ефективності елемента системи (окремої РЛС) E_i прийнято відносно середню площу контрольованої поверхні з ймовірності виявлення об'єктів та безвідмовної роботи засобу спостереження. Даний показник виражається такою формулою:

$$E_i = \frac{S_i^j P_i^j(t) P_i^l(t)}{S} \mathbb{Z}, \quad (4)$$

де S_i^j – контрольована площа i -го типу РЛС по j -му об'єкту спостереження (імовірнісна зона); $P_i^j(t)$ – імовірність виявлення j -го об'єкта за умови його перебування у зоні дії i -го типу РЛС протягом часу t ; $P_i^l(t)$ – імовірність безвідмовної роботи i -го типу РЛС за час t ; S – повна площа району, що підлягає контролю.

Для всієї системи спостереження на відповідній ділянці формула (4) набуде вигляду

$$E_n = \frac{P_o(t) \sum_{i=1}^n S_i^j P_i^j(t)}{S \cdot n}, \quad (5)$$

де $P_o(t)$ – імовірність безвідмовної роботи всієї системи за час t ; n – кількість елементів системи.

Наведений критерій є комплексним, адже він охоплює у неявному вигляді багато показників якості, а тому й залежить від різноманіття факторів. Зокрема, на величину контрольованої зони впливають правильний вибір місцеположення технічних засобів спостереження, величина зони огляду, кількість і площа “мертвих” зон, висота чутливого елемента (антени РЛС). На ймовірність виявлення впливають: клас (тип) об’єкта спостереження; стан навколишнього середовища (погода, хвилювання моря, прозорість атмосфери, наявність завод тощо); енергетичний потенціал РЛС; час спостереження і режими роботи РЛС; підготовленість оператора. На ймовірність безвідмовної роботи впливають: експлуатаційні характеристики РЛС; організація технічного обслуговування і ремонту РТС і КСП; кваліфікація обслуги.

Крім того, на ефективність використання РЛС впливає фактор недостовірності перебування об’єкта у контрольованому районі, що істотно залежить від заводостійкості РЛС, імовірності хибної тривоги, простоти та надійності відображення (передачі) обробленої інформації та ін.

Перелічені фактори можуть суттєво обмежувати ефективність системи спостереження, а їх правильне (наукове) урахування – проблемне, але обов’язкове в організації спостереження. Разом із тим у сучасних економічних умовах оптимальність системи технічного спостереження повинна визначатися за критерієм “ефективність – вартість”.

Як показники економічної оцінки зразків транспортних засобів (ТрЗ) прийняті: показник ефективності системи “середовище – автомобіль – вартість”; показник вартості; узагальнений показник “ефективність – вартість”.

Показник ефективності системи “середовище – автомобіль – водій” є рівнем виконання завдання зразком ТрЗ і виражається через коефіцієнт ефективності, який становить такий вираз:

$$K_E = K_{TE} K_{ПВ}, \quad (6)$$

де K_{TE} – коефіцієнт технічної ефективності зразка ТрЗ; $K_{ПВ}$ – коефіцієнт працездатності водія, що характеризує ступінь використання автомобіля з урахуванням можливостей водія.

Коефіцієнт технічної ефективності зразка ТрЗ визначається з виразу

$$K_{TE} = \frac{W_B}{W_H}, \quad (7)$$

де W_B – об'єм роботи (завдання), який може виконати даний зразок ТрЗ; W_H – об'єм роботи (завдання), який необхідно виконати з розрахунку на один зразок ТрЗ.

Показник W_B визначається тимчасовими показниками, які обчислюються з використанням математичної моделі функціонування зразків ТрЗ. Показником вартості є вартість виконання завдання зразків ТрЗ за день використання за призначенням. Він подається у вигляді [5]

$$C_O = \tilde{C}_{TO} + \tilde{C}_P + \tilde{C}_{AB} + \tilde{C}_B, \quad (8)$$

де \tilde{C}_{TO} – приведена до одного дня середня вартість виконання заходів технічного обслуговування та ремонту; \tilde{C}_P – приведена до одного дня середня вартість виконання ремонтних заходів; \tilde{C}_{AB} – приведена до виконання завдання середня вартість амортизаційних втрат; \tilde{C}_B – приведена до виконання завдання середня вартість утримання водія.

Як узагальнений показник порівняльної оцінки системи експлуатації РТС і КСП прийнята приведена величина витрат на виконання завдань, яка визначається з виразу

$$C_{OP} = C_O \frac{K_{E3}}{TE}, \quad (9)$$

де K_{E3} – показник ефективності системи експлуатації РТС і КСП заданих.

Суть прийнятого показника полягає в тому, що він ураховує доплату за недостатню ефективність, тобто розглядається варіант, за якого заданий рівень виконання завдання досягається шляхом збільшення кількості систем експлуатації РТС і КСП, якщо досліджуваний зразок володіє меншою у K_{E3}/K_{TE} разів ефективністю стосовно до потрібної.

Однак методики, з яких випливають вирази (7)–(9), дозволяють проводити порівняльну оцінку тільки окремих зразків систем експлуатації, що обмежує можливості їх використання при оцінці пропозицій, що розробляються на перспективу. Дані методи оцінки ефективності можуть

бути використані у формуванні системи показників оцінки ефективності окремих груп зразків систем.

Подані моделі розроблялися без урахування кваліфікаційних відмінностей, не враховувалася вимога однорідності початкової інформації, недостатньо обґрунтовано застосовувався метод прямої екстраполяції для прогнозування одиничних параметрів, не було обліку його взаємозв'язків з іншими параметрами. У використовуваних однофакторних статистичних моделях змінні призначалися без урахування динаміки зміни взаємозв'язків параметрів. У зв'язку з цим методичні підходи не повною мірою можуть забезпечити вихідними даними для ухвалення рішення щодо формування систем експлуатації РТС і КСП.

Проведений аналіз показує, що стосовно формування кількісно-якісного складу систем експлуатації РТС і КСП для забезпечення виконання завдань технічного забезпечення з урахуванням їх специфіки в даний час відсутній єдиний науково-методичний підхід і сьогодні рішення приймаються, як правило, на основі досвіду і інтуїції певних посадових осіб.

Отже, специфіка багатоцільового використання і масової наявності на ринку систем експлуатації РТС і КСП різного типу і призначення не дозволяють з достатньою ефективністю застосовувати вказані вище методичні підходи до вирішення завдання формування раціонального складу парку даних систем. З урахуванням вищевикладеного, доцільною є необхідність розробки методичного апарату комплексного управління технічним забезпеченням.

Завдання обґрунтування оптимальних режимів технічного обслуговування є складником загальної проблеми забезпечення встановленого рівня надійності та реалізації встановленої ефективності і вимагає для свого вирішення застосування методів теорії ймовірностей і математичної статистики. До теперішнього часу виконана значна кількість робіт вітчизняних і зарубіжних авторів з оптимізації режимів профілактичного обслуговування складних технічних систем [6].

У цій роботі показник ефективності профілактичних заходів подано у вигляді функції характеристик процесів зміни значного числа випадкових чинників, до яких належать технічні параметри

об'єкта, що обслуговується, показники його надійності, показники режиму роботи, рівень компетентності обслуги, умови використання.

Слід відмітити, що в такій загальній постановці сформульоване завдання до теперішнього часу не вирішено. Часткові завдання профілактики вирішуються, як правило, для елементів і простих систем, для яких можна не враховувати деякі з указаних вище випадкових чинників. Більшість авторів під терміном “оптимальна профілактика” мають на увазі питання визначення оптимальних значень параметрів – періодичності та тривалості проведення профілактичних робіт. При цьому приймаються допущення, що спрощують вирішення завдання, які свідчать про відірваність від практики теоретичних робіт. Іншим загальним недоліком цих робіт є відсутність загального доведення умов існування і єдності оптимального профілактичного обслуговування за належного інформаційного забезпечення комплексного управління.

Висновки. Аналіз літературних джерел у даній предметній сфері показав, що численні дослідження організації оптимальної профілактики можна класифікувати за двома основними напрямками, а саме: вивчення конкретних об'єктів профілактики та побудова і дослідження відповідних математичних моделей профілактики. Ці напрями відрізняються один від одного безпосереднім предметом дослідження, використовуваними методами і специфічною вирішуваних завдань.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Стан, наявний у теорії і практиці експлуатації складних технічних систем, свідчить про існування проблеми підвищення ефективності системи експлуатації РТС і КСП. Пошуки раціональних шляхів і методів підвищення ефективності такої системи обумовлюють необхідність окреслення концепції комплексного управління системою.

Проведений у даній статті аналіз наявної фундаментальної науково-методичної бази у сфері експлуатації складних систем показав, що підходи до побудови та реалізації системи експлуатації за станом РТС і КСП, що є різнорідними за призначенням і конструктивним вирішенням, розвинені недостатньо.

Отже, у науковому пізнанні актуальним є подальше дослідження цього напрямку.

Список використаної літератури

1. Ахмадеева М. М. Организационно-экономическое обоснование технического обслуживания и ремонта техники : учебное пособие / М. М. Ахмадеева, Г. С. Юнусов. – Йошкар-Ола, 1999. – 93 с.
2. Барлоу Р. Математическая теория надежности / Р. Барлоу, Ф. Прошан; пер. с англ.; под ред. Б. В. Гнеденко. – М. : Сов. радио, 1969. – 67 с.
3. Венецкий И. Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И. Г. Венецкий. – М. : Статистика, 1974. – С. 74–76.
4. Бандрівський М. І. Технічна експлуатація вантажних автомобілів / М. І. Бандрівський, С. В. Нікіпчук, Я. П. Яворський. – Львів : Українські технології, 2006. – 136 с.
5. Барзилович Е. Ю. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович, В. Н. Каштанов. – М. : Сов. радио, 1971. – 272 с.
6. Байхель Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход; пер. с нем. / Ф. Байхель, П. Франкен. – М. : Радио и связь, 1988. – 392 с.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Чесановський І. І.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2016

Бабий Ю. Анализ научно-методической базы по обеспечению эффективности системы эксплуатации радиотехнических систем и комплексов специального назначения

В статье проведен анализ существующей фундаментальной научно-методической базы в области эксплуатации сложных систем, который показал, что подходы к построению и реализации системы эксплуатации по состоянию радиотехнических систем и комплексов специального назначения являются разнородными по назначению и конструктивным решениям и развиты недостаточно. Положение, сложившееся в теории и практике эксплуатации сложных технических систем, свидетельствует о существовании проблемы повышения эффективности системы эксплуатации радиотехнических систем и комплексов специального назначения.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, эффективность, сложные системы, система эксплуатации радиотехнических систем и комплексов специального назначения.

Babiy J. An analysis of the scientific and methodological basis to ensure the effectiveness the operation of radiosystems and complexes of special purpose

Summary: In the article the analysis of the existing fundamental scientific and methodical base in the field of maintenance of complex systems, which showed that approaches to the creation and implementation of a system for operating on the state radio engineering systems and complexes of special purpose are diverse in purpose and design and not well developed.

The situation in the theory and practice of the operation of complex technical systems indicates the existence of a problem of increase of system effectiveness of operation of radio systems and complexes of special purpose. The scientific content of this problem is development of mathematical models and methods of information-analytical providing system as of radio systems and complexes, special purpose; methodology for assessing the effectiveness of preventive and rehabilitation measures in the system operation as well as technical and scientific rationale frequency of events of operation according to the condition.

The analysis of the literature in this domain has shown that numerous studies of the optimal prevention can be classified in two main areas, namely: the study of specific objects the prevention and the construction and study of relevant mathematical models of prevention. These areas differ from each other on the direct subject of the study, the methods used and the specificity of tasks.

A survey in the article analysis of the current fundamental scientific and methodological basis in the operation of complex systems has shown that the approaches to the construction and implementation of systems operating as radiosystems and special purpose systems that are diverse in purpose and design solution, developed enough.

Keywords: operational reliability, efficiency, complex systems, the system operation of radio systems and complexes of special applications.