

УДК 519.21

*В. А. СОБЧЕНКО, ад'юнкт Національної академії
Державної прикордонної служби України імені Богдана
Хмельницького, м. Хмельницький*

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У статті проведено аналіз існуючих методів дослідження надійності складних технічних систем під час їх експлуатації. На основі проведеного аналізу виділено загальні недоліки існуючих методів та їх невідповідності для застосування в органах охорони державного кордону, обґрунтована можливість застосування індивідуального підходу для оцінки надійності складних технічних систем, що використовуються в охороні державного кордону.

***Ключові слова:** надійність, складна технічна система, мобільний тепловізійний комплекс, методи аналізу надійності.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Одним із суттєвих елементів системи виявлення ознак порушення кордону є застосування технічних засобів охорони кордону. За останні роки провідні держави світу здійснюють інтенсивне вдосконалення передових технологій в галузі радіоелектроніки, автоматизації, на базі яких створюються сучасні прилади, системи та комплекси для охорони своїх державних кордонів. Як свідчить практика, сучасна модель охорони державного кордону вимагає більш широкого ви-

користання принципово нових технічних засобів охорони кордону, таких як тепловізори, сучасні радіолокаційні станції та сигналізаційні засоби. Актуальність дослідження обумовлюється необхідністю забезпечення відповідного рівня надійності техніки, що використовується в охороні державного кордону, та недостатньою розробленістю теорії та практичного застосування методів оцінки надійності складних технічних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. У теорії надійності відома велика кількість методів, інженерних методик, які доведені до алгоритмів і програм. Їх авторами є загальновідомі вчені Барзилович Е. Ю., Барлоу Р. Е., Дружинін Г. В., Коваленко І. Н., Ушаков К. З. та ін. Дані роботи є фундаментальними в теорії. Проте методи, описані в даних роботах, часто не вдається застосовувати на практиці.

У відповідності до концепції розвитку Державної прикордонної служби України до 2015 року [1] підрозділи охорони кордону оснащуються сучасними технічними засобами охорони кордону. У 2009 році були введені в експлуатацію мобільні тепловізійні комплекси (МТК) компанії “Carl Zeiss Optronics GmbH” (Німеччина) [2]. Вони є тими потужними засобами спостереження, які не тільки поєднали у собі функції як оптичних, так і оптико-електронних приладів, а також мають ряд суттєвих переваг перед ними, основними з яких є мобільність та висока ефективність виявлення. У цілому це сприяло гармонійному зайняттю МТК важливого місця у сучасній моделі охорони кордону [3]. З їх використанням постійно здійснюються припинення правопорушень на державному кордоні, про що свідчать статистичні дані в періодичній пресі та постійно зазначає командування Держприкордонслужби.

Роль технічних засобів в охороні державного кордону постійно зростає, і відповідно їх надійність впливає на ефективність виконання завдань з охорони кордону. Підтримання необхідного рівня надійності технічних засобів забезпечується виконанням вимог інструкції з технічного обслуговування, яка розробляється виробником, і є обов'язковою складовою експлуатаційної документації.

Проведений аналіз інструкцій з експлуатації більшості технічних засобів охорони кордону свідчить про те, що перелік операцій, які необхідно виконувати, залежить тільки від включення їх у певних вид технічного обслуговування, що унеможлиблює врахування умов експлуатації та фактичного стану об'єкта. Разом із тим, підтримання працездатності техніки вимагає великих затрат. Тому, на сьогодні актуальним питанням є вдосконалення існуючої системи експлуатації для забезпечення необхідного рівня надійності складних технічних систем (СТС), прикладом якої в Держприкордонслужбі є МТК, в існуючих умовах застосування.

Метою даного аналізу є розгляд існуючих методів оцінки надійності СТС у процесі їх експлуатації, проведення якого дозволить виявити недоліки цих методів і визначити можливі шляхи їх розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Усі відомі в теорії методи розрахунків надійності технічних систем прийнято класифікувати за застосовуваним математичним апаратом на наступні шість груп [4]:

методи, що використовують елементи теорії масового обслуговування;

методи, що використовують теорію інтегральних рівнянь;

логіко-імовірнісні методи;

методи статистичного моделювання;

топологічні методи;

наближені методи.

На підставі наведеного в [4, 5, 6] аналізу можна виділити такі загальні для всіх перерахованих груп методів недоліки.

Вони вимагають як вихідні дані інформації про надійність усіх елементів досліджуваної системи.

Методи не враховують достовірних даних про надійність прототипу системи, відомих з її експлуатації.

Аналіз надійності існуючими методами вимагає обчислення ймовірностей усіх станів складної технічної системи.

Ці недоліки, як правило, призводять до практично непереборних труднощів, які виникають при аналізі надійності в процесі розвитку технічних систем.

Якість проведених розрахунків багато в чому визначається точністю отриманих результатів. На практиці всі існуючі методи мають низьку точність результатів розрахунків через недостовірність вихідних даних про надійність елементів системи. Дані про інтенсивності відмов елементів одержують при обробці статистики їх відмов у процесі експлуатації систем у цілому. Отримані результати дають лише деякі усереднені значення. Це пояснюється, по-перше, тим, що при обробці статистики не враховуються режими роботи елементів; по-друге, існуюча методика збору й обробки статистичних даних про відмови елементів з експлуатації дозволяє знайти не інтенсивність $\lambda(t)$, а середню частоту відмов $\omega(t)$. Ці характеристики не збігаються за наявності етапу придоблення апаратури. Інтенсивності відмов елементів, що наводяться в офіційних документах, є, як правило, завищеними.

У силу зазначених причин, дослідник має лише наближені вихідні дані про надійність елементів системи. Точність цих даних, як правило, задається одним знаком після коми. Як показує практика, така точність недостатня для розрахунків, оскільки в більшості випадків точність заданих замовником показників визначається двома або навіть трьома значущими цифрами. Тому очевидно, що немає рації говорити про показники надійності СТС ступенем точності в умовах існуючої невірогідності вихідних даних для розрахунків.

У зв'язку з необхідністю в процесі експлуатації аналізувати велику кількість варіантів досліджуваної системи суттєвого значення набуває оперативність проведених розрахунків. Застосування методів статистичного моделювання обмежене тим, що велика трудомісткість підготовчих робіт, пов'язана з різноманітністю й складністю алгоритмів функціонування систем, не дозволяє їм оперативно виконувати різноманітні розрахунки надійності при різних вихідних даних.

Існуючі аналітичні методи із цієї точки зору малоприменні для аналізу технічних систем, головним чином, через обчислювальні труднощі.

На практиці часто завдання аналізу надійності різних систем сполучене з розв'язком алгебраїчних, диференціальних, інтегро-диференціальних систем рівнянь великих розмірностей. У цих умовах існуючі чисельні методи навіть із застосуванням ЕОМ не дозволяють із необхідною точністю проаналізувати надійність досліджуваної системи.

З метою подолання зазначених труднощів розроблені способи [5, 7], основані на спрощенні графа функціонування системи шляхом об'єднання станів, об'єднання шляхів і скорочення графа.

Усе це веде до суттєво наближених оцінок. Причому в роботах часто не вказується точність розрахунків.

Значні труднощі виникають на етапі побудови математичної моделі системи на етапі експлуатації. Прийняті моделі, як правило, неадекватно описують експлуатацію системи.

Традиційно найбільш часто застосовують експонентну модель. Ця модель припускає, що потік відмов є найпростішим, тобто час виникнення відмов задовольняє одночасно умови стаціонарності, відсутності післядії й ординарності [8].

Припущення про те, що потік відмов є найпростішим потоком випадкових подій, не завжди слушний [9].

Умова стаціонарності порушується в силу великої кількості причин. Часто технічна система експлуатується таким чином, що окремі її частини працюють не одночасно. Стаціонарність порушується також унаслідок зміни умов експлуатації (температури, вологості, вібрації й т. п.).

Гіпотеза відсутності післядії теж не завжди правильна. При поступових відмовах погіршуються параметри елементів. Це приводить до зміни режимів роботи сусідніх елементів протягом досить тривалого часу. На час дії миттєвої відмови режиму роботи елементів системи також можуть суттєво відрізнятись від нормальних. У випадку виникнення відмов у системі відбувається, як правило,

перерозподіл навантаження між елементами. Для відновлюваних систем ремонт елементів, що відмовили, змінює їхню інтенсивність відмов.

Таким чином, потік відмов елементів системи в процесі експлуатації не стаціонарний і з наявністю післядії. Тому припущення про нормальний закон не завжди справедливе. В умовах малої ймовірності вихідних даних, недостатньої адекватності реальним системам прийнятих математичних моделей і наближеності існуючих методів аналізу надійності великого значення набуває необхідність дослідним шляхом підтвердити результати розрахунків.

Але сучасні технічні системи здебільшого високонадійні. Тому проведення їх випробувань вимагає тривалого проміжку часу й великої кількості зразків, що призводить до значних економічних витрат. Прискорені ж методи випробувань і методи неруйнуючого контролю в теорії надійності розроблені недостатньо. Тому на практиці в більшості випадків виробник змушений обмежуватися лише твердженням того, що надійність системи буде не гірше, чим отримана за розрахунками.

Висновки. Експлуатація системи, що вимагає забезпечення заданих показників надійності, іде як процес багатоваріантного, багатократного розрахунку різноманітних схемних рішень за існуючими методиками. Для дослідження системи необхідний великий обсяг обчислень. Причому одні й ті самі обчислювальні процедури повторюються багаторазово, що веде до ускладнення розрахунків на етапі експлуатації.

Розрахунки здійснюються в умовах часткової відсутності або малої закономірності вихідних даних про надійність елементів системи. Достовірність цих даних суттєво впливає на ефективність застосовуваних методів. Тому питання про вихідні дані, що використовуються при аналізі або синтезі структур у процесі експлуатації, стає одним з найважливіших передумов для об'єктивної оцінки кожного варіанта.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Аналіз існуючих методів дослідження надійності показав, що вони не до-

звояють із високою точністю й оперативністю проводити різноманітні розрахунки, що значною мірою обмежує їхню придатність для дослідження надійності різних технічних систем при їхній зміні.

Існуючі методи в результаті проведених досліджень зводяться до визначення параметрів надійності, які є загальними для однотипних зразків техніки, і повинні враховувати якомога більшу кількість можливих умов використання. Хоча в сучасних умовах, при достатньому технічному забезпеченні, та враховуючи високу вартість експлуатації сучасних СТС, можливим є індивідуальний підхід для визначення параметрів надійності кожного окремого зразка техніки.

Таким чином, існує практична потреба у методах оцінки надійності СТС в умовах недостатньої достовірності вихідних даних про надійність їх параметрів, що обумовлює важливість і актуальність розробки нових інженерних методів розрахунків надійності систем у процесі їх експлуатації.

Список використаної літератури

1. Про Концепцію розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року : Указ Президента України [Електронний ресурс] // Офіційний вісник України. – 2006. – № 25. – С. 14. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/546/2006>
2. Про введення в експлуатацію мобільних тепловізійних комплексів та затвердження Інструкції щодо порядку застосування мобільних тепловізійних комплексів в охороні державного кордону: наказ Адміністрації ДПСУ від 26.11.2007 № 940.
3. Шишолін П. А. Зміст та сутність нової моделі охорони кордону / П. А. Шишолін. // Збірник наукових праць № 4. – Хмельницький : Вид-во Нац. академії Держ. прикор. служби України ім. Б. Хмельницького, 2003. – С. 24–28.
4. Дружинин Г. В. Надёжность производственных автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
5. Габдулхаков Р. Т. Анализ надежности технических средств сложных систем управления на этапе проектирования : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.07 “Автоматическое управление

и регулирование, управление технологическими процессами” / Габдулхаков – Уфа, 1984. – 18 с.

6. Острейковский В. А. Теория надежности / В. А. Острейковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.

7. Михайлов А. А. Исследование надёжности технических средств вычислительных систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Михайлов А. А. – Л, 1982.

8. Барлоу Р. Э. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р. Э. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Наука, 1984. – 327 с.

9. Петров Н. В. Исследование способов повышения надёжности сложных систем на этапе их производства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.01 “Системный анализ, управление и обработка информации” / Петров Н. В. – Санкт-Петербург, 1994. – 16 с.

Рецензент – доктор технічних наук, доцент Лисий М. І.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2014.

Собченко В. А. Анализ методов оценки надежности сложных технических систем в процессе их эксплуатации

В данной научной статье проведен анализ существующих методов исследования надежности сложных технических систем при их эксплуатации. На основе проведенного анализа выделены общие недостатки существующих методов и их несоответствия условиям использования в органах охраны государственной границы, обоснована возможность применения индивидуального подхода для оценки надежности сложных технических систем, используемых в охране государственной границы.

Ключевые слова: *надежность, сложная техническая система, мобильный тепловизионный комплекс, методы анализа надежности.*

Sobchenko V. A. Analysis of methods for evaluating reliability of complex technical systems during their operation

Technical means of border protection is one of the significant elements of the detecting violation system of the border. In recent years, the major powers of the world make intensive improvement of advanced technologies in radio electronics, automation. Modern devices, systems

and complexes for their frontiers protection were created on their basis. Practice shows that the current model of state border security requires greater use of innovative technical means of border protection such as thermal imagers, modern radars and signaling means.

By the year 2015 border protection units will have been equipped with modern technical facilities of border protection according to the Concept of the State Border Guard Service of Ukraine. However, maintaining the efficiency of technology requires huge expenses. Therefore, improvement of the existing exploitation systems to provide the required technique reliability level in a limited funding is important issue.

The scientific article concerns the analysis of existing research methods of complex technical systems reliability during their operation given. It gives the following results: common deficiencies of existing methods and non-compliance with the conditions of use of the state border protection highlighted. In addition, the possibility of using an individual approach to assess the reliability of complex technical systems used in the state border protection was justified.

The existing methods of research of reliability do not allow carrying out a variety of calculations with high precision and efficiency. It greatly limits their usefulness for the study of different technical systems reliability when they change.

As a result of the research the existing methods are reduced to determining the reliability parameters. They are common for similar equipment models and should take into account the largest possible number of terms of use. Although it is possible to determine the individual approach of reliability parameters for each technique sample with adequate maintenance provided, and considering the high cost of modern technical systems exploitation.

Keywords: *reliability, complex technical system, mobile thermal complex methods of reliability analysis.*