

ПІДХІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЄЮ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНОЮ

В статті запропоновано підхід щодо оцінювання надійності функціонування підсистеми передачі даних автоматизованої системи управління авіацією та протиповітряною обороною, який ґрунтується на використанні методу мінімальних шляхів і мінімальних перетинів.

Крім того, розглянуті математичні методики оцінювання надійності інформаційних систем, що можуть бути використані при оцінюванні надійності підсистеми передачі даних автоматизованої системи управління авіацією та протиповітряною обороною. Наведено підхід оцінювання надійності варіанту структури автоматизованої системи управління авіацією та протиповітряною обороною.

Ключові слова: надійність; підсистема передачі даних; метод мінімальних шляхів і перетинів.

Вступ

Автоматизована система управління авіацією та протиповітряною обороною (далі – АСУ авіацією та ППО), як складова частина Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України, функціонує на базі підсистеми передачі даних (далі – ПСПД), до складу якої входять канали та засоби зв'язку. Дана підсистема є складним програмно-апаратним об'єктом із розгалуженою інфраструктурою і великим числом вузлів і абонентів. В даний час роль підсистеми передачі даних АСУ авіації та ППО виконує стаціонарна телекомунікаційна мережа Повітряних Сил Збройних Сил України, яка постійно модернізується і розширюється. Від того, наскільки надійно працює зазначена підсистема, залежить надійність функціонування АСУ авіації та ППО в цілому.

Постановка проблеми. Досвід дослідної експлуатації, а також проведення навчання свідчать, що на даний час відмічається ненадійна робота ПСПД АСУ авіацією та ППО. При розрахунку надійності такої територіально-розподіленої АСУ, як АСУ авіації та ППО, необхідно враховувати надійності каналів зв'язку, технічних та програмних засобів, що відносяться до ПСПД. Так, в [1] розглянуто підхід щодо оцінювання надійності функціонування технічних та програмних засобів АСУ авіації та ППО. Актуальним стає питання оцінювання надійності функціонування ПСПД зазначеної АСУ, що, в свою чергу, потребує розроблення відповідного науково-методичного апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сторінках наукових видань неодноразово висвітлювались різні моделі та методики щодо оцінювання надійності функціонування автоматизованих систем управління. Так, в [2, 3] запропоновано методологію оцінювання АСУ з урахуванням показників надійності комплексів технічних засобів (ТЗ), програмного забезпечення (ПЗ), а також відмови, які виникають з вини оперативного персоналу (ОП), але дані підходи не

враховують відмови ПСПД. В [4] представлена методика оцінювання надійності трактив передачі даних з врахуванням реальних умов функціонування апаратури, проте поза увагою авторів залишилася розподіленість АСУ.

Проведений аналіз існуючого науково-методичного апарату показав, що існуючі методики або не охоплюють всіх складових сучасних ПСПД або не враховують особливості її побудови та функціонування, які в теперішній умовах суттєво впливають на надійність функціонування ПСПД АСУ авіацією та ППО.

Метою статті є розробка часткової методики оцінювання надійності функціонування ПСПД, що може бути застосована при оцінюванні надійності функціонування сучасної АСУ авіації та ППО в цілому

Виклад основного матеріалу дослідження

Під надійністю ПСПД в дослідженні розуміється властивість підсистеми зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції у визначених режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування [5].

Відомо що, ПСПД АСУ авіації та ППО є багатофункціональною, оскільки здійснює обмін інформацією між багатьма територіально роз'єднаними КЗА. Вона має складну мережеву структуру. Зв'язок між окремими КЗА може здійснюватися за декількома можливим інформаційним напрямками, включаючи транзит по цілому ряду вузлів ПСПД.

Можливий варіант побудови ПСПД АСУ авіацією та ППО з інформаційними напрямками при трирівневій системі управління показано на рис 1. Для оцінювання ПСПД слід розглядати як граф, в якому вершинами є КЗА, а ребрами є

інформаційні напрямки між даними КЗА.

АСУ авіацією та протиповітряною обороною є надзвичайно складною територіально-розподіленою багатофункціональною системою, яка включає в себе багатоцільові комплекси засобів автоматизації (КЗА): “Ореанда-Центр”, “Ореанда-ЗРВ”, “Ореанда-Авіа”, “Ореанда-РТВ”, “Ореанда-РТВ-1”, Ореанда-Р і РЕБ” різних модифікацій, що пов’язані між собою ПСПД.

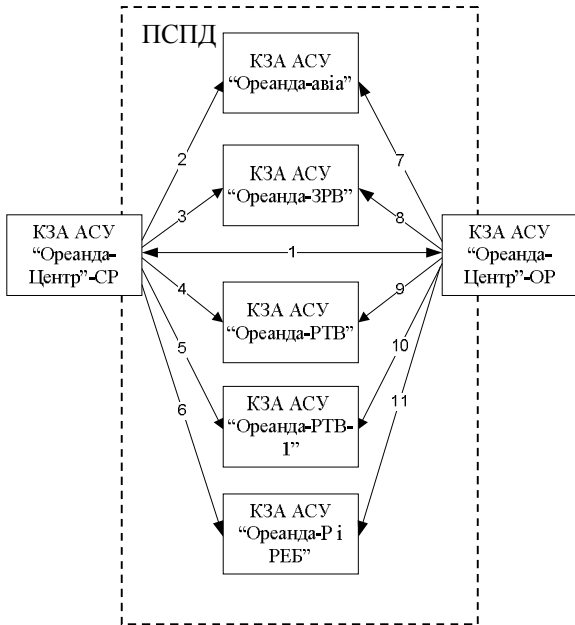


Рис. 1 Структурна схема можливого варіанта функціонування ПСПД АСУ авіацією та ППО при тривірневій системі управління.

Для оцінювання надійності ПСПД АСУ авіації та ППО в дослідженні використовується ймовірність відмови $Q_{\text{відм}}$. Оскільки відмова і безвідмовна робота є подіями неспільними і протилежними, то між їх ймовірностями справедливе таке співвідношення:

$$Q_{\text{відм}} = 1 - P_{\text{прац}}, \quad (1)$$

де: $P_{\text{прац}}$ – ймовірність безвідмовної роботи ПСПД.

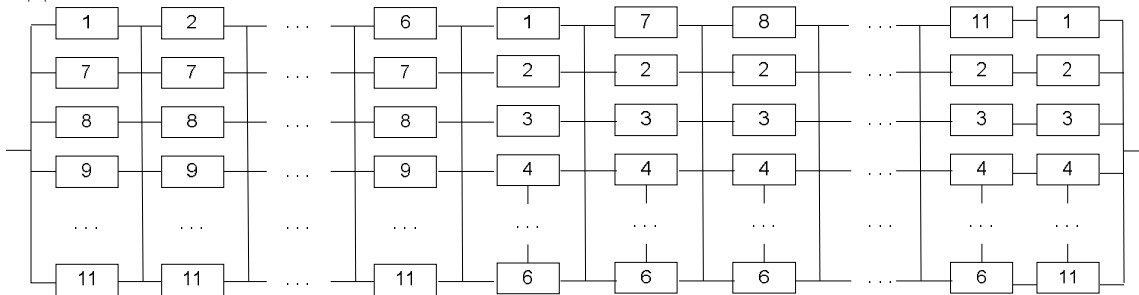


Рис. 3. Паралельно-послідовна, що побудована методом мінімальних перетинів

У схемах на рис. 2 та 3 однойменні елементи вважаються незалежними, хоча, фактично, це одні і ті ж елементи. Оцінка надійності, що отримана методом мінімальних шляхів, є оцінкою зверху, а отримана методом мінімальних перетинів – знизу. Для високонадійних інформаційних систем оцінка за мінімальними перетинами йде “в запас” і має

Для розрахунку надійності функціонування ПСПД АСУ авіації та ППО в будь-який момент часу застосовують теорію систем масового обслуговування, марковских процесів, теорію графів тощо. У зв’язку з цим моделлю надійності функціонування ПСПД настільки складна, що оцінити надійність можна тільки методом повного перебору можливих станів інформаційних напрямків. Такий підхід навіть для порівняно невеликих ПСПД є громіздким.

Тому під час оцінювання надійності ПСПД АСУ авіації та ППО пропонується використовувати метод мінімальних шляхів і мінімальних перетинів (метод Езар - Прошана) [6].

Суть методу полягає в тому, що система з довільною структурою приводиться до послідовно-паралельної схеми мінімальних шляхів або до паралельно-послідовної схеми мінімальних перетинів, для розрахунку за якими існують математичні залежності.

Мінімальний шлях – це безліч елементів, працездатний стан яких забезпечує роботу системи, причому ніяка підмножина цієї множини такою властивістю не володіє. Мінімальний перетин – це безліч елементів, відмова яких призводить до відмови системи, і ніяка підмножина цієї множини такою властивістю не володіє.

Послідовно-паралельна схема, що побудована методом мінімальних шляхів, і паралельно-послідовна, що побудована методом мінімальних перетинів наведені на рис. 2 та 3 відповідно до рис. 1.

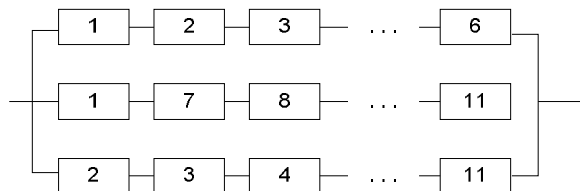


Рис. 2. Послідовно-паралельна схема, що побудована методом мінімальних шляхів

досить високу точність. Оцінка ж за мінімальними шляхами може давати сильно завищені значення ймовірності безвідмовної роботи.

Передбачається, що елементи мінімальних шляхів і мінімальних перетинів можуть перебувати в одному з двох станів – працездатності або відмови з відомими

ймовірностями. Об'єднання ідей методів мінімальних перетинів і розкладання залежностей в ряд дає можливість отримати метод декомпозиції за мінімальними перетинами, що дозволяє оцінювати надійність високонадійних відмовостійких систем з досить складною структурою [3].

Відмови мінімальних перетинів складних систем зазвичай мають ясний фізичний зміст, тому представлення ймовірності відмов системи у вигляді суми ймовірностей відмов окремих мінімальних перетинів відкриває широкі можливості для поглибленого аналізу та синтезу. Легко знаходити слабкі з точки зору надійності ланки систем, досліджувати вплив різних чинників і передбачуваних заходів, будувати оптимальні структури з урахуванням наслідків відмов різних пристроїв і витрат на забезпечення їх надійності.

Застосування методу мінімальних шляхів і мінімальних перетинів здійснюється для обраного показника надійності ПСПД, тобто ймовірності відмови ПСПД.

$$\left(1 - \prod_{i=1}^6 p_i\right) \left(1 - \prod_{j=7}^{11} p_j\right) \left(1 - \prod_{k=2}^{11} p_k\right) > Q_{\text{відм}} > 1 - \left(1 - q_1 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) \left(1 - q_2 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) \left(1 - q_3 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) \left(1 - q_4 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) \left(1 - q_5 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) * \\ \left(1 - q_6 \prod_{i=7}^{11} q_i\right) \left(1 - \prod_{m=7}^6 q_m\right) \left(1 - q_7 \prod_{n=2}^6 q_n\right) \left(1 - q_8 \prod_{n=2}^6 q_n\right) \left(1 - q_9 \prod_{n=2}^6 q_n\right) \left(1 - q_{10} \prod_{n=2}^6 q_n\right) \left(1 - q_{11} \prod_{n=2}^6 q_n\right) \left(1 - \prod_{s=1}^{11} q_s\right) \quad (3)$$

де: $p_{i,j,k} = (1 - q_{i,j,k})$ – ймовірність безвідмовної роботи i, j, k -го інформаційних напрямків;

$q_{l,m,n,s} = (1 - q_{l,m,n,s})$ – ймовірність відмови l, m, n, s -го інформаційного напрямку.

Формулу (2) можна використовувати для оцінювання надійності ПСПД як в стаціонарному режимі, інтерпретуючи ймовірності як коефіцієнти готовності елементів ПСПД (ймовірність того, що елементи підсистеми виявляться в працездатному стані в довільний момент часу), так і в нестационарному режимі, розглядаючи ймовірності безвідмовної роботи елементів ПСПД за заданий час роботи t (ймовірність того, що елементи підсистеми будуть працездатні протягом заданого часу роботи при заданих умовах експлуатації).

Для високонадійних мереж при $Q_{\text{відм}} \approx 0$ верхня межа для ймовірності відмови може розраховуватися за простою формулою, отриманою методом декомпозиції за мінімальними шляхами:

Література

1. Медведєв В., Кас'яненко М., Коренівська І., Підхід щодо оцінювання надійності функціонування автоматизованої системи управління „Ореанда-ПС”, Теоретичні основи створення і використання інформаційних технологій, *CIT*, 2018, 6 с.
2. Тескин О.И. Оценка надежности систем на этапе эксплуатационной отработки. М., 1981.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М., 1965.

В такому випадку верхнє і нижнє значення ймовірності відмови ПСПД $Q_{\text{відм}}$ можна отримати за допомогою виразу:

$$\prod_{j=1}^s \left[1 - \prod_{i \in I_j} (1 - q_i) \right] > Q_{\text{відм}} > 1 - \prod_{k=1}^r \left(1 - \prod_{i \in I_k} q_i \right) \quad (2)$$

де: q_i – ймовірність відмови i -го інформаційного напрямку;

r – кількість мінімальних шляхів;

I_k – множина індексів елементів, що входять в k -й мінімальний шлях;

s – кількість мінімальних перетинів;

I_j – безліч індексів елементів, що входять в j -й мінімальний перетин.

Для варіанту функціонування ПСПД АСУ авіації та ППО, що представлено на рис. 1, верхні і нижні значення ймовірності відмови ПСПД за виразом:

$$Q_{\text{відм}} \approx \prod_{j=1}^s \left[1 - \prod_{i \in I_j} p_i \right] \quad (4)$$

При розрахунку надійності ПСПД АСУ авіації та ППО, що представлена на рис.1, при припущенні, що ймовірності безвідмовної роботи всіх інформаційних напрямків зазначеної системи $p_i = 0,9$ ймовірність відмови $Q_{\text{відм}} \approx 0,125$.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Запропонований підхід на відміну від існуючих враховує територіальну розподіленість і ієрархічність системи, що дозволить більш повно оцінити надійність функціонування ПСПД АСУ авіацією та ППО.

Даний підхід можна покласти в основу розробки методики оцінювання стійкості функціонування АСУ авіації та ППО в цілому.

524 с. 4. Рожков Л.И. Средства передачи данных в АСУ. Киев, 1977. 184 с. 5. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. – К.: Держстандарт України, 1994.– 36 с. 6. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности : / пер. с англ. М., 1969. 448 с.

ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИИ И ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

Илона Сергеевна Корневская

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье предложен подход к оценке надежности функционирования подсистемы передачи данных автоматизированной системы управления авиацией и противовоздушной обороной, основанный на использовании метода минимальных путей и минимальных сечений.

Кроме того, рассмотрены математические методики оценки надежности информационных систем, которые могут быть использованы при оценке надежности подсистемы передачи данных автоматизированной системы управления авиацией и противовоздушной обороной. Приведены подход оценки надежности варианта структуры автоматизированной системы управления авиацией и противовоздушной обороной.

Ключевые слова: надежность; подсистема передачи данных метод минимальных путей и сечений.

THE APPROACH OF ASSESSING THE RELIABILITY OF TROOPS (FORCES) AUTOMATED CONTROL SYSTEMS DATA SUBSYSTEMS

Iлона Korenivska

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article deals with the approach of assessing the reliability of troops (forces) automated control systems data subsystems. It relies on using of minimum paths and minimum intersections method.

Moreover, techniques of information systems reliability estimation are considered. The techniques can be used to evaluate the reliability of the automated aviation and air defense control system data transmission subsystem. The proposed approach of reliability estimation of the aviation and air defense automated management system is considered

Key words: reliability; data subsystem; method of minimum paths and minimum intersections method.

References

- Osborne K.** (2018), Air Force Creates Armed Forces Management System in War [The National Interest]: <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/the-air-force-creation-system-manage-the-militarys-forces-24701>.
- Nisienko B.** Main directions of automation of control processes in the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. - М.: Collection of Scientific Papers of Kharkiv National University of the Air Force, 2017. - 19 sec.
- DSTU 3524-97.** Reliability of technology. Design assessment of the reliability of complex systems, taking into account hardware and software and operating personnel. Substantive provisions. - К.: State Standard of Ukraine, 1994. - 36 p.
- DSTU 2862-94.** Reliability of technology. Methods of calculating reliability indicators. General requirements. - К.: State Standard of Ukraine, 1994. - 36 p.
- Gryshko V., Mozharovsky P.** Assessing the reliability of a complex of technical means of complex information and control systems. - М.: Mathematical Machines and Systems, 2009. № 3- 194 p.
- Akimova G., Solovyov A.** Methodology for assessing the reliability of hierarchical information systems, М. Proceedings of ISA RAS, 2006 - 18 p.