

*А.Б. Фещенко, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ,
А.В. Загора, к.т.н., доцент, ст. викладач, НУЦЗУ*

ПРОГНОЗУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ОДИНОЧНОГО КОМПЛЕКТУ ЗАПАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АПАРАТУРИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ВИПАДОК ПОЖЕЖІ

(представлено д.т.н. Соболев О.М.)

Отримане вираз й проаналізовані результати розрахунків коефіцієнта забезпеченості одиночного комплекту запасних технічних засобів радіоелектронної апаратури оперативного диспетчерського зв'язку залежно від співвідношень середнього часу відновлення й середнього часу вимушеного простою до часу наробітки на відмову на випадок пожежі.

Ключові слова: радіоелектронна апаратура, оперативний диспетчерський зв'язок, комплект запасних технічних засобів, середній час відновлення, середній час вимушеного простою, час наробітки на відмову, пожежа.

Постановка проблеми. Надійність роботи радіоелектронної апаратури (РЕА) оперативного диспетчерського зв'язку (ОДЗ) і оповіщення визначається коефіцієнтом готовності, який залежить від інтенсивності відмов та відновлення елементів РЕА.

В режимі пікового навантаження при пожежі під впливом електричних перевантажень зростає інтенсивність відмов компонентів РЕА ОДЗ, що може приводити до тривалих затримок в роботі мережі електрозв'язку, що потребує негайного відновлення працездатності РЕА ОДЗ шляхом заміни елементів, які відмовили, витратами запасних елементів з одиночного комплекту (ОК) запасних технічних засобів (ЗТЗ). При цьому потрібно мати статистично обґрунтовану упевненість в наявності запасних елементів у складі ОК ЗТЗ.

Тому актуальною є проблема прогнозування забезпеченості ОК ЗТЗ РЕА ОДЗ запасними елементами у випадку пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1, 2] розглядається спосіб підтримки працездатності телекомунікаційних мереж за рахунок формування ОК ЗТЗ без накладення вимог до коефіцієнта забезпеченості запасними елементами.

У роботі [3, 4] розглянутий спосіб усунення відмови ОДЗ при перериванні зовнішнього електроживлення за рахунок переходу на резервне джерело живлення без застосування ОК ЗТЗ на випадок пожежі.

У роботах [5, 6] розглянутий вплив режиму електричного навантаження на показники надійності й коректування забезпеченості апаратури ОДЗ комплектом ЗТЗ при відновленні її після відмов при пожежі.

У роботі [7] розглянутий спосіб підвищення коефіцієнта оперативної готовності апаратури за рахунок застосування графоаналітичних методів для визначення оптимальної періодичності проведення профілактичних і регламентних робіт датчиків ослаблення наслідків пожежі без врахування показників достатності ОК ЗТЗ.

У роботі [8-10] представлені методика розрахунків необхідної кількості елементів ОК ЗТЗ для відновлення апаратури ОДЗ, яка не дозволяє оцінити коефіцієнт забезпеченості ОК ЗТЗ після відмов на випадок пожежі.

У роботах [11-13] розглянутий вплив режиму електричного навантаження на показники надійності РЕА ОДЗ ОК ЗТЗ при відновленні її після відмов на випадок пожежі; без оцінки показників забезпеченості ОК ЗТЗ запасними елементами. У роботах [14, 15] розроблена методика визначення необхідності коректування ОК ЗТЗ за результатами експлуатації РЕА ОДЗ на випадок пожежі; без оцінювання показників достатності.

Тому потребує розгляду, не розглянуте в попередніх роботах актуальне наукове питання з кількісної оцінки залежності коефіцієнта забезпеченості ОК ЗТЗ РЕА ОДЗ від показників безвідмовності і ремонтпридатності елементів РЕА ОДЗ на випадок пожежі;

Постановка завдання та його вирішення. Мета даної роботи полягає в розробленні статистичної моделі визначення показників достатності ОК ЗТЗ в залежності від показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА ОДЗ при експлуатації в режимі пікового навантаженні на випадок пожежі;

Для вирішення визначеної наукової задачі в роботі ставляться й вирішуються такі завдання дослідження:

– обґрунтування показників достатності при проектуванні ОК ЗТЗ, для РЕА ОДЗ с заданим коефіцієнтом готовності у піковому навантаженні на випадок пожежі;

– вибір статистичної моделі прогнозування показників достатності ОК ЗТЗ в залежності від показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА ОДЗ при піковому навантаженні на випадок пожежі;

– проведення оціночних розрахунків для виявлення впливу показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА ОДЗ на показники достатності ОК ЗТЗ;

– складення рекомендацій з формування ОК ЗТЗ і його відновлення після відмов РЕА ОДЗ при піковому навантаженні в умовах НС.

Показником достатності ОК ЗТЗ може бути середній час затримки T_{π} у виконанні заявки на запасний елемент; при можливому відсутності необхідного запасного елемента в ОК ЗТЗ.

Тоді критерій достатності ОК ЗТЗ, виражається в забезпеченні необхідного коефіцієнта готовності РЕА ОДЗ залежно від середнього часу простою $K_r(T_{\pi})$ за умови, що необхідний запасний елемент завжди є [16]

$$T_{\pi} \leq T_{\pi 0} = T_{p0} - T_{в0}, \quad (1)$$

де $T_{\pi 0}$ – припустимий час простою РЕА ОДЗ, при $K_r(T_{\pi 0}) = K_{r0}$, T_{p0} – середній час ремонту, що відмовив елемента РЕА ОДЗ, $T_{в0}$ – середній час заміни елемента, що відмовив, РЕА ОДЗ справним запасним.

Критерій достатності ОК ЗТЗ зводиться до оптимізації часу простою T_{π} (час поповнення) по заданому коефіцієнту готовності K_{r0} .

У випадку коли показником надійності пари «РЕА ОДЗ – ОК ЗТЗ»

обраний результуючий коефіцієнт готовності $K_r = K'_r \cdot K_3$, критерій достатності ОК ЗТЗ зводиться до вибору коефіцієнта забезпеченості K_3 не менш граничного значення K_{30} відповідно до нерівності [16]

$$K_3 \geq K_{30} = K_{r0}/K'_r, \quad (2)$$

де K_{r0} – необхідне значення коефіцієнта готовності РЕА ОДЗ при наявності ОК ЗТЗ; K'_r – коефіцієнт готовності (показник ремонтпридатності) апаратури при необмеженому ОК ЗТЗ.

Коефіцієнт забезпеченості K_3 є середня за часом імовірність того, що ОК ЗТХ не перебуває в стані відмови, під якою слід розуміти такий стан пари «РЕА ОДЗ – ОК ЗТЗ», при якому РЕА ОДЗ повністю або частково втратив працездатність через відмову одного зі складових його елементів, а ОК ЗТЗ не може надати потрібного запасного елемента, що приводить до простою РЕА ОДЗ протягом часу T_p .

Результуючий коефіцієнт готовності K_r РЕА ОДЗ визначається наступним виразом [9, 13]

$$K_r = K'_r \cdot K_3, \quad (3)$$

$K'_r = \frac{1}{(1 + \Lambda_e/\mu)}$ – коефіцієнт готовності (показник ремонтпридатності)

апаратури при необмеженому ОК ЗТЗ; $K_3 = \frac{1}{(1 + \frac{T_p \cdot \Lambda_e \cdot \mu}{\Lambda_e + \mu})}$ – коефіцієнт за-

безпеченості РЕА ОДЗ.

Відповідно до критерію достатності (2) і виразом для (3) перетворимо коефіцієнт забезпеченості $K_{об}$ ОК ЗТЗ РЕА ОДЗ запасними елементами до виду

$$K_3 = \frac{1}{(1 + \frac{T_p \cdot \Lambda_e}{(1 + \Lambda_e/\mu)})} = \frac{1}{(1 + \frac{T_p/T_{oe}}{(1 + T_b/T_{oe})})}, \quad (4)$$

де $\Lambda_e = \sum_{j=1}^N \lambda_{ej} = N \cdot \lambda'_6 \cdot K_p$ – експлуатаційна інтенсивність відмов РЕА ОДЗ, що враховує коефіцієнт електричного навантаження K_p і складність виконання з кількістю елементів РЕА ($N > 100$); $T_{oe} = 1/\Lambda_e$ – наробіток на відмову апаратури ОДС; $T_b = 1/\mu$ – середній час відновлення (заміни) елемента, що відмовив, апаратури ОДЗ елементом ОК ЗТЗ; μ – інтенсивність відновлення;

T_p – середній час вимушеного простою РЕА ОДЗ через відсутність в ОК ЗТЗ необхідних елементів (час поповнення).

Як впливає із (4) коефіцієнт забезпеченості ОК ЗТЗ РЕА ОДЗ за-

пасними елементами являє собою функцію

$$K_3 = f(T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}, T_{\text{в}}/T_{\text{оє}}), \quad (5)$$

де $T_{\text{в}}/T_{\text{оє}}$ – співвідношення середнього часу відновлення (заміни) $T_{\text{в}}$ елемента, що відмовив, ОДЗ ОДЗ елементом комплексу ЗТЗ до часу наробітку на відмову $T_{\text{оє}}$; $T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}$ – співвідношення середнього часу вимушеного простою апаратури ОДЗ через відсутність у ОК ЗТЗ необхідних елементів (часу поповнення) $T_{\text{п}}$ до часу наробітку на відмову $T_{\text{оє}}$.

Проаналізуємо залежність (5). В окремому випадку, коли, час поповнення комплексу ЗТЗ суттєво менше, чим наробіток на відмову апаратури ОДЗ $T_{\text{п}} \ll T_{\text{оє}}$ співвідношення $T_{\text{п}}/T_{\text{оє}} \approx 0$ значно мале, то коефіцієнт забезпеченості комплексу ЗТЗ прагне до одиниці $K_{\text{об}} \approx 1$.

У такий спосіб цілком очевидно, що в цьому ідеальному випадку зниження часу простою (часу поповнення) $T_{\text{п}}$ у порівнянні із часу наробітку на відмову $T_{\text{оє}}$ приводить до збільшення коефіцієнта забезпеченості ОК ЗТЗ РЕА ОДЗ.

При порівнянності величин $T_{\text{п}} \approx T_{\text{оє}}$ співвідношення $T_{\text{п}}/T_{\text{оє}} \approx 1$ можна прийняти за одиницю й оцінити вплив співвідношення середнього часу вимушеного простою РЕА ОДЗ до часу наробітку на відмову $T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}$ на коефіцієнт забезпеченості ОК ЗТЗ K_3 відповідно до виразу

$$K_3 = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{(1 + T_{\text{в}}/T_{\text{оє}})}\right)} = \begin{cases} 0,5, \text{ при } T_{\text{в}} \ll T_{\text{оє}} \\ 0,67, \text{ при } T_{\text{в}} \approx T_{\text{оє}} \\ 1, \text{ при } T_{\text{в}} \gg T_{\text{оє}} \end{cases}. \quad (6)$$

З виразу (6) випливає, що коефіцієнт забезпеченості ОК ЗТЗ $K_{\text{об}}$ при збільшенні середнього часу відновлення (заміни) елемента РЕА ОДЗ, що відмовив, елементом ОК ЗТЗ до часу наробітку на $T_{\text{в}}/T_{\text{оє}}$ відмову має тенденцію до збільшення від 0,5 до 1. Це обумовлене меншою витратою елементів ОК ЗТЗ при збільшенні середньої тривалості ремонту $T_{\text{в}}$ у порівнянні з наробітком на відмову $T_{\text{оє}}$, однак, у цьому випадку суттєво знижується результуючий коефіцієнт готовності РЕА ОДЗ (3).

Проведемо розрахунки коефіцієнту забезпеченості ОК ЗТЗ $K_3 = f(T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}, T_{\text{в}}/T_{\text{оє}})$ при різних значеннях співвідношень $T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}$ і $T_{\text{в}}/T_{\text{оє}}$, де вихідні дані й результати розрахунків зведені в табл. 1

Табл. 1. Коефіцієнта забезпеченості $K_3 = f(T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}, T_{\text{в}}/T_{\text{оє}})$ ОК ЗТЗ

$T_{\text{п}}/T_{\text{о}}$	$T_{\text{в}}/T_{\text{о}}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,01	K_{31}	0,99	0,991	0,991	0,991	0,992	0,992	0,992	0,993	0,993	0,993	0,993
0,1	K_{32}	0,91	0,913	0,917	0,92	0,923	0,926	0,929	0,931	0,933	0,935	0,941
0,2	K_{33}	0,833	0,840	0,846	0,852	0,857	0,862	0,867	0,871	0,875	0,879	0,882

За результатами розрахунків табл. 1 для наочності побудуємо графіки функції $K_3 = f(T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}, T_{\text{в}}/T_{\text{оє}})$, поміщені на рис. 1.

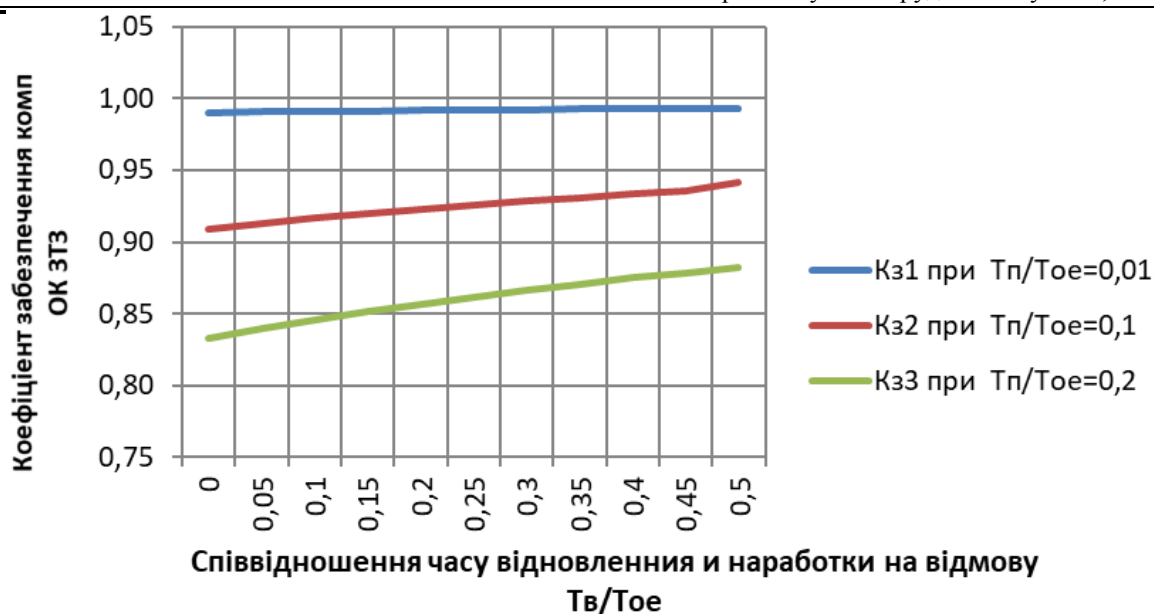


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнта забезпеченості ОК ЗТЗ $K_3 = f(T_{\text{п}}/T_{\text{оє}}, T_{\text{в}}/T_{\text{оє}})$

Висновки. В роботі обгрунтований вибір у якості показника достатності – коефіцієнта забезпеченості ОК ЗТС РЕА ОДЗ.

Отримана статистична модель для прогнозування коефіцієнта забезпеченості ОК ЗТЗ в залежності від показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА ОДЗ.

За результатами оціночних розрахунків встановлене, що коефіцієнт забезпеченості ОК ЗТЗ збільшується зі зменшенням співвідношення середнього часу вимушеного простою РЕА ОДЗ через відсутність у ОК ЗТС необхідних елементів (часу поповнення) $T_{\text{п}}$ до часу наробітки на відмову $T_{\text{оє}}$, а так само незначно росте при збільшенні співвідношення середнього часу відновлення (заміни) $T_{\text{в}}$ елемента РЕА ОДЗ, що відмовив, елементом комплексу ЗТС до часу наробітки на відмову $T_{\text{оє}}$.

Для забезпечення відновлення РЕА ОДЗ після відмов доцільно при формуванні ОК ЗТЗ прогнозувати значення коефіцієнта забезпеченості і застосовувати організаційно – технічні заходи щодо зниження часу простою й відновлення в порівнянні з експлуатаційною інтенсивністю відмов елементів РЕА ОДЗ у піковому навантаженні в на випадок пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.К. Леваков Задачи формирования комплекта резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / А.К. Леваков // Электросвязь – наука. – М.: «Электросвязь», 2013. – №12. – С. 38 – 40 Режим доступа:<http://openarchive.nure.ua/handle/document/547?locale=ru>.

2. M.Racanelli, P.Kempf. SiGe BiCMOS Technology for Communication Products // Jazz Semiconductors, June, 2009, 320 p.

3. G. Vita, F. Bellatalla, G. Iannaccone Ultra-low power PSK

backscatter modulaor for UHF and microwave RFID transponders. *Microelectronics*, 2011, pp. 325-350

4. Загора А.В. Методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 23 – 29. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1363>.

5. M.Racanelli, P.Kempf. SiGe BiCMOS Technology for Communication Products // *Jazz Semiconductors*, May, 2008, 320 p.

6. Shurhoveckij A.N. *Inzenemyj vestnik Dona (Rus)*, 2010, №4, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292.

7. Абрамов Ю.А. Выбор метода определения проведения регламентных работ датчиков систем ослабления последствий чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]/ Е.Е. Кальченко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 3–6. Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Abramov.pdf>.

8. Загора А.В. Методика расчета количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №22. – С. 23 – 37. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1352>.

9. Фещенко А.Б. Взаимосвязь коэффициента готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи с достаточностью комплекта запасных технических средств при восстановлении после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора, Е.Е., Селеенко, Д.Л. Соколов // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – №23. – С. 20 – 26. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1349>.

10. G. Vita, F. Bellatalla, G. Iannaccone Ultra-low power PSK backscatter modulaor for UHF and microwave RFID transponders / – *Microelectronics*, 2011, pp. 325-350.

11. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на показатели надежности оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – №24. – С. 62 – 67. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1350>.

12. Фещенко А. Б., Загора А. В., Селеенко Е. Е. Влияние режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппаратуры оперативной диспетчерской связи комплектом запасных технических средств при восстановлении её после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – №25. – С. 138-143. –

Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1385>.

13. Фещенко А.Б. Зависимость коэффициента оперативной готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи от показателей безотказности и ремонтпригодности в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – №26. – С. 175 – 180. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5913>.

14. Фещенко А.Б. Методика визначення необхідності коректування комплекту запасних технічних засобів апаратури оперативного диспетчерського зв'язку по інтенсивності відмов за результатами експлуатації в умовах надзвичайної ситуації. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – №27.– С. 146-153. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6899>.

15. Omel'janchuk E.V., Tihomirov A.V., Krivosheev A.V. Inzeneryj vestnik Dona (Rus), 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1742.

16. Надежность технических систем: Справочник / Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. Болотин и др.; Под ред. И. А. Ушакова. – М.: Радио связь, 1985. – 608 с.

Отримано редколегією 26.09.2018

А.Б. Фещенко, А.В. Загора

Прогнозирование коэффициента обеспеченности одиночного комплекта запасных технических средств аппаратуры оперативной диспетчерской связи на случай пожара

Получено выражение и проанализированы результаты расчета коэффициента обеспеченности одиночного комплекта запасных технических средств радиоэлектронной аппаратуры оперативной диспетчерской связи в зависимости от соотношений среднего времени восстановления и среднего времени вынужденного простоя к времени наработки на отказ и случай пожара.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, оперативная диспетчерская связь, комплект запасных технических средств, среднее время восстановления, среднее время вынужденного простоя, время наработки на отказ, пожар.

A. Feshchenko, A. Zakora

Prediction of the coefficient of security of a single set of spare technical equipment of the equipment of operational dispatch communication in case of fire

The expression is obtained and the results of the calculation of the coefficient of security of a single set of spare technical means of electronic equipment of operational dispatch communication are analyzed depending on the ratio of the average recovery time and the average downtime to the time between failures in case of fire.

Keywords: electronic equipment, operational dispatch communication, a set of spare hardware, average recovery time, average downtime, time between failures, fire.