

*В.О. Собина, к.т.н., нач. кафедри, НУЦЗУ,  
Л.В. Борисова, к.ю.н., доцент, НУЦЗУ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ В ПІДРОЗДІЛАХ ОРС ЦЗ**

(представлено д.т.н. Ключкою Ю.П.)

Запропоновано метод визначення терміну служби засобів зв'язку в підрозділах ОРС ЦЗ, що заснований на використанні статистичного методу, який є необхідним для обґрунтування доцільності проведення ремонту технічних засобів зв'язку, що відпрацювали певний період часу.

**Ключові слова:** число відмов, термін служби, ремонт засобів зв'язку, економічні показники.

**Постановка проблеми.** При ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) в деяких випадках відбувається відмова в роботі засобів зв'язку, що призводить до несвоєчасного надходження інформації до органу управління чи служб взаємодії, а це впливає на швидкість та якість проведення розвідки зони НС, організацію рятувальних робіт, висилку додаткових сил та засобів і взагалі на стійкий процес управління. Всі ці несвоєчасні дії приводять до поширення зони НС та людських і матеріальних втрат [1].

Основною проблемою відмов засобів зв'язку є закінчення їх установленого строку служби (придатності), який в свою чергу не визначається, тобто апаратура яка вичерпала свій ресурс і не підлягає ремонту потрапляє та знаходиться на оперативному чергуванні в підрозділах ОРС ЦЗ.

Таким чином, має місце проблемна ситуація, що полягає в необхідності розроблення прикладних положень з питань визначення доцільності подальшої експлуатації й ремонтів засобів зв'язку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що ефективність діяльності підрозділів оперативно-рятувальної служби (ОРС) безпосередньо залежить від ефективності застосовуваних систем радіозв'язку, до яких висуваються специфічні вимоги, найважливішими з яких є надійність, оперативність [2]. Стійкість функціонування засобів зв'язку показує, що усунення пошкоджень забезпечує продовження ресурсу засобів зв'язку шляхом виправлення несправностей і відмов, що виникли внаслідок зносу або раптового виходу з ладу окремих деталей, вузлів і приладів [3, 4]. Для оцінки надійності засобів зв'язку організовуються її експлуатаційні випробування, у процесі яких проводяться збирання і аналіз інформації про вихід з ладу та

пошкодження. [5,6]. Залежно від ступеня спрацювання і старіння, характеру несправності, складності та обсягу робіт, необхідних для відновлення робочого стану засобів зв'язку та усунення пошкоджень буде залежати правильне прийняття рішення про стан техніки зв'язку та управління.

**Постановка завдання та його вирішення.** Для вирішення основного завдання – забезпечення заданої готовності засобів зв'язку, необхідно зіставити термін служби засобів зв'язку і експлуатаційних витрат при підтримці належного рівня їхньої готовності.

Термін служби – це сумарний наробіток апаратури від початку її роботи до її припинення в результаті зношування або старіння.

При розрахунках терміну служби засобів зв'язку по фізичному й моральному зношуванню спочатку необхідно визначити вартість щорічних ремонтів даного виду апаратури у зв'язку з технічним ресурсом її елементів, потім вартість відтворення з урахуванням знецінювання під впливом технічного процесу. Зіставивши ці величини, можна визначити оптимальне значення терміну служби (довговічності) використовуючи співвідношення

$$E_p \geq E_{в.з}, \quad (1)$$

де  $E_p$  – вартість ремонту;  $E_{в.з}$  – вартість відновлення засобів зв'язку.

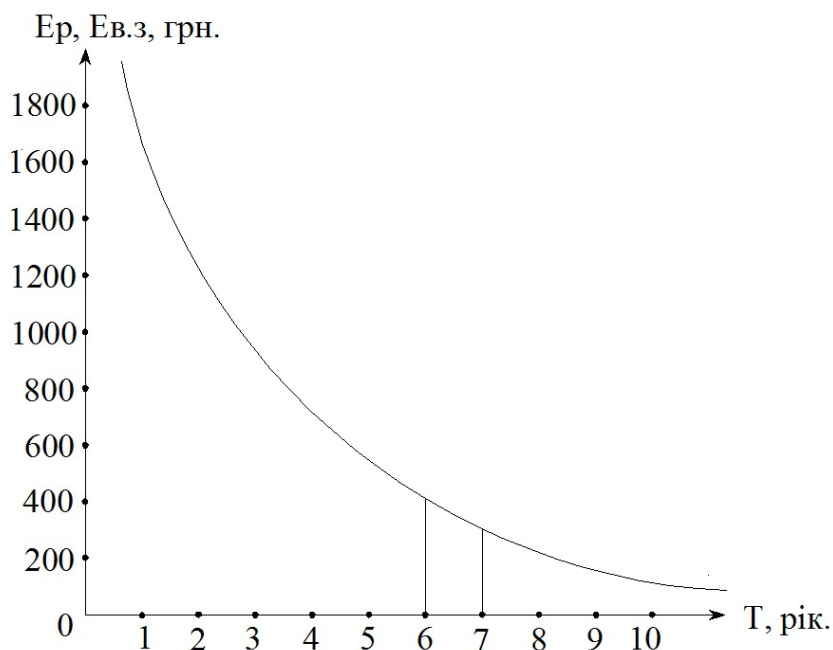
Оптимальний термін служби засобів зв'язку знаходиться як точка перетинання кривих  $E_p = f_1(T)$  і  $E_{в.з} = f_2(T)$ . Збільшувати  $T_{т.с}$ , виходячи за межі цієї точки недоцільно, тому що витрати на ремонт будуть перевищувати витрати на виготовлення нової апаратури. Вихідні дані для визначення терміну служби наводять в довідниках. Коефіцієнти, що враховують втрати часу на ремонт апаратури вибираються в межах 2-5%.

Спочатку доцільно визначити річний дійсний фонд часу роботи апаратури  $\tau_d$  за формулою

$$\tau_d = T_p P_{\text{час}} S \left(1 - \frac{K_{\text{рем}}}{100\%}\right), \quad (2)$$

де  $T_p$  – кількість робочих днів у році;  $P_{\text{час}}$  – кількість часу в зміні (тривалість зміни 8 годин);  $S$  – кількість змін (3 зміни);  $K_{\text{рем}}$  – коефіцієнт, що враховує втрати на ремонт апаратури, вибирається в межах 2-5 %.

У кожному  $i$ -му році експлуатації апаратури будуть замінені елементи з технічними ресурсами меншими або рівними  $i \cdot \tau_d$ , де  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  років.



**Рис. 1. Оптимальний термін служби**

Вартість технічного обслуговування засобів зв'язку визначається його складністю й протягом експлуатації змінюється. Вартість експлуатації визначається виразом

$$E_e = E_{e1} + E_{\text{відм}} n = E_{e1} + E_{e2}, \quad (3)$$

де  $E_e$  – вартість експлуатації;  $E_{e1}$  – вартість експлуатації засобів зв'язку та управління без обрахунку числа відмов;  $E_{e2}$  – вартість усунення  $n$  відмов;  $E_{\text{відм}}$  – вартість усунення однієї відмови;  $n$  – число відмов.

Вартість обслуговування засобів зв'язку визначається безвідмовністю і ремонтпридатністю, що позначається на коефіцієнті готовності засобів зв'язку.

Високий коефіцієнт готовності досягається за рахунок удосконалення конструкцій, а це зменшує вартість експлуатації апаратури. Високий коефіцієнт готовності засобів зв'язку дає можливість скоротити збиток, що наносяться надзвичайними ситуаціями, за рахунок підвищення оперативності керування підрозділами аварійно – рятувальними підрозділами. Ці положення визначаються формулою

$$E_{зб} = E_{зб.с} (n_1 T_{в1} - n_2 T_{в2}), \quad (4)$$

де  $E_{зб}$  – вартість збитку через простій апаратури;  $E_{зб.с}$  – середнє значення вартості збитку від НС, що припадає на одиницю часу непрацездатного стану засобів зв'язку;  $n_1, n_2$  – число відмов для першого

й другого коефіцієнтів готовності ( $K_{r1}, K_{r2}$ ) відповідно;  $T_{в1}, T_{в2}$  – час відновлення для першого й другого коефіцієнтів готовності відповідно.

Підвищення  $K_r$  призводить до зниження вартості поточного ремонту

$$E_{п.р} = E_{відм.с} (n_1 - n_2), \quad (5)$$

де  $E_{п.р}$  – поточний ремонт;  $E_{відм.с}$  – середня вартість усунення однієї відмови.

Просумувавши витрати на придбання засобів зв'язку  $E_{п.р}$ , вартість збитків від НС  $E_{зб}$ , вартість поточного ремонту  $E_{п.р}$ , отримаємо загальну економію засобів за рахунок підвищення коефіцієнта готовності

$$\begin{aligned} E &= E_{пр1} + E_{зб} + E_{п.р} = \\ &= \frac{\Delta K_r}{K_{r2}} E_{пр1} + E_{зб} (\lambda_1 T_{в1} - \lambda_2 T_{в2}) + E_{відм.с} t (\lambda_1 - \lambda_2), \end{aligned} \quad (6)$$

де  $E$  – економія;  $E_{пр1}$  – вартість одного екземпляра апаратури;  $\Delta K_r$  – збільшення коефіцієнта готовності  $K_{r1}$ ;  $K_{r2}$  – другий коефіцієнт готовності;  $\lambda_1, \lambda_2$  – інтенсивності відмов, відповідно до коефіцієнтів готовності;  $t$  – розглянутий відрізок часу (місяць, рік).

На практиці витрати на підвищення  $K_r$  будуть меншими або дорівнюватимуть економії, що отримана в результаті його підвищення.

При експлуатації засобів зв'язку важливим є обґрунтування доцільності проведення ремонту засобів зв'язку, що відпрацювали певний період часу.

Одним з параметрів, що характеризують доцільність подальшої експлуатації й ремонтів, є коефіцієнт вартості чергового ремонту. Якщо вартість чергового ремонту лежить у межах середньої вартості ремонту при постійній надійності, то проведення ремонту й подальша експлуатація доцільні. При закінченні терміну служби даного виробу його можна продовжувати експлуатувати, якщо вартість чергового ремонту знаходиться в припустимих межах середньої вартості ремонту, а інтенсивність відмов зростає не більш ніж в 1,25 рази.

Коефіцієнт вартості чергового ремонту визначається як

$$K_{ч.р} = \frac{E_{с.в.р} T_{т.с}}{E_{\sigma} \Delta T_{т.с}}, \quad (7)$$

де  $E_{с.в.р}$  – середня вартість ремонту засобів зв'язку;  $T_{т.с}$  – термін служби засобів зв'язку;  $E_с$  – початкова балансова вартість засобів зв'язку;  $\Delta T_{т.с}$  – залишок терміну служби засобів зв'язку до моменту чергового ремонту.

При певних значеннях оптимального терміну служби засобів зв'язку  $T_{т.с.опт}$ , їх вартості з урахуванням зношування  $S(T_{т.с})$ , вартості профілактичних робіт  $E_{проф.р}$  і вартості поточного ремонту  $E_{п.р}$  можна визначити питомі витрати  $E_{п.в}$  на одиницю наробітку

$$E_{п.в} = \frac{S(T_{т.с}) + E_{п.р} + E_{п.в}}{T_{папр}}. \quad (8)$$

Якщо один з декількох показників виходять за межі допустимих інтервалів, робиться оцінка збільшення фактичних питомих наведених витрат  $E_{п.ф}$  порівнянні з питомими витратами, обумовленими виходячи з оптимального терміну служби апаратури  $E_{п.опт}$

$$\Delta E_{п.в} = E_{п.ф} - E_{п.опт}. \quad (9)$$

Якщо додаткові витрати  $\Delta E_{п.в}$  на обслуговування й ремонт у процесі експлуатації стають рівними або перевищують питому вартість засобів зв'язку на одиницю часу його роботи, цей виріб експлуатувати недоцільно.

Нехай на момент чергового ремонту  $T_t$ , вартість якого дорівнює  $E_p$  та відрізняється від початкової вартості. Доцільність проведення ремонту виробу або заміни його новим визначається питомими витратами при наробітку часу  $T_t$ , меншого терміну служби апаратури, тобто  $T_t < T_c$  без обліку постійних витрат можна визначити як середнє арифметичне двох питомих витрат за час  $T_t$  і  $T_c - T_t$

$$\frac{\frac{S}{T_t} T_t + \frac{S}{T_{т.с}} (T_{т.с} - T_t)}{T_{т.с}} = \frac{S(2T_{т.с} - T_t)}{T_{т.с}^2}, \quad (10)$$

де  $T_{т.с}$  – термін служби апаратури;  $S$  – балансова вартість.

Питомі витрати при проведенні ремонту вартістю  $E_p = E_{с.в.р} + \Delta E_p$  і подальшої експлуатації протягом  $T_{т.с}$  визначаються за формулою

$$E_{п.Т_i} = \frac{S + \Delta E_p}{T_{т.с}}. \quad (11)$$

Збільшення питомих витрат при проведенні ремонту в порівнянні із заміною виробу на нове визначається за формулою

$$\Delta E_{п.в} = T_{т.с} - E_{п.т_i} = \frac{S}{T_{т.с}} \left( \frac{E_p}{S} + \frac{T_t}{T_{т.с}} - 1 \right). \quad (12)$$

Доцільність ремонту виправдовується, коли  $\Delta E_{п.в} = 0$

Отже,

$$\frac{E_p}{S} + \frac{T_t}{T_{т.с}} = 1. \quad (13)$$

У складі системи зв'язку створюється і функціонує система технічного забезпечення зв'язку та автоматизованого управління, в задачу якої входить утримання, заповнення резерву засобів зв'язку за рахунок створювання підсистем постачання [2] і відновлення, а також підтримання працездатності задіяних в системі зв'язку засобів зв'язку.

**Висновки.** На практиці доцільно засоби зв'язку замінити новими раніше, чим настане момент, коли витрати на обслуговування й ремонти в процесі експлуатації будуть дорівнювати питомій вартості виробів на одиницю часу їх роботи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Борисова Л.В. Обґрунтування періодичності і об'єму налаштування засобів зв'язку на місці ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій / Л.В. Борисова, К.М. Карпець // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ. – 2017. – № 26. – С. 17-23. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol26/borisova.pdf>.

2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Держстандарт України. – Київ, 1995. – 36 с.

3. Бурляй І.В. Розробка вимог до систем радіозв'язку нового покоління ОРС // Матеріали VII Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і перспективи». – К.: УкрНДІПБ МНС України, 2005. – С. 173-176.

4. Трибунский Д.С., Тимченко С.В. Алгоритм вычисления среднего времени восстановления связи / Вычислительные и сетевые ресурсы. – 2010. – №1. – С.10-14.

5. Стрельников В.П. Оценка ресурса изделий электронной техники / В.П. Стрельников./ Математические машины и системы. – К.: НАНУ. – №2. – 2004.

6. Собина В.О. Питання щодо контролю технічного стану засобів зв'язку під час оперативного управління рятувальними підрозділами на

місці ліквідації наслідків НС / В.О. Собина, Л.В. Борисова // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ. – 2017. – № 25. – С. 106-111. – Режим доступу: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol25/sobina\\_borisova.pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol25/sobina_borisova.pdf).

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

8. Zykov V.I., Komandirov A.V., Mosjagin A.B, Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i svjaz' [Automated control systems and communication]: uchebnik / Pod red. V.I.Zykova. M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2006. pp. 632-655.

9. Omel'janchuk E.V., Tihomirov A.V., Krivosheev A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1742](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1742).

10. G. Vita, F. Bellatalla, G. Iannaccone Ultra-low power PSK backscatter modulaor for UHF and microwave RFID transponders. Microelectronics, 2001, pp. 325-350.

11. Shurhoveckij A.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №4, URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/292).

12. Haiyu Qi, Sanka Ganesan, I. Michael. No-fault-found and intermittent failures in electronic products. – Microelectronics Reliability 48 (2008) pp. 663-674.

*Отримано редколегією 10.03.2018*

В.А. Собина, Л.В. Борисова

#### **Определение срока службы и целесообразности проведения ремонта средств связи в подразделениях ОСС ГЗ**

Предложен метод определения срока службы средств связи в подразделениях оперативно – спасательной службы гражданской защиты, основанный на использовании статистического метода, который является необходимым для обоснования целесообразности проведения ремонта технических средств связи, которые отработали определенный период времени.

**Ключевые слова:** число отказов, термин службы, ремонт средств связи, экономические показатели.

V.A. Sobina, L.V. Borisova

#### **Determination of the service life and expediency of repairs of communication equipment in rescue units**

A method is proposed for substantiating the economic indicators of technical maintenance of communications equipment in units of the operational rescue service of civil protection based on the use of statistical material and is determined by reliability and maintainability, which affects the availability of means of communication and control, which makes it possible to reduce damage caused by emergencies and is necessary for rationale for the feasibility of repairing the technical means of communication that have been certain period of time.

**Keywords:** number of failures, the term services, repair of communication equipment, economic indicators.