

*Л.В. Борисова, к.ю.н., доцент, НУЦЗУ,  
К.М. Карпець, к.геогр.н., доцент, провідн. наук. співр., НУЦЗУ*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ І ОБ'ЄМУ НАЛАШТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ НА МІСЦІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

(представлено д.т.н. Ключкою Ю.П.)

У статті розглянуті пропозиції щодо періодичності і об'єму профілактики засобів зв'язку і ступеню їх впливу на результуючі показники роботи органів управління гарнізону ДСНС.

**Ключові слова:** експлуатаційні властивості апаратури, циклічні дії, безвідмовна робота апаратури, регламентні роботи.

**Постановка проблеми.** При ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) в деяких випадках відбувається збій 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.

Основною проблемою відмов засобів зв'язку є не належний контроль параметрів апаратури в процесі експлуатації та не своєчасне проведення профілактичних і регламентних робіт, тобто не виконується підтримка апаратури в працездатному стані із заданим рівнем надійності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** підтвердив, що системи радіозв'язку є одними з найголовніших засобів, що забезпечують оперативне управління рятувальними підрозділами та дозволяють координувати дії зі службами взаємодії при виникненні та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [1]. Суттєвий вплив на надійність засобів радіозв'язку мають об'єктивні фактори: час експлуатації, електричні режими, різкі коливання температура оточуючого середовища, вологість, тиск, сонячна радіація під час експлуатації в польових умовах, механічні навантаження.

Наявність багатого теоретичного і експериментального матеріалу щодо періодичності і об'єму профілактичних робіт засобів зв'язку підтвердив що питання визначення періоду проведення регламентних робіт датчиків систем ослаблення наслідків НС висвітленні в роботі [2]. У роботі [3] зроблена оцінка ресурсу виробів електронної техніки. Статистичній теорії радіотехнічних систем дистанційного зондування і радіолокації присвячена робота [4]. Питання щодо контролю технічного стану за-

собів зв'язку під час оперативного управління рятувальними підрозділами на місці ліквідації наслідків НС вивчені в роботі [5]. ДСТУ 3433-96 визначає основні положення надійності техніки і моделей відмов.

При скороченні між регламентного періоду підвищується надійність апаратури за рахунок своєчасного проведення контролью-регулювальних робіт, проте збільшується загальний обсяг профілактики і знижується коефіцієнт готовності, так як контрольована апаратура простоє при виконанні перевірок.

**Постановка завдання та його вирішення.** Враховуючи вищевикладене метою роботи є визначення оптимального періоду проведення регламентних профілактичних робіт, що забезпечує краще співвідношення між надійністю апаратури і обсягом профілактики.

Основним критерієм, який характеризує експлуатаційні властивості апаратури циклічної дії, що функціонує з деякою перервою між включеннями під номінальне струмове навантаження, такої, як мобільні й портативні радіостанції, використовувані для оперативного зв'язку при ліквідації наслідків НС, є ймовірність безвідмовної роботи за деякий календарний час  $t$

$$P(t) = N_1(t) / N,$$

де  $N$  – загальне число справних приладів на початку експлуатації;  $N_1(t)$  – число приладів, у яких не виникло жодної несправності за час  $t$ .

Сумарний час роботи апаратури в зазначеному режимі складається із трьох складових

$$t = t_{xp} + t_p + t_{в.н},$$

де  $t_{xp}$  – час зберігання апаратури (неробочий стан);  $t_p$  – час роботи під струмом при регламентних роботах;  $t_{в.н}$  – час роботи апаратури під струмом при використанні за призначенням.

Очевидно, інтенсивність відмов у неробочому стані значно нижче, чим при роботі під струмом. Допускаючи, що потоки відмов апаратури циклічної дії у всіх режимах є найпростішими, ймовірність безвідмовної роботи визначається з формули

$$P(t) = P_{xp}(t_{xp})P_p(t_p)P_{в.н}(t_{в.н}), \quad (1)$$

де  $P_{xp}(t_{xp}) = e^{-\lambda_{xp}t_{xp}}$  – ймовірність безвідмовного зберігання апаратури за час  $t_{xp}$ ;  $P_p(t_p) = e^{-\lambda_p t_p}$  – ймовірність безвідмовної роботи апаратури під струмом у стаціонарних умовах (при підготовці до використання за при-

значенням);  $P_{в.н}(t_{в.н}) = e^{-\lambda_{в.н}t_{в.н}}$  – імовірність безвідмовної роботи апаратури при використанні за призначенням.

Перетворюючи останню формулу з урахуванням коефіцієнта перерахунку інтенсивності відмов  $K_{xp}$  апаратури від режиму роботи під струмом (підготовки) до режиму зберігання

$$K_{xp} = \frac{\lambda_{xp}}{\lambda_p}$$

і коефіцієнта перерахунку інтенсивності відмов  $K_{в.н}$  апаратури від режиму підготовки до режиму використання по призначенню

$$K_{в.н} = \frac{\lambda_{в.н}}{\lambda_p}$$

одержимо формулу для розрахунків надійності апаратури в різних режимах

$$P(t) = \exp[-\lambda_p(K_x t_x + t_p + K_{в.н} t_{в.н})] = e^{-\lambda_p t_{p,e}}, \quad (2)$$

де  $t_{p,e}$  – еквівалентний час роботи апаратури під струмом у стаціонарних умовах, що обчислюється за формулою

$$t_{p,e} = t_p + K_{xp} t_{xp} = K_{в.н} t_{в.н},$$

де  $K_{xp} t_{xp} = t_{p,xp}$  – час зберігання, перелічений до появи відмов під час роботи під струмом у стаціонарних умовах;  $K_{в.н} t_{в.н} = t_{p,в.н}$  – час використання апаратури по цільовому призначенню, перелічений під час роботи під струмом у стаціонарних умовах.

Періодичність профілактичних робіт засобів зв'язку повинна виходити з умови

$$P(t) \geq P_{доп}, \quad (3)$$

де

$$P_{доп} = P_{доп_1} P_{в.н}(t_{в.н}), \quad (4)$$

$P_{доп_1}$  – мінімально припустима ймовірність безвідмовної роботи засобів зв'язку до моменту використання за призначенням;  $P_{в.н}(t_{в.н})$  – імовір-

ність безвідмовної роботи засобів зв'язку в режимі використання за призначенням за умови, що до моменту використання вони є справними, а протягом часу  $t_{в.н}$  профілактика не проводилася.

Підставивши вираження (1) і (4) в умову (3), одержимо

$$P_{xp}(t_{xp})P_p(t_p) \geq P_{доп_i} \quad (5)$$

Рівень надійності засобів зв'язку підвищується при зменшенні періоду виконання профілактичних робіт. Відповідно зростатиме сумарний обсяг цих робіт за певний час (наприклад, рік), тому слід враховувати максимальне значення періоду  $T_{p,max}$ , яке відповідає рівнянню (5). При підстановці в цю формулу  $P_{xp}$  і  $P_p$  маємо

$$P_{доп_i} = e^{-\lambda_p t_p} e^{-\lambda_{xp} t_{xp}} = e^{-\lambda_p T_{p,e,max}}$$

Звідкіля

$$T_{p,e,max} = \frac{\ln P_{доп_i}}{\lambda_p},$$

де  $T_{p,e,max}$  – максимальний еквівалентний період проведення регламентних робіт, приведений до режиму роботи засобів зв'язку під струмом у стаціонарних умовах (при підготовці до використання за призначенням).

При експлуатації засобів зв'язку можна визначити час роботи під струмом  $i$ , відповідно, знайти припустимий максимальний час зберігання  $t_{xp}$ , при якому забезпечується виконання умови (5)

$$t_{xp} = \frac{T_{p,e,max} - t_p}{K_{xp}}$$

Максимальний період виконання регламентних робіт визначається як сума часу зберігання й роботи засобів зв'язку під струмом

$$T_{p,max} = t_p + \frac{T_{p,e,max} - t_p}{K_{xp}}$$

або

$$T_{p,max} = t_p + \frac{T_o \ln P_{доп_i} + t_p}{K_{xp}} \quad (6)$$

де  $T_o = \frac{1}{\lambda}$  – напрацювання апаратури на відмову.

За виразом (6) можна розрахувати максимальний період виконання регламентних робіт засобів зв'язку разової або циклічної дії, при якому підтримується їхня надійність до моменту використання за призначенням у межах

$$P_{\text{доп}_i} \leq P_{\text{xp}}(t_{\text{xp}})P_{\text{p}}(t_{\text{p}}) \leq 1.$$

За критерій оцінки експлуатаційних показників засобів зв'язку приймається коефіцієнт простою  $K_{\text{п}}$ , що характеризує відносний середній час знаходження апаратури в несправному стані. Тоді оптимальним періодом виконання регламентних робіт буде такий, при якому забезпечується мінімальний коефіцієнт простою. Допускаючи, що потік відмов засобів зв'язку є найпростішим (при періодичному виявленні несправностей), знаходимо середній сумарний час несправного стану засобів зв'язку

$$t_{\text{n}\Sigma} = T_{\text{cp}}(t) + t_{\text{в}\Sigma} + t_{\text{несп}\Sigma},$$

де  $T_{\text{cp}}(t) = N_{\text{пр}}(t)T_{\text{пр}}$  – тривалість профілактики;  $t_{\text{в}\Sigma} = nT_{\text{в}}$  – сумарний час відновлення апаратури за календарний час  $t$ ;  $n$  – сумарне число відмов, що виникли при зберіганні та при виконанні регламентних робіт;  $t_{\text{несп}\Sigma}$  – сумарний час несправного стану апаратури в проміжках між її перевірками, обумовлене тим, що несправності виявляються тільки при перевірці.

Середнє число відмов, що виникли при зберіганні апаратури

$$n' = \lambda_{\text{xp}} [t - N_{\text{cp}}(t)T_{\text{пр}}]$$

де  $\lambda_{\text{xp}}$  – інтенсивність відмов засобів зв'язку при зберіганні.

Середнє число відмов, що виникли при виконанні регламентних робіт

$$n'' = \lambda_{\text{p}} N_{\text{пр}}(t)T_{\text{пр}},$$

де  $\lambda_{\text{p}}$  – інтенсивність відмов засобів зв'язку при роботі під струмом (при регламентних профілактичних роботах).

Сумарний час відновлення засобів зв'язку за календарний час  $t$

$$t_{\Sigma} (n' + n'')T_{\Sigma} = \{\lambda_{xp} [t - N_{\text{пр}}(t)T_{\text{пр}}] + \lambda_p N_{\text{пр}}(t)T_{\text{пр}}\}T_{\Sigma},$$

Середній сумарний час очікування ремонту й знаходження апаратури в несправному стані

$$t_{\text{несп}} = N_{\text{пр}}(t)T_{\text{несп}} = N_{\text{пр}}(t) \left[ T_p - \frac{1}{\lambda_{xp}} (1 - e^{-\lambda_{xp}T_p}) \right].$$

Якщо в робочому режимі засоби зв'язку перебувають під струмом деяку частину всього часу експлуатації, час профілактики визначається як і для режиму зберігання або циклічного режиму. У випадку роботи частини засобів зв'язку під струмом безупинно профілактику потрібно здійснювати так само, як для апаратури, що працює в безперервному режимі.

Слід зазначити, що у черговому режимі, коли засоби зв'язку деяку частину часу чекаючи заявки перебувають під струмом у полегшеному режимі, а при її вступі – у номінальному струмовому режимі, періодичність профілактики визначається по формулах циклічного режиму, але в них підставляються величини для полегшеного режиму.

**Висновки.** Профілактичні роботи забезпечують підвищення безвідмовної роботи засобів зв'язку протягом заданого проміжку часу за рахунок своєчасного попередження. В основу профілактичного обслуговування засобів зв'язку може бути покладений диференційований підхід з обліком тактико-технічних даних окремих технічних засобів, режимів їх функціонування й ступеню впливу їх на результуючі показники роботи гарнізону ДСНС в цілому.

При розробці більш повної моделі профілактики слід урахувати витрати на її забезпечення й збитки від простою апаратури в результаті відмов.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про телекомунікації» (№ 1280-IV від 18 листопада 2003 року).

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

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

4. Волосюк В.К. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации / В.К. Волосюк, В.Ф. Кравченко. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2008. – 704 с.

5. 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).

*Отримано редколегією 13.09.2017*

Л.В. Борисова, К.М. Карпец

**Обоснование периодичности и объема профилактики средств связи на месте ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций**

В статье рассмотрены предложения по периодичности и объему профилактики средств связи и степени их влияния на результирующие показатели работы органов управления гарнизона Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.

**Ключевые слова:** эксплуатационные свойства аппаратуры, циклические действия, безотказная работа аппаратуры, регламентные работы.

L.V. Borisova, K.M. Karpets

**Justification of the periodicity and volume of prevention of communication equipment at the site of emergency response**

The article considers proposals on the periodicity and volume of the prevention of communication facilities and the degree of their influence on the resulting performance indicators of the garrison command of the State Emergency Service of Ukraine.

**Keywords:** operational properties of equipment, cyclic actions, trouble-free operation of equipment, routine works.