

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

**ПИТАННЯ ЩОДО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАСОБІВ  
ЗВ'ЯЗКУ ПІД ЧАС ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ  
РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ НА  
МІСЦІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НС  
(представлено д.т.н. Ключкою Ю.П.)**

У статті розглянуті пропозиції щодо контролю технічного стану засобів зв'язку як одержання інформації про фактичний стан об'єкта і зіставлення отриманої інформації із задалегідь установленими нормами технічної документації. Параметрами радіоапаратури, які потребують контролю в процесі експлуатації, є: потужність передавача, чутливість приймача, коефіцієнт спрямованої дії антени й загасання в антенно-хвильовому тракті.

**Ключові слова:** контроль технічного стану засобів зв'язку, граничне число параметрів, прогнозування відмов.

**Постановка проблеми.** 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 надзвичайних ситуацій (НС) [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.

Слід відзначити що на теперішній час параметри апаратури засобів зв'язку та управління не в повну міру контролюються в процесі експлуатації. Проблемним питанням є належний контроль за потужністю передавача, чутливістю приймача, коефіцієнтом спрямованої дії антени й загасанням в антенно-хвильовому тракті. Тому необхідно здійснювати контроль та профілактику технічного стану засобів зв'язку з метою коректної роботи апаратури при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що в свою міру робить процес управління не стійким.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, щосььогодні накопичено багатий теоретичний і експериментальний матеріал контролю технічного стану засобів зв'язку. В роботі В.П. Стрельникова зроблена оцінка ресурсу виробів електронної техніки [2], статистичній теорії радіотехнічних систем дистанційного зондування і радіолокації присвячена робота В.К. Волосяка [3], І.Б. Жилинський вивчав основи надійності і довговічності [4], Р. Барлоу, Ф Прошан займалися питаннями статистич-

ної теорії надійності і випробувань на безвідмовність [5]. ДСТУ 3433-96 визначає основні положення надійності техніки і моделей відмов.

Разом з тим, особливе значення для нормального функціонування засобів зв'язку в умовах надзвичайних ситуацій має контроль їх технічного стану, який полягає в розпізнаванні поточного стану об'єкта в умовах обмеженої інформації.

**Постановка завдання та його вирішення.** Ефективність діяльності підрозділів оперативно-рятувальної служби (ОРС) залежить від ефективності застосовуваних систем радіозв'язку, до яких висуваються специфічні вимоги, найважливішими з яких є надійність, оперативність, достовірність, необхідна пропускна здатність та захищеність інформації. У зв'язку з цим пропонується здійснювати контроль технічного стану засобів зв'язку як одержання інформації про фактичний стан об'єкта і зіставлення отриманої інформації із заздалегідь установленими нормами технічної документації.

Інформація про неузгодженість (розбіжності фактичних і необхідних даних) називається вторинною. Якість контролю характеризується коефіцієнтом вірності контролю і його глибиною. Кількісною характеристикою точності контролю є коефіцієнт правильності

$$V = P_{\text{спр}} / P_{\text{доп}}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{спр}}$  – ймовірність того, що апаратура після проведення контролю виявиться дійсно справною;  $P_{\text{доп}}$  – ймовірність допуску апаратури до застосування після контрольної перевірки.

Точність контролю апаратури, щодо якої здійснюється контроль технічного стану, залежить від:

- безвідмовності апаратури в процесі попереднього зберігання або функціонування;
- ступеню упевненості в результатах перевірки.

Доцільність контролю характеризують коефіцієнтом доцільності контролю

$$K_{\text{ц.к}} = V / V_{\text{б.к}}, \quad (2)$$

де  $V_{\text{б.к}}$  – коефіцієнт, що характеризує правильність робочого стану апаратури без контролю.

У разі, коли  $K_{\text{ц.к}} > 1$  контроль є доцільним, а при  $K_{\text{ц.к}} < 1$  – недоцільним.

Повна оцінка доцільності проведення контролю визначається на підставі обліку матеріального збитку через відмову апаратури засобів зв'язку та управління

$$K_{e.ц.к} = (1 - P_3)C_3 / (C_{к.з} - \Delta C_к), \quad (3)$$

де  $K_{e.ц.к}$  – коефіцієнт економічної доцільності контролю;  $P_3$  – ймовірність не виникнення матеріального збитку, що чисельно дорівнює ймовірності безвідмовного зберігання до початку використання або безвідмовного очікування до початку контролю;  $C_3$  – вартість збитку при відмові від контролю апаратури засобів зв'язку та управління;  $C_{к.з}$  – вартість контролю апаратури в режимі зберігання та очікування;  $\Delta C_к$  – збільшення вартості на підготовку апаратури засобів зв'язку та управління при введенні системи контролю.

Контроль ґрунтується на вимірах параметрів, що характеризують якість функціонування апаратури засобів зв'язку та управління:

- параметри вхідних і вихідних сигналів (чутливість приймача, вихідна потужність приймача й передавача, що несе частота сигналів);
- параметри, що не несуть запасу енергії (коефіцієнт шуму, вхідні й вихідні опори).

Ступінь або повнота використання граничного числа параметрів при контролі технічного стану апаратури засобів зв'язку та управління оцінюється коефіцієнтом глибини контролю

$$K_{г.к} = N_к / N, \quad (4)$$

де  $N_к$  – число параметрів, що контролюються, необхідних для виявлення стану апаратури засобів зв'язку та управління;  $N$  – граничне число параметрів, що визначають стан апаратури засобів зв'язку та управління.

Для оцінки стану апаратури засобів зв'язку та управління використовують наступні методи контролю:

- перевірку працездатності технічного пристрою (або його окремих елементів) за зовнішніми ознаками;
- дослідження за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури;
- прогнозування за характерними ознаками, яке полягає в тому, що функціональний елемент, який відмовив, визначається шляхом порівняння несправності із несправностями, що надаються в спеціальних таблицях технічної документації;

– послідовну по елементу перевірку, яка полягає у виявленні елемента, що відмовив, і одночасної перевірки елементів до повного відновлення всіх несправних елементів.

Одним з методів, що дозволяють найбільш ефективно запобігати й попереджати відмови, є прогнозування. Прогнозування поступових відмов дозволяє різко скоротити загальне число відмов, які виникають у процесі експлуатації апаратури, що дозволяє виявляти несправні

елементи до настання відмови й замінювати новими або відновлювати. Прогнозування поступових відмов здійснюється контролем окремих параметрів або вихідного параметра апаратури, що залежить від зміни фізико-хімічної структури функціональних елементів. Зміна узагальненого параметра апаратури є чинником, що дозволяють ефективно прогнозувати відмови.

Прогнозування відмов по зміні вихідного параметра апаратури полягає в тому, що контролюється не величина визначального параметра елемента, а вихідний параметр апаратури (каскаду, вузла, блоку). Для реалізації цього методу потрібно встановити кореляційну залежність між відповідним прогнозуючим параметром елемента й вихідним параметром апаратури. Величина вихідного параметра апаратури в загальному випадку представляється як функція визначальних параметрів елементів.

Розглянемо метод прогнозування відмов, який заснований на зміні узагальненого параметра апаратури. Під узагальненим параметром розуміється такий критерій, за допомогою якого можна охарактеризувати працездатність апаратури в будь-який момент, а також судити про кожний з її вихідних параметрів. Узагальнений параметр залежить від визначальних параметрів елементів (опорів, ємностей, напівпровідникових приладів і т.п.), зміни яких призводять до змін узагальненого параметра. При заданій якості функціонування цим критерієм є область працездатності апаратури, тобто область, у якій (при зміні зовнішніх впливів – напруг, кліматичних умов тощо) апаратура продовжує стійко функціонувати. Границею нормального функціонування апаратури є конкретні значення зовнішніх умов, при перевищенні яких апаратура переходить в область непрацездатності. Якісний стан елементів, тобто значення параметрів, що визначають границі працездатності, можна визначити шляхом знаходження границь області працездатності в процесі експлуатації.

Ряд технічних засобів зв'язку та управління працює в безперервному режимі, що може спричинити відмови двох видів – раптові й поступові. Раптові відмови – це найпростіший потік випадкових подій, який характеризується постійною інтенсивністю:  $\lambda_{в.п} = \text{const}$ . Такі відмови не піддаються прогнозуванню, тому їх усувають у міру виникнення.

Поступові відмови виникають у результаті зміни параметрів елементів апаратури, що в цілому дозволяє запобігати відмовам проведенням профілактичних заходів (регламентних робіт). Інформацію про появу поступових відмов можна одержати при виконанні контрольних-регулювальних (регламентних) робіт, що проводяться періодично. Визначимо їхню оптимальну періодичність.

При скороченні міжрегламентного періоду підвищується надійність апаратури за рахунок своєчасного проведення контрольних-

регулювальних робіт, однак збільшується загальний обсяг профілактики й знижується коефіцієнт готовності, тому що апаратура простоє при виконанні перевірок. Тобто, доцільно визначити оптимальний період проведення регламентних профілактичних робіт, що забезпечує краще співвідношення між надійністю апаратури й обсягом профілактики.

У якості критерію оптимізації приймемо показник, що характеризує час простою апаратури або її використання. Середній сумарний час вимушеного простою апаратури безперервної дії за час роботи

$$t_{n\Sigma} = T_{cp}(t) + t_{b\Sigma} + t_{оч\Sigma}, \quad (5)$$

де

$$T_{cp}(t) = \frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^{n_{оп}} t_{пр.i} = N_{пр}(t) T_{пр}, \quad (6)$$

де  $T_{cp}(t)$  є тривалість профілактики, тобто середній час, витрачений на виконання регламентних робіт за час роботи  $t$ ;  $t_{пр.i}$  – середній час виконання  $i$ -ї операції;  $n_{оп}$  – число операцій при виконанні однієї профілактики;  $T_{пр}$  – середній час виконання однієї профілактики;  $T_p$  – період виконання регламентних робіт;  $N_{пр}(t)$  – ціле число профілактик за час роботи  $t$

$$t_{b\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{b.i} n T_b, \quad (7)$$

де  $t_{b\Sigma}$  є середній сумарний час відновлення апаратури протягом  $t$ ;  $t_{b.i}$  – час усунення  $i$ -ї несправності (відновлення);  $n$  – число несправностей за час роботи  $t$ ;  $T_b$  – середній час усунення однієї несправності (відновлення).

Сумарний час відновлення визначається ще так

$$t_{b\Sigma} = \lambda T_b t, \quad (8)$$

Середній сумарний час знаходження апаратури в несправному стані протягом часу  $t$

$$t_{оч\Sigma} = N_{пр}(t) t_{оч}. \quad (9)$$

Для випадків, коли повні відмови усуваються відразу після виникнення,  $t_{оч\Sigma} = 0$ .

Середній час знаходження апаратури в несправному стані  $t_{оч}$  протягом межрегламентного періоду  $T_p$

$$t_{\text{оч}} = \int_0^{T_p} f(\tau)(T_p - \tau) d\tau, \quad (10)$$

де  $\tau$  – момент виникнення несправності в апаратурі,  $0 \leq \tau \leq T_p$ ;  $f(\tau)$  – частота відмов апаратури.

Допускаючи, що поява відмов являє собою найпростіший потік випадкових подій, у результаті інтегрування вираження (10) одержуємо

$$t_{\text{оч}} = T_p - \frac{1}{\lambda_{\text{п.в}}} \left(1 - e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p}\right), \quad (11)$$

де  $\lambda_{\text{п.в}}$  – інтенсивність поступових відмов.

Використовуючи вираження (5), (8), (11), визначаємо коефіцієнт вимушеного простою

$$\begin{aligned} K_{\text{п}} &= (T_{\text{сп}}(t) + t_{\Sigma} + t_{\text{оч}} \Sigma) / t = \\ &= \frac{N_{\text{пр}}(t) T_{\text{пр}} + \lambda T_{\text{в}} + N_{\text{пр}}(t) \left[ T_{\text{в}} - \lambda_{\text{п.в}}^{-1} \left(1 - e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p}\right) \right]}{t}, \end{aligned} \quad (12)$$

Після розподілу чисельника й знаменника вираження (12) на  $N_{\text{пр}}(t)$  маємо

$$K_{\text{п}} = \frac{T_{\text{пр}} + \lambda T_{\text{в}} T_p + T_p - \lambda_{\text{п.в}}^{-1} \left(1 - e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p}\right)}{T_p}, \quad (13)$$

Оптимальний період проведення регламентних робіт  $T_{\text{р.опт}}$  визначається в результаті диференціювання виразу (13) по періоду  $T_p$  і прирівнювання до нуля першої похідної

$$\frac{dK_{\text{п}}}{dT_p} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_p^2} + \frac{1}{\lambda_{\text{п.в}} T_p^2} - \frac{\lambda_{\text{п.в}} e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p} T_p + e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p}}{\lambda_{\text{п.в}} T_p^2}, \quad (14)$$

Оскільки  $\lambda_{\text{п.в}} T_p \leq 1$ , після розкладання функції  $e^{-\lambda_{\text{п.в}} T_p}$  у степний ряд і обмеження першими трьома членами одержимо оптимальний період проведення регламентних робіт, при якому забезпечується максимальний коефіцієнт використання апаратури

$$T_{\text{р.опт}} = \sqrt{\frac{2T_{\text{пр}}}{\lambda_{\text{п.в}}}} = \sqrt{2T_{\text{пр}} T_{\text{п.в}}}, \quad (15)$$

де  $\lambda_{\text{п.в}} = 1/T_{\text{п.в}}$  – інтенсивність поступових відмов апаратури, що виявляються під час виконання регламентних робіт. При цьому під

відмовою слід розуміти вихід параметра апаратури за межі встановлених допусків, що спричиняє регульовальні або ремонтні роботи.

**Висновки.** Перевага цього методу прогнозування полягає в тому, що є можливість перевірити елемент без вилучення його з апаратури, а це виключає можливість внесення додаткових раптових відмов. Однак для його реалізації потрібно провести додаткові роботи з визначення залежностей між вихідним параметром апаратури й визначальними параметрами елементів.

В основу контролю технічного стану засобів зв'язку може бути покладений диференційований підхід з обліком тактико-технічних даних окремих технічних засобів, режимів їх функціонування й ступені впливу їх на результуючі показники роботи гарнізону ДСНС в цілому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про телекомунікації» (№ 1280-IV від 18 листопада 2003 року).
2. Стрельников В.П. Оценка ресурса изделий электронной техники // Математические машины и системы. – К.: НАНУ. – № 2. – 2004.
3. Волосяк В.К. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации / В.К. Волосяк, В.Ф. Кравченко. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2008. – 704 с.
4. Жилинский И.Б. Основы надежности и долговечности. М.: МИХМ, 1976. – Ч. 1, 2. – 160 с.
5. Барлоу Р. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Барлоу Р., Прошан Ф.М. // Наука, 1984. – 328 с.

*Отримано редколегією 02.03.2017*

В.А. Собина, Л.В. Борисова

### **К вопросу контроля технического состояния средств связи при оперативном управлении спасательными подразделениями на месте ликвидации последствий ЧС**

В статье рассмотрены предложения по контролю технического состояния средств связи как получение информации о фактическом состоянии объекта и сопоставление полученной информации с заранее установленными нормами технической документации. Параметрами радиоаппаратуры, которые требуют контроля в процессе эксплуатации, являются: мощность передатчика, чувствительность приемника, коэффициент направленного действия антенны и затухания в антенно-волновом тракте.

**Ключевые слова:** контроль технического состояния средств связи, предельное число параметров, прогнозирование отказов.

V.A. Sobina, L.V. Borisova

### **On the issue of monitoring the technical condition of communications equipment in the operational management of rescue units at the site of emergency response**

The article considers proposals for monitoring the technical condition of communication facilities as obtaining information about the actual state of the facility and comparing the information obtained with the pre-established standards of technical documentation. Parameters of radio equipment that require monitoring during operation are: transmitter power, receiver sensitivity, antenna directivity factor and attenuation in the antenna-wave path.

**Keywords:** control of technical condition of communication facilities, limiting number of parameters, failure prediction.