

УДК 621.396

О.О. Пучков, І.М. Гиренко

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ

МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ РЕМОНТНОГО ОРГАНУ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

В статті на основі використання сучасних досягнень в галузі технічної експлуатації, технічної діагностики і метрологічного забезпечення радіоелектронних засобів сформульовано цільову функцію і показник ефективності роботи ремонтних органів засобів спеціального зв'язку, а також формалізовано у вигляді методики порядок обґрунтування кількості і спеціалізації робочих місць, яка використовує новий метод обґрунтування черговості їх створення та удосконалені математичні моделі завантаження ремонтного органу в мирний та військовий час.

Ключові слова: засоби спеціального зв'язку, відновлення працездатності, апаратні технічного забезпечення.

Вступ

Постановка проблеми. В мирний час тільки до 30% поточних ремонтів засобів спеціального зв'язку виконують екіпажі апаратних зв'язку, інші відновлюють в ремонтних органах. У військовий час ремонт є основним джерелом відновлення засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями, тому питання удосконалення та підвищення ефективності ремонтних органів, які розглядаються в цій роботі, є досить актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У відомих джерелах розглянуті окремі питання підвищення ефективності дефектації [1, 2], діагностичного [3, 4] та метрологічного [5] забезпечення ремонту засобів спеціального зв'язку (ЗСЗ). Запропоновано новий метод обґрунтування порядку розробки модулів перспективних апаратних технічного забезпечення (АТЗ) ЗСЗ та удосконалені математичні моделі завантаження фахівців ремонтного органу (РО) [6], але відсутня комплексна методика, що об'єднує ці результати та дозволяє обґрунтувати кількість і спеціалізацію робочих місць РО ЗСЗ для АТЗ під час ремонту в польових умовах та пункту технічного обслуговування і ремонту (ПТОР) в місцях постійної дислокації територіальних вузлів урядового зв'язку (ТВУЗ).

Мета статті – розробка методики обґрунтування складу ремонтного органу засобів спеціального зв'язку з метою мінімізації вартості технологічного обладнання РО при забезпеченні необхідного часу відновлення ЗСЗ агрегатним методом в стаціонарних та польових умовах мирного та військового часу.

Виклад основного матеріалу

Тому що в мирний час РО повинні забезпечити відновлення ЗСЗ за встановлений час при обмежен-

нях на вартість, а у військовий час, навпаки – за мінімальний час при обмежених ресурсах, при обґрунтуванні організаційно-штатної структури РО в якості цільової функції обираємо максимум імовірності забезпечення можливості відновлення основних груп [7] ЗСЗ ТВУЗ за припустимий час

$$P(X) = \max_{X^* \in \Delta} \sum_{i=1}^G W_i(X^*),$$

де G – кількість груп ЗСЗ ТВУЗ;

W_i – імовірність створення робочих місць для відновлення ЗСЗ групи i ;

Δ – припустимі межі зміни аргументів функції;

X^* – їх значення при досягненні максимуму $P(X)$.

При цьому існують обмеження на середній час відновлення $T_b \leq T_{вп}$, яке задається в керівних документах [8], та кількість групи ЗСЗ $G \leq 15$ [7].

До аргументів функції відносяться [6]:

важливість ЗСЗ групи i в системі спеціального зв'язку;

надійність ЗСЗ групи i , яку оцінюють значенням її коефіцієнту готовності;

кількість ЗСЗ групи i на ТВУЗ.

При цьому важливість і кількість ЗСЗ групи i відносяться до некерованих змінних, а надійність – до керованих за рахунок збільшення наробітку ЗСЗ на відмову (T) якісним виконанням їх технічного обслуговування екіпажами і скорочення середнього часу відновлення (T_b) використанням сучасних досягнень в галузі технічної діагностики та метрологічного забезпечення. В такому разі комплексний показник надійності коефіцієнт готовності дорівнює

$$A_i = T_i / (T_i + T_{bi})$$

для ЗСЗ групи i .

Показник ефективності від використання запропонованої методики кількісно дорівнює відносному збільшенню ймовірності можливості відновлення всіх груп ЗСЗ ТВУЗ

$$\eta = \left(\frac{\sum_{i=1}^{G_H} W_i(X^*)}{\sum_{i=1}^{G_C} W_i(X) - 1} \right) \cdot 100\%,$$

де G_H – кількість робочих місць РО відповідно до запропонованої методики; G_C – кількість існуючих робочих місць РО ТВУЗ.

Методика призначена для обґрунтування складу матеріально-технічної бази РО щодо поточного

ремонту та відновлення ЗСЗ ТВУЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями в стаціонарних (ПТОР) та польових (АТЗ) умовах мирного та військового часу.

Сутність методики полягає у розрахунку мінімально необхідної кількості робочих місць РО на мирний та військовий час для комплектування ПТОР і АТЗ (спеціалізованих або модульного типу) на основі використання нового методу обґрунтування черговості їх розробки та математичного моделювання завантаження фахівців.

Структура методики приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структура методики обґрунтування складу ремонтного органу засобів спеціального зв'язку

Вихідні дані отримують із організаційно-штатної структури ТВУЗ на мирний та військовий час, експертного опитування фахівців, статистичних даних про надійність ЗСЗ відділу технічного забезпечення ТВУЗ або керівних документів з ремонтно-придатності [8] та надійності.

Обмеження і припущення на використання методики відповідають реальним умовам відновлення ЗСЗ в РО ТВУЗ.

Математичний апарат методики заснований на використанні методів теорії ймовірностей [9], теорії нечітких множин [10], експертного оцінювання [11].

В першу чергу необхідно створювати і впроваджувати в практику ремонту спеціалізовані робочі місця для найбільш масових, найменш надійних і найбільш важливих для організації зв'язку зразків ЗСЗ.

Для цього необхідно виконати ранжування ЗСЗ ТВУЗ у порядку зменшення значення їхнього комплексного коефіцієнту, що кількісно оцінює ймовірність першочергового вибору розробки спеціалізованих робочих місць [6]

$$0 < W_i = \frac{K_B}{R_{Bi}} + \frac{K_H}{R_{Hi}} + \frac{K_M}{R_{Mi}} \leq 1,$$

де K_B, K_H, K_M – коефіцієнти важливості, надійності і масовості, ЗСЗ, відповідно;

R_{Bi}, R_{Hi}, R_{Mi} – ранг ЗСЗ типу і з важливості, надійності і масовості, відповідно.

Методом послідовної ітеративної процедури з наступною обробкою отриманих результатів експертного опитування провідних фахівців отримано значення коефіцієнтів [6]:

$$W_i = \frac{0,5}{R_{Bi}} + \frac{0,3}{R_{Hi}} + \frac{0,2}{R_{Mi}} \leq 1.$$

Ранжування груп ЗСЗ в кожному конкретному випадку за результатами аналізу вимог щодо їхньої надійності і організаційно-штатної структури ТВУЗ дає об'єктивну оцінку необхідності створення спеціалізованих робочих місць. В результаті моделювання роботи РО в мирний та військовий час отримано аналітичні вирази для кількісної оцінки загального навантаження фахівців за рік для кожної групи ЗСЗ [12], що дозволяє обґрунтувати необхідну кількість спеціалізованих робочих місць.

Для мирного часу в РО для технічного обслуговування і поточного ремонту ЗСЗ групи і необхідно μ_i фахівців [12]

$$\mu_i = z_i / 900,$$

де z_i – загальне навантаження РО за рік по обслуговуванню та ремонту ЗСЗ групи і

$$z_i = 2,5 \left[\frac{0,9(t_i k_i + t_{yi})}{P_i T_i} \sum_{j=1}^{N_i} t_j + N_{ci} T_{ni} \right],$$

де t_i – середній час виконання перевірки при діагностуванні ЗСЗ групи і;

k_i – середня кількість перевірок при діагностуванні ЗСЗ групи і;

t_{yi} – середній час усунення несправності ЗСЗ групи і;

P_i – імовірність правильної постановки діагнозу при ремонті ЗСЗ групи і;

T_i – наробіток на відмову ЗСЗ групи і;

N_i – кількість ЗСЗ групи і;

t_j – кількість годин роботи ЗСЗ за рік експлуатації;

N_{ci} – сумарна кількість ЗСЗ групи і ТВУЗ з врахуванням довготривалого зберігання;

T_{ni} – час перевірки параметрів ЗСЗ групи і при їх технічному обслуговуванні.

Залежно від особливостей ЗСЗ і способу їх відновлення визначається кількість робочих місць M_i . Для АТЗ або ПТОР вона дорівнює кількості фахівців. Під час групового пошуку дефектів АТЗ можливо врахувати як одне робоче місце.

Значення t_i , t_{yi} отримують зі статичних даних про роботу РО; N_i , N_{ci} – з організаційно штатної структури ТВУЗ; T_{ni} – з інструкції з технічного обслуговування ЗСЗ групи і.

Залежно від діагностичного забезпечення та способу взаємодії фахівців під час діагностування кількісно оцінюють значення інших аргументів функції z_i .

При реалізації сумісного групового пошуку дефектів фахівцями АТЗ отримуємо [14]:

$$K_i = \log_{\mu+1} L_i; \quad P_i = p^{K_i};$$

а при зонному груповому пошуку дефектів, відповідно

$$K_i = \log_2 \frac{L_i}{\mu}; \quad P_i = p^{1+K_i};$$

де L_i – загальна кількість елементів в ЗСЗ групи і;

p – імовірність правильної оцінки результатів виконання перевірки під час діагностування.

Під час ведення бойових дій для розрахунку необхідної кількості спеціалізованих робочих місць по відновленню ЗСЗ зі слабким ступенем пошкодження враховують кількість діб операції (τ), прогнозовану кількість пошкоджених ЗСЗ за цей час (U), час повної дефектації ЗСЗ в РО, час діагностування ЗСЗ з кратними дефектами, час поточного ремонту ЗСЗ, їх технічного обслуговування без врахування тих, що були на довготривалому зберіганні. Необхідні розрахункові вирази приведено в [12, 13].

Укрупнена схема алгоритму реалізації методики наведено на рис. 2.

Якщо розрахункова кількість фахівців з ремонту групи ЗСЗ менше одиниці, то нема сенсу створювати окремі робочі місця. В такому разі доцільно об'єднувати ці ЗСЗ і відновлювати окремо на універсальному робочому місці або АТЗ, де мати можливість ремонту підсистем електроживлення, відмови яких в ЗСЗ складають до 30% від загального числа, генераторного і підсилювального обладнання, а також підсистем управління функціонуванням.

Під час експертного опитування фахівців ТВУЗ встановлено, що для мирного часу в першу чергу необхідно відновлювати засоби технічного захисту інформації, радіорелейного та тропосферного зв'язку, систем передачі з часовим та частотним розподілом каналів, кабелів дальнього зв'язку. В другу чергу радіо і космічний зв'язок, які є резервним видами зв'язку, а потім радіостанції малої потужності. Наприклад, на ТВУЗ є $N_i = 192$ радіостанції малої потужності з середнім часом використання за рік $t_i = 1498$ годин. В такому разі з використанням даних [8, 12, 13] отримуємо завантаження робочих місць за рік

$$z_i = 2,5 \left[\frac{0,9 \cdot 1 \cdot 1498 \cdot 192}{0,95 \cdot 1000} + 192 \cdot 0,5 \right] = 920 \text{ год.}$$

Тобто, при розрахунковому навантаженні на фахівця 900 годин на рік в РО ТВУЗ достатньо мати одне робоче місце по ремонту радіостанції малої потужності. Ефект від впровадження методики міститься в рівномірному завантаженні всіх фахівців і робочих місць РО, що дозволяє повністю використовувати за призначенням технологічне обладнання і засоби вимірювань, а також мати раціональний склад РО відповідно до завдань ТВУЗ, що збільшує відносну імовірність можливості відновлення всіх груп ЗСЗ ТВУЗ.

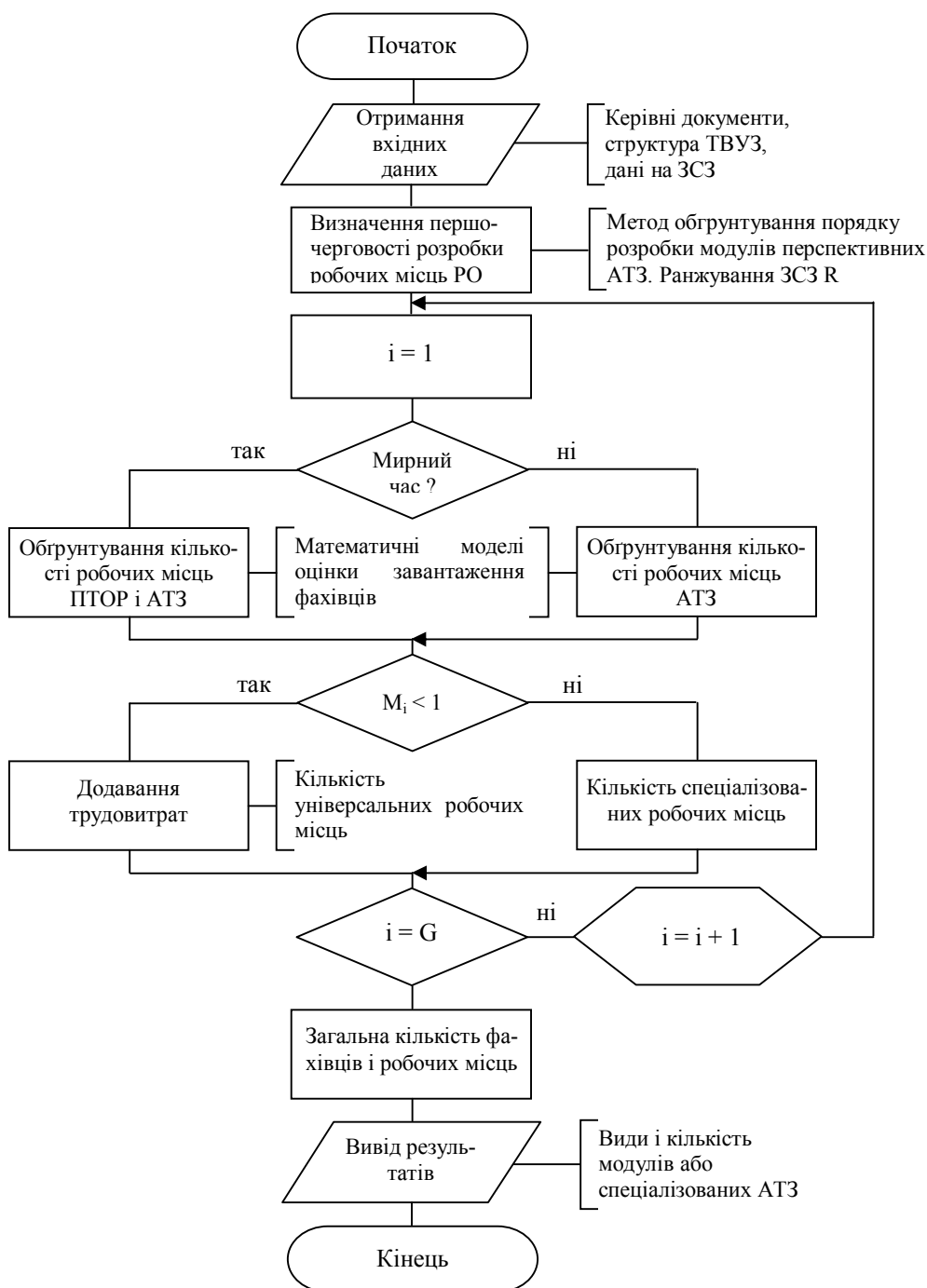


Рис. 2. Блок-схема алгоритму реалізації методики

Наукова новизна методики міститься в:

урахуванні особливостей відновлення засобів спеціального зв'язку групою фахівців (сумісний або зонний пошук дефектів);

використанні засобів вимірювальної техніки мінімально необхідної вартості для забезпечення регламентованого часу відновлення засобів спеціального зв'язку;

використанні нового методу обґрунтування порядку розробки модулів перспективних АТЗ або спеціалізованих робочих місць РО, який враховує важливість ЗСЗ системи зв'язку, їх надійність та кількість у складі ТВУЗ;

використанні удосконалених математичних моделей оцінки завантаження фахівців РО, які відрізняються від відомих врахуванням особливостей діагностичного та метрологічного забезпечення ремонту ЗСЗ;

використанням нового алгоритму реалізації методу, моделей і методики в цілому.

Практична цінність методики полягає в мінімізації вартості технологічного обладнання РО при забезпеченні необхідного часу відновлення засобів спеціального зв'язку агрегатним методом в стаціонарних та польових умовах мирного та військового часу, а також в обґрунтуванні організаційно-штатної

структури РО, яка відповідає призначенню та завданням ТВУЗ.

Висновки

За рахунок комплексного використання сучасних досягнень в галузі технічної експлуатації, діагностичного і метрологічного забезпечення засобів спеціального зв'язку з урахуванням особливостей їх технічного обслуговування і ремонту на ТВУЗ формалізовано порядок обґрунтування мінімального необхідного складу РО для рішення всього комплексу завдань як у мирний, так і у військовий час.

Отримані результати доцільно використовувати при розробці технічного завдання на створення спеціалізованих модулів перспективних АТЗ або при комплектуванні РО територіальних вузлів урядового зв'язку існуючими спеціалізованими та універсальними АТЗ.

Методику можливо використовувати для дослідження ефективності існуючих РО територіальних вузлів урядового зв'язку і обґрунтування пропозиції щодо їх модернізації.

Список літератури

1. Сакович Л.Н. Алгоритмізація і формалізація процесу дефектації обладнання систем захисту інформації с аварійними пошкодженнями / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов // *Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні*. – К.: НТУУ “КПІ”, 2004. – Вип. № 9. – С. 168–180.
2. Сакович Л.М. Синтез алгоритму дефектації техніки зв'язку з аварійними пошкодженнями / Л.М. Сакович, В.П. Павлов // *Зв'язок*. – 2007. – № 6. – С. 54–55.
3. Романенко В.П. Методика розробки діагностичного забезпечення групового пошуку дефектів при ремонті техніки зв'язку в польових умовах / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // *Зв'язок*. – 2015. – № 2. – С. 53–56.
4. Сакович Л.М. Методика розробки діагностичного забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з ком-

плексним використанням її надлишковості / Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // *Зв'язок*. – 2016. – № 2. – С. 48–55.

5. Сакович Л.Н. Формирование требований к средствам измерений диагностических параметров аппаратов связи при техническом обслуживании и текущем ремонте / Л.Н. Сакович, П.Л. Аркушенко, А.В. Ходыч // *36. наук. праць ХНУПС*. – Харків: Харківський національний університет Повітряних сил, 2002, № 1(50). – С. 108–111.

6. Сакович Л.М. Метод обґрунтування складу технологічного обладнання польових ремонтних органів зв'язку / Л.М. Сакович, В.П. Романенко, І.М. Гиренко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава: ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2016, № 4(40). – С. 163–167.

7. Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та АУВ Збройних Сил України (КТЗЗ та АУВ ЗС України) / О.М. Іващенко, Ю.І. Катков, В.А. Рижаків та інші. – К.: Воєнне видавництво, 2003. – 322 с.

8. Требования к ремонтпригодности вновь разрабатываемых и модернизируемых средств связи. – М.: Воен-издат, 1982. – 51 с.

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа., 2002. – 275 с.

10. Герасимов Б.М. Проектирование, управление и обработка информации на базе нечетких множеств. – К.: Радиоамерикан, 2000. – 180 с.

11. Новосад В.П. Кількісні методи експертного оцінювання / В.П. Новосад, Р.Г. Селіверстов, І.Т. Артим. – К.: НАДУ, 2009. – 360 с.

12. Сакович Л.М. Моделювання роботи апаратної техніки забезпечення / Л.М. Сакович, І. М. Гиренко // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. – К.: НУО України ім. Івана Черняхівського, 2017, № 1(28). – С. 47–52.

13. Сакович Л.М. Моделювання процесу ремонту засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами / Л.М. Сакович, В.П. Романенко, І.М. Гиренко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава: ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2017, № 2(42). – С. 193–197.

Надійшла до редколегії 29.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації КПІ імені Ігоря Сікорського, Київ.

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СОСТАВА РЕМОНТНОГО ОРГАНА СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ

А.А. Пучков, И.Н. Гиренко

В статье на основе использования современных достижений в области технической эксплуатации, технической диагностики и метрологического обеспечения радиоэлектронных средств сформулирована целевая функция и показатель эффективности работы ремонтных органов средств специальной связи, а также формализовано в виде методики порядок обоснования количества и специализации рабочих мест, которая использует новый метод обоснования очередности их создания и усовершенствованные математические модели загрузки ремонтного органа в мирное и военное время.

Ключевые слова: средства специальной связи, восстановление работоспособности, аппаратные технические обеспечения.

METHOD OF COMPLETING LOGISTICS MAINTENANCE BODIES OF SPECIAL COMMUNICATIONS MEANS

O.O. Puchkov, I.M. Hyrenko

The article is based on the use of modern advances in the field of technical operation, technical diagnostics and metrological support of electronic means. The objective function and the rate of maintenance bodies of special communications means efficiency are formulated. In addition, formalized technique of determining the number and specialization of jobs, which uses a new method of justification the order of their creation and improved mathematical models of loading the maintenance body in peacetime and wartime are considered.

Keywords: special communications means, equipment recovery, hardware technical support.