

Л.М. Сакович, В.П. Романенко, І.М. Гиренко

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

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОЛЬОВИХ РЕМОНТНИХ ОРґАНІВ ЗВ'ЯЗКУ

В статті на основі аналізу стану матеріально-технічної бази з ремонту військової техніки зв'язку сформульовано перспективні напрямки розвитку та етапи розробки апаратних технічного забезпечення модульного типу для обслуговування і ремонту військової техніки зв'язку в польових умовах; на основі експертного дослідження з ранжування військової техніки зв'язку за ознаками масовості, надійності і важливості визначено необхідність розробки нагальних спеціалізованих модулів перспективних апаратних технічного забезпечення; обґрунтовано цільову функцію використання в мирний та військовий час цих апаратних, а також запропоновано метод обґрунтування технологічного обладнання польових ремонтних органів зв'язку за типами техніки зв'язку з використанням комплексного показника, що враховує кількість, надійність та місце застосування цієї техніки в системі спеціального зв'язку.

Ключові слова: військова техніка зв'язку, апаратні технічного забезпечення модульного типу, цільова функція, технологічне обладнання польових ремонтних органів зв'язку.

Вступ

Постановка проблеми. Технологічне обладнання польових ремонтних органів зв'язку, що використовують під час навчання або бойових дій, розташовано в апаратних технічного забезпечення (АТЗ), які призначені для технічного обслуговування, поточного ремонту і відновлення військової техніки зв'язку (ВТЗ) зі слабким ступенем пошкодження в польових умовах з необхідною якістю за встановлений час. Під технологічним обладнанням польових ремонтних органів зв'язку розуміють мінімально необхідний комплект інструменту, засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), додаткові пристрої для автономного ремонту окремих блоків ВТЗ з джерелами електроживлення. Комплектування польових вузлів зв'язку використовують, як правило, виходячи із можливостей органу постачання без врахування реальних потреб в наявності конкретного технологічного обладнання ремонту. Тому виникає проблема наукового обґрунтування методу забезпечення ремонтних органів польових вузлів мінімально необхідним комплектом технологічного обладнання ремонту для забезпечення заданого рівня укомплектованості польового вузла зв'язку ВТЗ за рахунок її відновлення в процесі ремонту.

Аналіз літератури. Під час створення і прийняття на озброєння нових зразків ВТЗ виконують розробку відповідних АТЗ для їх обслуговування і ремонту в польових умовах.

Розрізняють АТЗ спеціалізовані, універсальні і модульного типу. В теперішній час використовують більше тридцяти типів АТЗ, які призначені для обслуговування і ремонту старого парку ВТЗ і потребують заміни. Різноманітність існуючих зразків ВТЗ, що відрізняються схемною і конструктивною

побудовою, веде до розширення номенклатури АТЗ внаслідок їх вузької спеціалізації [1–4].

Аналіз вимог керівних і нормативних документів щодо організації ремонту ВТЗ показує необхідність створення перспективних АТЗ з урахуванням сучасних досягнень в галузі технічної діагностики складних об'єктів і систем [4 – 7]. Ця обставина пояснюється потребою впровадження в практику ремонту ВТЗ агрегатного методу, врахування можливості отримання аварійних і бойових пошкоджень, групового характеру відновлення, використання ефективних процедур діагностування, переходу на модульний принцип побудови сучасних АТЗ [1 – 7]. У відомих публікаціях питання черговості розробки модулів, а також комплектування ремонтних органів польових вузлів зв'язку спеціалізованими АТЗ не розглянуто. **Мета статті** – розробка методу обґрунтування складу технологічного обладнання спеціалізованих модулів перспективних АТЗ для обслуговування і ремонту сучасних ВТЗ.

Основна частина

Виходячи з призначення АТЗ, умов їхнього використання і аналізу ремонтного фонду ВТЗ можна зробити висновок, що задача проектування перспективних АТЗ для мирного часу зводиться до задоволення цільової функції

$$C(X) = \min_{X^* \in \Delta} C(X^*),$$

де $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ – вектор параметрів системи технічного обслуговування і ремонту; $C(X)$ – вартість одиничного ремонту; X^* – значення вектору при рішенні задачі оптимізації, коли $X^* \in \Delta$; Δ – множина допустимих значень параметрів.

Як основне обмеження використовується середній час відновлення ВТЗ $T_B \leq T_{ВД}$, допустиме значення якого задається у відповідності з вимогами до ремонтпридатності техніки зв'язку, яка створюється або модернізується.

Крім того, накладаються обмеження на кількість фахівців з обслуговування та ремонту, обсягу запасних частин і приладдя, номенклатури ЗВТ, вагу технологічного устаткування, ступінь пошкодження ВТЗ [3, 4].

Під час ведення бойових дій значно зростає потік ремонтного фонду $\Pi(X)$ і потрібна максимальна інтенсивність відновлення ВТЗ

$$\Pi(X) = \max_{X^* \in \Delta} \Pi(X^*),$$

при збільшенні пропускної спроможності – кількості відновлених зразків техніки зв'язку за одиницю часу

$$\mu(X) = \max_{X \in \Delta} \sum_{i=1}^{\tau} N_i(X^*) / \sum_{i=1}^{\tau} T_i(X^*),$$

де $\mu(X)$ – інтенсивність відновлення ВТЗ, од./год.,

N_i – кількість відновлених комплектів ВТЗ виду i , од., τ – кількість відновлених типів ВТЗ, од., T_i – середній час відновлення ВТЗ виду i , год.

У цільовій функції розглядається середнє значення інтенсивності відновлення за всіма типами ВТЗ при отриманні ними бойових пошкоджень, яка ремонтується в АТЗ

$$\Pi(X) = \tau / \sum_{i=1}^{\tau} T_i(X).$$

Задача вирішується при обмеженнях на вартість відновлення, час роботи майстрів збільшується, а інші обмеження відповідають мирному часу.

При переході з мирного на військовий час комплектація АТЗ не змінюється, тому необхідний пошук компромісного рішення за рахунок підвищення кваліфікації майстрів, якості діагностичного забезпечення, використання сучасних ЗВТ, переходу на модульний принцип побудови. Загальні технічні вимоги до рухомих майстерень та методи їх випробовувань визначені у [8, 9]. Аналіз існуючого парку АТЗ показує, що перспективним напрямком переоснащення виробничої бази ремонтних органів є не розширення номенклатури АТЗ, а розробка і впровадження модульного принципу їх побудови, що дозволяє усунути протиріччя між необхідністю підвищення пропускної спроможності і обслуговуванням та ремонтом ВТЗ старого і нового парку [1, 4].

Передбачається поступовий перехід у міру вироблення ресурсу та списання існуючих АТЗ до єдиного модульного типу, що складається з постійної та змінної частини. Постійна частина не залежить від типу ВТЗ та базується на засобі рухомості і містить системи життєзабезпечення й електроживлення, робочі місця з мінімальним комплектом універсальних ЗВТ і інструмента.

Змінні частини являють собою модулі типових розмірів легкоз'ємної конструкції з можливістю установки і фіксації на робочих місцях. Під модулем розуміється сукупність сервісних ЗВТ, технологічного обладнання, документації, мінімально необхідного комплексу ЗІП для роботи з визначеним типом ВТЗ в польових умовах. При зміні об'єкта екіпаж встановлює комплект необхідних модулів.

Створення АТЗ модульного типу вимагає вирішення ряду конкретних завдань [4]:

визначення переліку базових зразків ВТЗ і порядку створення відповідних модулів;

вибір типу транспортної бази й агрегату електроживлення;

визначення кількості робочих місць і спеціальностей екіпажу;

компонування робочих місць в апаратній;

визначення типорозмірів модулів;

обґрунтування переліку універсальних ЗВТ та технологічного обладнання постійної частини;

комплектування модулів для обраних типів ВТЗ;

розгляд можливості створення в базовій частині елементів системи підтримки прийняття рішення на базі спеціалізованих комп'ютерів.

Розглянемо можливість вирішення першого з перелічених завдань.

Метод призначений для наукового обґрунтування формалізації процесу розробки першочергових за необхідністю використання спеціалізованих модулів перспективних АТЗ або обґрунтування комплектації польових вузлів зв'язку існуючими спеціалізованими АТЗ. Структура методу приведено на рис. 1.

Спеціалізовані змінні модулі доцільно проектувати для 15 типів ВТЗ у відповідності до вимог Керівництва з технічного забезпечення засобів зв'язку. Під час визначення порядку їх розробки необхідно врахувати наступні обставини:

призначення ВТЗ в системі зв'язку;

кількість даного типу ВТЗ на польових вузлах зв'язку;

технічну надійність зразків ВТЗ.

Вочевидь, що в першу чергу необхідно створювати і впроваджувати у практику ремонту спеціалізовані модулі для найбільш масових, найменш надійних і найбільш важливих ВТЗ, які застосовуються для організації зв'язку. Пропонується виконати ранжування ВТЗ у порядку зменшення значення їхнього комплексного коефіцієнта

$$W_I = K_B R_{B_I} + K_H R_{H_I} + K_M R_{M_I},$$

де K_B – коефіцієнт важливості; K_H – коефіцієнт надійності; K_M – коефіцієнт масовості; R_{B_I} – ранг ВТЗ типу I з важливості; R_{H_I} – ранг ВТЗ типу I з надійності; R_{M_I} – ранг ВТЗ типу I з масовості.



Рис. 1. Структура методу обґрунтування розробки першочергових спеціалізованих модулів апаратних технічного забезпечення військової техніки зв'язку

Визначення вагових коефіцієнтів K_B, K_H, K_M виконано на основі використання методів теорії нечітких множин експертним опитуванням провідних фахівців у галузі спеціального зв'язку. Це пов'язано з тим, що інформація, яку вдається отримати, як правило є неповною і не завжди точною, тобто невизначеною [10, 11]. У такому випадку після нормування оцінок експертів математичне сподівання (M), середньоквадратичне відхилення (σ) і варіація (v) значень вагових коефіцієнтів дорівнюють:

$$M_B = 0,5057; M_H = 0,3033; M_M = 0,1910;$$

$$\sigma_B = 0,0568; \sigma_H = 0,0474; \sigma_M = 0,0488;$$

$$v_B = 0,1125; v_H = 0,1561; v_M = 0,2557,$$

що достатньо для обґрунтування числового значення вагових коефіцієнтів [11, 12].

Остаточно вибираємо значення вагових коефіцієнтів $K_B = 0,5$; $K_H = 0,3$; $K_M = 0,2$, при цьому K_B відрізняється від M_B всього на 1,1%, K_H від M_H – на 1,08%, K_M від M_M – на 4,7%. Оскільки ці значення потрапляють в область відхилення від математичного сподівання не більше, ніж на σ , то з довірчою ймовірністю $P = 0,97$ можна стверджувати про правильність прийняття рішення:

$$W_i = 0,5R_{B_i} + 0,3R_{H_i} + 0,2R_{M_i}.$$

Ранжування груп ВТЗ за результатами аналізу вимог щодо їхньої надійності і організаційно-штатної структури польових вузлів зв'язку дає об'єктивну оцінку доцільності розробки спеціалізованих модулів перспективних АТЗ, причому надійність оцінюють за показниками T – напрацювання на відмову, T_v – середній час відновлення, A – коефіцієнт готовності ВТЗ. Ця оцінка залежить від

кількості і кваліфікації фахівців, тому є достатньо суб'єктивною.

Узагальнена блок-схема алгоритму реалізації методу приведена на рис. 2. Розглянемо його експериментальну перевірку на прикладі обґрунтування даних, наведених в табл. 1. За результатами аналізу наявної структури визначається кількість ВТЗ кожної групи і проводиться їх ранжування в порядку збільшення. Потім при наявності реальних статистичних даних про надійність окремих зразків ВТЗ, а при їх відсутності за необхідними значеннями, виконується розрахунок комплексного показника надійності A .

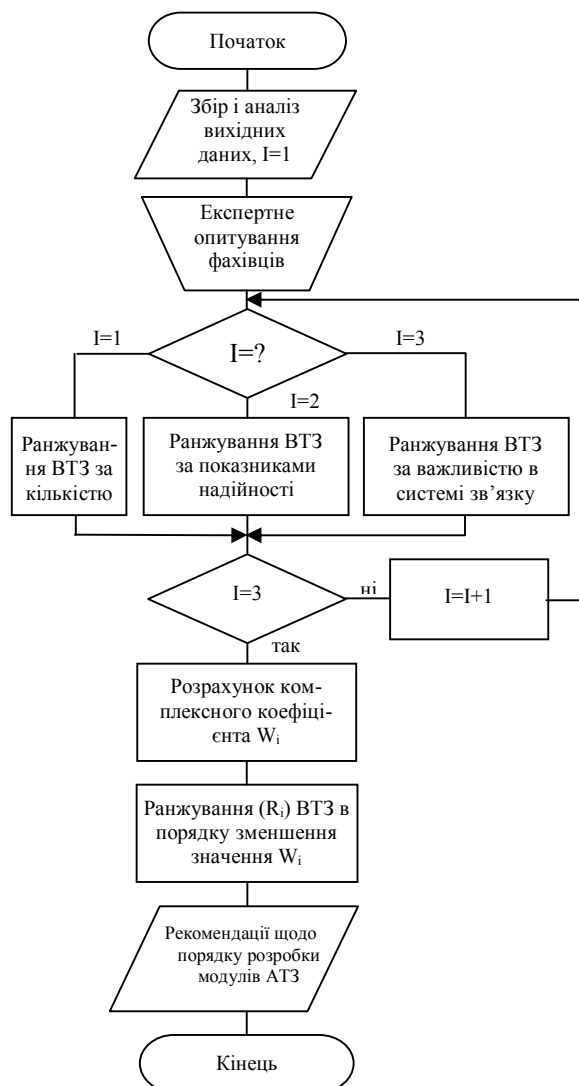


Рис. 2. Узагальнена блок-схема алгоритму реалізації методу обґрунтування складу технологічного обладнання польових ремонтних органів зв'язку

Визначення першочерговості розробки спеціалізованих змінних модулів

№ типу ВТЗ	Тип ВТЗ	Ранжирування по ознакам			W _i	R _i
		Масовість	Надійність	Важливість		
		Ранг R _м	Ранг R _н	Ранг R _в		
1	Станції космічного зв'язку	1	9	11	8,4	10
2	Радіостанції:					
	великої потужності;	2	8	11	8,3	11
	середньої потужності.	17	8	11	11,3	2
3	Радіостанції малої потужності:					
	возимі;	23	4	2	6,8	17
	носимі;		12	2	9,2	4
	портативні.		4	2	6,8	17
4	Багатоканальні станції:					
	тропосферні;	8	6	8	7,4	15
	радіорелейні.	13	3	8	7,5	14
5	Малоканальні станції:					
	тропосферні;	5	7	9	7,6	13
	радіорелейні.	15	5	9	9,0	6
6	Апаратні (апаратура) ущільнення	20	2	8	8,6	8
7	Апаратні:					
	дистанційного керування;	5	11	6	7,3	16
	частотно-диспетчерської служби;	3	1	6	3,9	25
	окремі прийомні машини.	11	10	5	7,7	12
8	Командно-штабні машини:	19	11	3	8,6	8
	машини автоматизованого управління	7	11	3	6,2	19
9	Спеціальна апаратура (апар.) засекречування	18	6	10	10,4	3
10	Автоматичні телефонні станції:	4	2	7	4,9	23
	кросові апаратні;	11	2	7	6,3	18
	телефонні апаратні;	14	2	7	6,9	16
	телеграфні апарати.	9	2	7	5,9	21
11	Обчислювальні комплекси і АП	7	9	4	6,1	20
12	Станції електроживлення:	9	14	11	11,5	1
	рухомі зарядні бази;	6	11	2	5,5	22
	АТЗ;	10	11	7	8,8	7
	комплекси засобів механ. прокладки кабелю	12	13	1	6,8	17
13	Окремі букводрукуючі і слухові радіоприймачі	16	2	2	4,8	24
14	Польовий кабель (км):					
	дальнього зв'язку;	21	1	8	8,5	9
	легкий ПКС.	24	1	8	9,1	5
15	Кінцеві абонентські пристрої і апаратура	22	2	7	8,5	9

За результатами експертного опитування фахівців визначається важливість ВТЗ в системі зв'язку у вигляді суми балів з наступним ранжуванням.

Узагальнені результати розрахунків представлені в табл. 1 і дозволяють обґрунтувати рекомендації щодо створення першочергових спеціалізованих модулів перспективних АТЗ ВТЗ, які полягають у наступному:

в забезпеченні ремонтних органів перспективними АТЗ з модулями для обслуговування і ремонту станцій електроживлення, радіостанцій середньої потужності і апаратури засекречування;

в доцільності укомплектування АТЗ модулями для обслуговування і ремонту радіостанцій малої потужності, польового кабелю і радіорелейних станцій;

у необхідності комплектування ремонтних органів відповідними спеціалізованими або універсальними АТЗ при відсутності модульних АТЗ.

Висновки

1. Використання методу дозволяє визначити доцільність застосування тієї чи іншої АТЗ в даному конкретному випадку.

2. На основі розробленого методу запропоновано етапи розробки АТЗ модульного типу для обслуговування і ремонту ВТЗ в польових умовах та обґрунтовано порядок першочерговості створення модулів з технологічним обладнанням для перспективних АТЗ ВТЗ.

3. Метод можливо використовувати під час створення або модернізації польових ремонтних органів інших видів озброєння та військової техніки. **Наукова новизна** запропонованого методу полягає в тому, що вперше обґрунтовані вагові коефіцієнти важливості, надійності і масовості ВТЗ та у впровадженні комплексного коефіцієнту для визначення першочерговості розробки спеціалізованих модулів АТЗ.

Достовірність наукового результату забезпечується:

врахуванням факторів, що впливають на розв'язання завдання формування першочерговості розробки модулів АТЗ;

коректним використанням вихідних даних, отриманих з реальних умов експлуатації ВТЗ;

обґрунтованим вибором припущень і обмежень, які відповідають особливостям функціонування ремонтних органів в польових умовах.

Достовірність підтверджується збігом отриманих результатів з практичним впровадженням, а також тим, що отримані результати мають зрозуміле фізичне трактування та не суперечать відомим даним.

Список літератури

1. Рыжаков В.А. Перспективні напрямки досліджень удосконалення системи технічного забезпечення військової техніки зв'язку / В.А. Рыжаков // Збірник наукових праць КВІУЗ. – Вип. № 1. – К.: КВІУЗ. – 2001. – С. 136–139.
2. Міценко О.Г. Забезпечення ремонту військової техніки зв'язку агрегатним методом / О.Г. Міценко // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ". – Вип. № 2. – К.: ВІПІ НТУУ "КПІ". – 2002. – С. 68–70.
3. Павлов В.П. Класифікація апаратних технічного забезпечення / В.П. Павлов // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ". – Вип. № 2. – К.: ВІПІ НТУУ "КПІ". – 2002. – С. 87–92.
4. Павлов В.П. Обґрунтування рекомендацій по розробці апаратних технічного забезпечення модульного типу / В.П. Павлов // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ". – Вип. № 4. – К.: ВІПІ НТУУ "КПІ". – 2003. – С. 93–97.
5. Рыжаков В.А. Выбор стратегии восстановления работоспособности техни-ки связи с аварийными повреждениями / В.А. Рыжаков, Л.Н. Сакович // Зв'язок. – 2005. – № 7. – С. 47–54.
6. Сакович Л.М. Моделирование процесса ремонта техники зв'язку з аварійними і бойовими пошкодженнями / Л.М. Сакович, Р.А. Бобро // Звіт про НДР "Райдуга – Д" РК 0206U003223 / Дослідження проблем ефективності технічного обслуговування і ремонту техніки зв'язку та АУВ. – К., в/ч А-0375, 2006. – С. 173–199.
7. Романенко В.П. Моделирование процесса группового поиска дефектов под час ремонту техніки зв'язку / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // Озброєння та військова техніка. – № 4. – 2014. – С. 49–54.
8. ГОСТ В 23068-86 Мастерские подвижные ремонтные армейские. Методы испытаний. – М.: Госстандарт, 1987. – 36 с.
9. ГОСТ В 22243-90 Мастерские подвижные ремонтные армейские. Общие технические требования. – М.: Госстандарт, 1990. – 10 с.
10. Нечеткие множества и теория возможностей; пер. с англ. под ред. Р.Ф. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
11. Герасимов Б.М. Проектирование, управление и обработка информации на базе нечетких множеств / Б.М. Герасимов. – К.: Радио-аматор, 2000. – 180 с.
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. вентцель. – М.: Высшая школа., 2002. – 275 с.

Надійшла до редколегії 22.10.2016

Рецензент: д.т.н., професор В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ.

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛЕВЫХ РЕМОНТНЫХ ОРГАНОВ СВЯЗИ

Л.Н. Сакович, В.П. Романенко, И.Н. Гиренко

В статье на основе анализа состояния материально-технической базы ремонта военной техники связи сформулированы перспективные направления развития и этапы разработки аппаратных технического обеспечения модульного типа для обслуживания и ремонта военной техники связи в полевых условиях; на основе экспертного исследования проведено ранжирование военной техники связи по признакам массовости, надежности и важности; определена необходимость разработки первоочередных специализированных модулей перспективных аппаратных технического обеспечения; обосновано целевую функцию использования в мирное и военное время этих аппаратных, а также предложен метод разработки первоочередных по важности применения специализированных модулей с технологическим оборудованием ремонта по типам техники связи с использованием комплексного показателя, учитывающего количество, надежность и место применения этой техники в системе специальной связи.

Ключевые слова: военная техника связи, аппаратные технического обеспечения модульного типа, целевая функция, технологическое оборудование полевых ремонтных органов связи.

RATIONALE METHOD OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR COMMUNICATIONS MEANS FIELD MAINTENANCE

L.M. Sakovych, V.P. Romanenko, I.M. Hyrenko

In the article, prospective of development and stages of design of technical support modular hardware for maintenance and repair of military communications means in the field conditions, which are based on the analysis of conditions of the material-technical base for repair of military communications means, are formulated. On the basis of an expert study ranking of military communications means, which is grounded on mass, reliability, and importance of the necessity of urgent development of specialized modules, is conducted and the necessity of development of prior specialised hardware modules is determined. The objective function of this hardware usage in peace and wartime is substantiated. In addition, the method of development of priority importance usage of specialized diagnostic modules according to the types of technological communications equipment maintenance applying a complex indicator, which takes into account the quantity, reliability and application of this equipment in the special communications system, is suggested.

Keywords: military communications means, modular type hardware technical support, the objective function, technological equipment for communications means field maintenance.