

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК В СУЧАСНИХ УМОВАХ

УДК 621.396.6+623.61

Є.В. Рижев¹, к.т.н.

Л.М. Сакович², к.т.н., доц.

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна

²Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного
університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ГРУПОВОГО ПОШУКУ ДЕФЕКТІВ ПІД ЧАС ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ

У статті досліджено вплив кількості фахівців, розмірності об'єкту ремонту, метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки на часові та імовірнісні показники якості поточного ремонту військової техніки зв'язку штатними екіпажами апаратних зв'язку або апаратних технічного забезпечення. Встановлено найбільш ефективний вид сумісної діяльності членів екіпажів під час поточного ремонту. Визначені мінімально припустимі вимоги до засобів вимірювальної техніки при забезпеченні необхідного часу відновлення військової техніки зв'язку.

Ключові слова: військова техніка зв'язку, поточний ремонт, груповий пошук дефектів.

Постановка проблеми

Середній час відновлення військової техніки зв'язку (ВТЗ) суворо регламентований керівними документами. Функціональні можливості сучасних ВТЗ безперервно розширюється, що веде до збільшення кількості їх елементів. Водночас вимоги до середнього часу відновлення не змінюються, що потребує ефективної співпраці всіх членів екіпажів апаратних зв'язку під час поточного ремонту ВТЗ при обмежених ресурсах. Необхідно визначити мінімально припустимі вимоги до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) за яких їх вартість також мінімальна та забезпечується потрібне значення часу відновлення ВТЗ.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Поточний ремонт ВТЗ виконується екіпажами апаратних зв'язку або апаратних технічного забезпечення (АТЗ) після відновлення факту відмови ВТЗ під час їх підготовки або в процесі використання за призначенням. У цих випадках застосовуються найбільш ефективні процедури групового пошуку дефектів (ГПД) [1–7]:

- незалежний пошук, коли кожний член екіпажу ремонтує окремий об'єкт згідно з штатним розкладом;
- сумісний пошук в об'єктах великої розмірності з рознесеними в просторі елементами колективними діями всіх членів екіпажу з обміном інформацією;
- зонний пошук дефектів під час ремонту ВТЗ модульної конструкції на спеціалізованих робочих місцях АТЗ із відповідним технологічним обладнанням.

Начальнику апаратної зв'язку в стресовій ситуації досить складно прийняти обґрунтоване рішення про вибір найбільш ефективного виду ГПД, що скорочує середній час відновлення ВТЗ.

У відомих роботах [3, 4, 7] розглянуті питання оптимізації кількості ремонтників, отримані функціональні залежності часу відновлення ВТЗ від умов ремонту, обґрунтовані вимоги до ЗВТ, але невизначені межі реалізації поточного ремонту ВТЗ агрегатним методом залежно від виду ГПД та мінімізації вартості ЗВТ при заданих обмеженнях на час відновлення працездатності ВТЗ.

Мета статті

Мета статті полягає в обґрунтуванні найбільш доцільного в заданих умовах виду ГПД при мінімізації вимог до ЗВТ і дотримання необхідного значення середнього часу відновлення ВТЗ.

Виклад основного матеріалу

Аналітичні вирази та функціональні залежності щодо оцінки показників якості ГПД під час поточного ремонту ВТЗ отримано в роботах [3, 4, 7] та зведено в табл. 1, де:

L – кількість типових елементів заміни (ТЕЗ) в ВТЗ під час ремонту агрегатним методом;

μ – кількість фахівців, що виконують поточний ремонт ВТЗ;

p – імовірність правильної оцінки результатів виконання перевірки з використанням ЗВТ апаратної зв'язку або АТЗ;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності.

Під час діагностування несправних ВТЗ використовують умовні алгоритми ГПД, при цьому середній час відновлення не перевищує припустиме значення $T \leq T_n$, а реалізація поточного ремонту ВТЗ агрегатним методом вимагає виконання умови $\rho \leq 0,5$ [3, 4, 7].

Таблиця 1

Показники якості групового пошуку дефектів під час поточного ремонту

Показник якості	Сумісний пошук дефектів	Зонний пошук дефектів
Середня кількість перевірок	$K_1 = \log_{\mu+1} L$	$K_2 = \log_2 \frac{L}{\mu}$
Імовірність правильного встановлення діагнозу	$P_1 = p^{K_1}$	$P_2 = p^{1+K_2}$
Середній час відновлення	$T_1 = \frac{tK_1 + t_y}{P_1}$	$T_2 = \frac{tK_2 + t_y}{P_2}$
Математичне сподівання відхилення діагнозу при помилці фахівця в оцінці результату перевірки	$\rho_1 = \frac{\left(K_1 + \frac{L-1}{\mu}\right)(1-p)p^{\mu K_1 - 1}}{2}$	$\rho_2 = \frac{\left(K_1 + \frac{L}{\mu}\right)(1-p)p^{K_2 - 1}}{2}$

Несправний ТЕЗ підлягає відновленню в апаратній зв'язку або в АТЗ при наявності резерву.

Незалежний пошук дефектів не розглядається тому, що в цьому випадку кожен член екіпажу має окрему ділянку роботи і їх неможливо замінити місцями: наприклад, водій ремонтує двигун, радіотехнік – радіоприймач.

На рис. 1 і 2 приведено залежності $K(L, \mu)$ з аналізу яких слідує, що збільшення кількості фахівців веде до скорочення кількості перевірок у всіх випадках, причому зі збільшенням розмірності об'єкту прирост кількості перевірок суттєво уповільнюється. При постійній кількості фахівців завжди $K_1 < K_2$, що підтверджує рис. 3, де $L = 1000$. Тобто, сумісний ГПД в усіх випадках скорочує необхідну кількість перевірок для виявлення дефекту, але його використання залежить від конструктивних особливостей та розмірності об'єкту.

Позитивно, що при сумісному ГПД імовірність правильного встановлення діагнозу також більше, ніж при зонному, що відображено на рис. 4, де $L = 1000$ та $p = 0,995$.

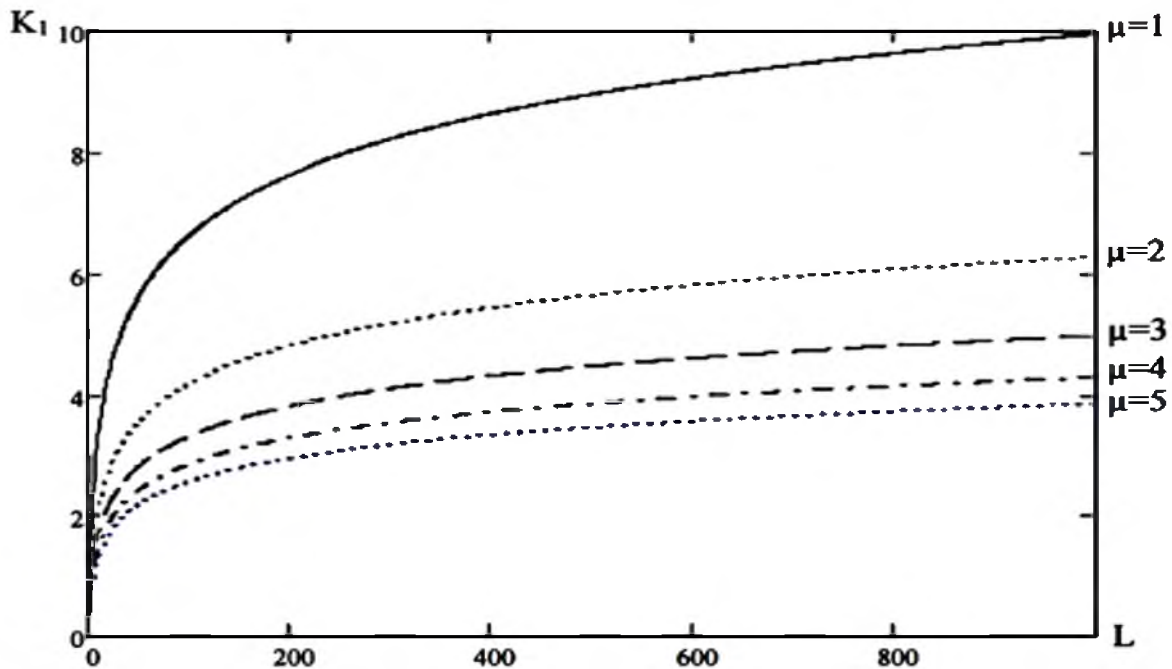


Рис. 1. Залежності середньої кількості перевірок під час спільного пошуку дефектів від розмірності об'єкта і кількості спеціалістів

Найважливіший показник якості поточного ремонту ВТЗ – середній час відновлення, залежності якого від кількості фахівців приведено на рис. 5 при $L = 1000$, $p = 0,995$, $t = 2$ хв., $t_y = 4$ хв. Він також відображає перевагу сумісного ГПД.

Подальші дослідження залежностей $T(t)$ (рис. 6) і $T(p)$ (рис. 7) при $L = 1000$, $\mu = 3$, $t_y = 4$ хв. у всіх випадках відображають перевагу сумісного ГПД. При цьому залежність $\rho(\mu)$ практично не впливає на вид ГПД (рис. 8).

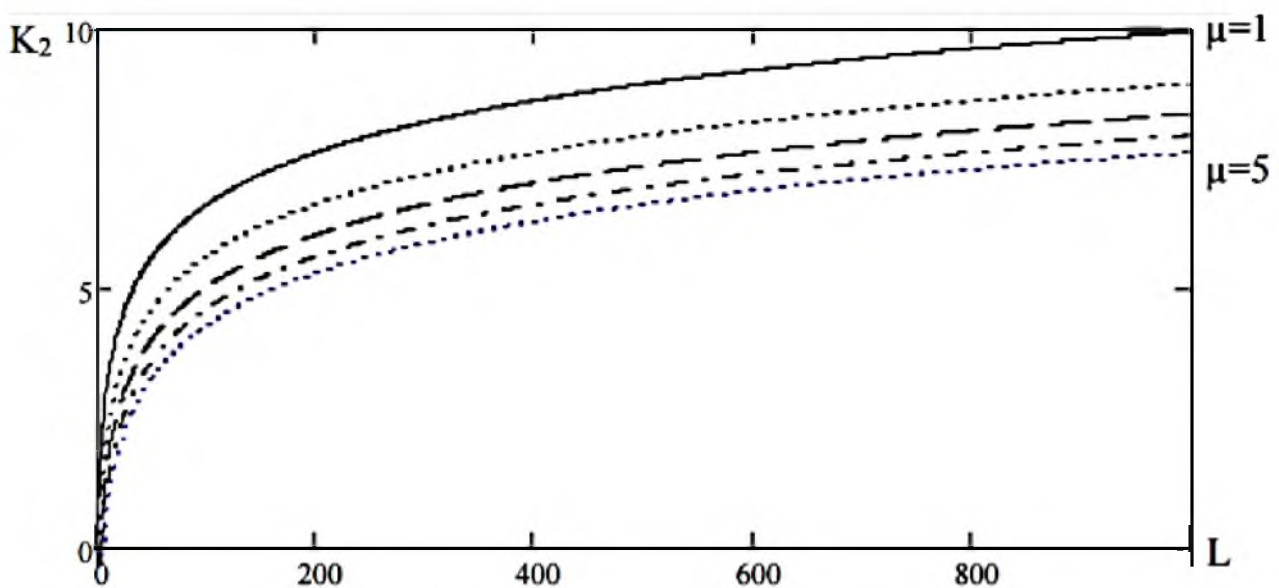


Рис. 2. Залежності середньої кількості перевірок під час зонного пошуку дефектів від розмірності об'єкта і кількості спеціалістів

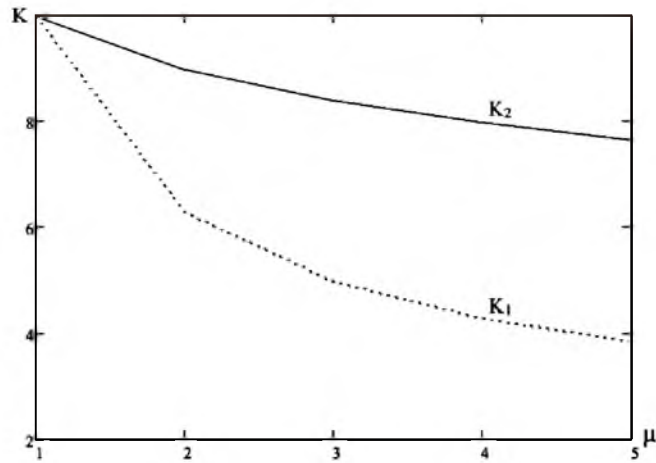


Рис. 3. Залежності середньої кількості перевірок від кількості спеціалістів при постійній розмірності об'єкта

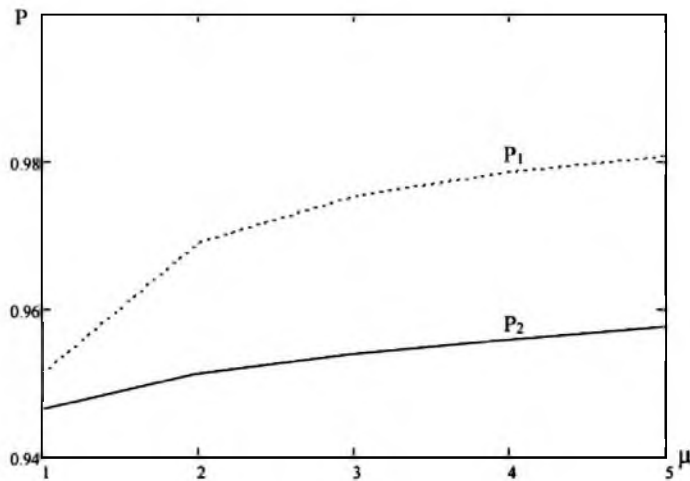


Рис. 4. Залежності ймовірності правильної постановки діагнозу від кількості спеціалістів і виду групового пошуку дефектів

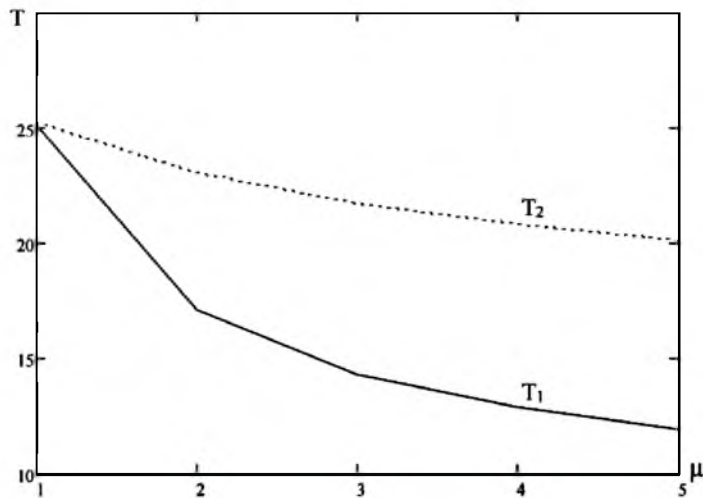


Рис. 5. Залежності середнього часу відновлення від кількості спеціалістів при різних видах групового пошуку дефектів

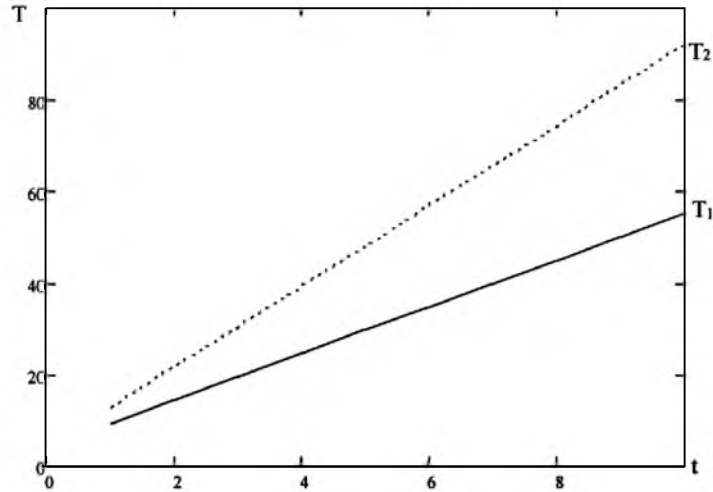


Рис. 6. Залежності середнього часу відновлення від часу виконання перевірки

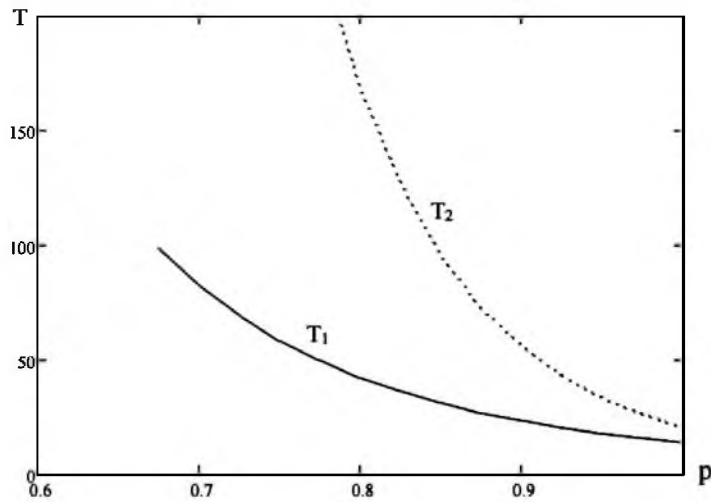


Рис. 7. Залежності середнього часу відновлення від ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки p

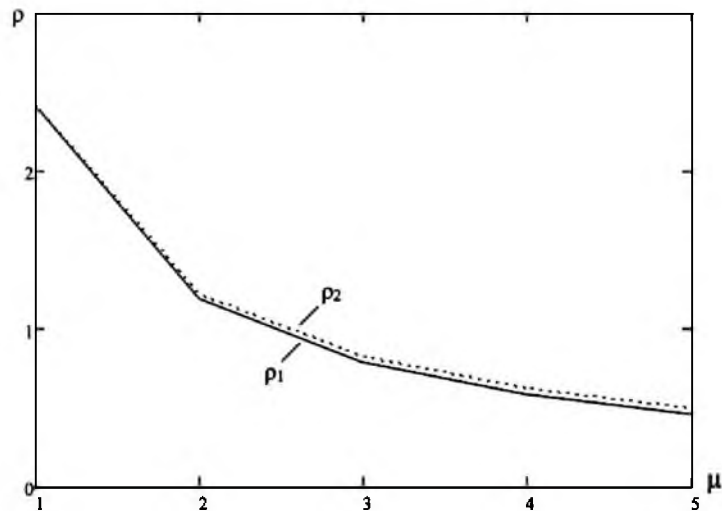


Рис. 8. Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу у разі однієї помилки спеціаліста в оцінці результату виконання перевірки від їх кількості

Дослідження функції $\rho(p)$ при $L = 1000$, $\mu = 3$ показує наявність максимуму (рис. 9), що визначається із рівності нулю першої похідній:

$$\frac{d\rho_1}{dp} = \left((\mu K_1 - 1)(1-p)p^{\mu K_1 - 2} - p^{\mu K_1 - 1} \right) \frac{K_1 + (L-1)/\mu}{2} = 0;$$

$$\frac{d\rho_2}{dp} = \left((K_2 - 1)(1-p)p^{K_2 - 2} - p^{K_2 - 1} \right) \frac{K_2 + L/\mu}{2} = 0.$$

Розв'язання отриманих рівнянь дозволяє сформулювати вимоги до ЗВТ:

$$\frac{\mu K_1 - 1}{\mu K_1} < p_1 < 1; \quad \frac{K_2 - 1}{K_2} < p_2 < 1.$$

Зважаючи на умови реалізації поточного ремонту ВТЗ агрегатним методом ($p \leq 0,5$) в результаті розв'язання рівнянь отримуємо мінімально необхідне значення p , що знижує вартість ЗВТ:

$$\frac{\mu}{\mu K_1 + L - 1} = (1 - p_1)p_1^{\mu K_1 - 1}; \quad \frac{\mu}{\mu K_2 + L} = (1 - p_2)p_2^{K_2 - 1}.$$

Тобто, вимоги до метрологічних характеристик (класу точності аналогових або кількості розрядів цифрових) ЗВТ залежать від виду ГПД, розмірності ВТЗ (L), кількості фахівців (μ) та форми умовного алгоритму діагностування (K).

Припущення $p \approx 1$ (реально $p \geq 0,95$) дозволяє отримати орієнтовне значення вимог щодо ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки:

$$1 - \frac{\mu}{\mu K_1 + L - 1} < p_1; \quad 1 - \frac{\mu}{\mu K_2 + L} < p_2.$$

Отримані значення p дозволяють обґрунтовано обрати тип ЗВТ [7]. Дослідження залежностей $\rho(p)$, показує що у всіх випадках зі зменшенням L і μ можливо використовувати найбільш прості ЗВТ. На рис. 10 відображено залежності $\rho(p)$ при $L = 100$ і $\mu = 3$, при цьому $p_1 < p_2$ і для зонного ГПД можливо використовувати ЗВТ зі $p_2 \geq 0,97$ (наприклад, зі значенням «норма» по сектору шкали аналогового приладу), а для сумісного ГПД – більше простіший ЗВТ зі $p_1 \geq 0,95$ [7].

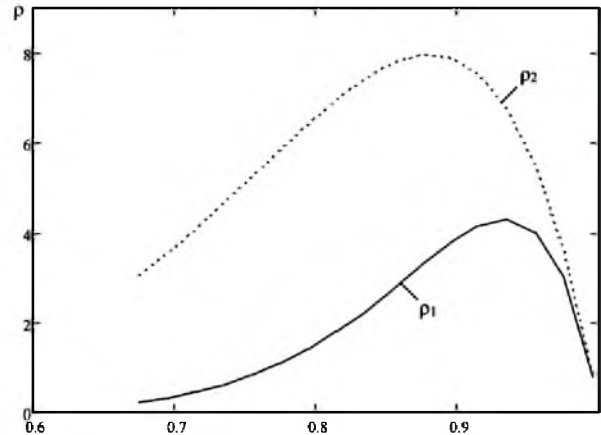


Рис. 9. Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу від ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки p

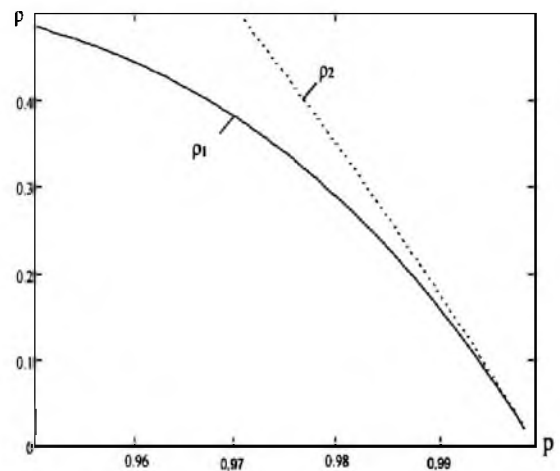


Рис. 10. Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу у разі однієї помилки спеціаліста в оцінці результату виконання перевірки

Висновки

1. В статті вперше встановлено, що залежність математичного сподівання відхилення діагнозу у разі помилки фахівця в оцінці результату виконання перевірки від метрологічних вимог до засобів вимірювальної техніки має максимум.

2. Обґрунтовано мінімально припустимі вимоги до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки, що дозволяє знижувати вартість засобів вимірювань, які використовують під час поточного ремонту.

3. Показано переваги сумісного групового пошуку дефектів за показниками якості поточного ремонту військової техніки зв'язку.
4. Отримані результати доцільно використовувати під час розробки метрологічного забезпечення перспективних засобів військової техніки зв'язку.

Список використаних джерел

1. Ксёэнз С.П. *Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств* / С.П. Ксёэнз. — М : Радио и связь, 1989. — 248 с.
2. Ксёэнз С.П. *Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и ремонте систем управления связи и навигации* / С.П. Ксёэнз, М.К. Полторжский, С.П. Алексеев, В.В. Минеев. — Л. : ВАС, 2010. — 240 с.
3. Сакович Л.М. *Моделювання процесу групового пошуку дефектів при ремонті технічних об'єктів телекомунікаційних систем* / Л.М. Сакович, В.П. Романенко // *Зв'язок*. — 2014. — № 4. — С. 33–38.
4. Романенко В.П. *Модель процесу групового пошуку дефектів при ремонті військової техніки зв'язку* / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // *Озброєння та військова техніка*. — К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2014. — № 4. — С. 49–54.
5. Рижов Є.В. *Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку* / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // *Військово-технічний збірник Академії СВ*. — 2014. — № 1 (10). — С. 119–127.
6. Рижов Є.В. *Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем* / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.В. Ходич, П.Л. Аркушенко // *Український метрологічний журнал*. — Х. : ННЦ "Інститут метрології", 2015. — № 2. — С. 12–16.
7. Сакович Л.Н. *Выбор средств измерений для технического обслуживания и текущего ремонта оборудования систем защиты информации* / Л.Н. Сакович, В.А. Рыжаков, В.П. Павлов // *Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні*. — К. : НТУУ "КПІ", 2003. — Вып. № 7. — С. 77–85.

Рецензент: П.І. Ванкевич д.т.н., с.н.с., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГРУПОВОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ

Е.В. РЫЖОВ, Л.Н. САКОВИЧ

В статье исследовано влияние количества специалистов, размерности объекта ремонта, метрологических характеристик средств измерительной техники на временные и вероятностные показатели качества текущего ремонта военной техники связи штатными экипажами аппаратных связи или аппаратных технического обеспечения. Установлен наиболее эффективный вид совместной деятельности членов экипажей во время текущего ремонта. Определены минимально допустимые требования к средствам измерительной техники при обеспечении необходимого времени восстановления военной техники связи.

Ключевые слова: военная техника связи, текущий ремонт, групповой поиск дефектов.

RESEARCH QUALITY INDICATORS GROUP SEARCH DEFECTS DURING CURRENT REPAIR OF MILITARY COMMUNICATION MEANS

Y. Ryzhov, L. Sakovych

In the article the influence of the number of professionals dimension object repair metrological characteristics of measuring instruments for probabilistic time and quality repair of this military communication means regular crew communications hardware or hardware support. Established most effective type of joint crew member during maintenance. The minimum acceptable requirements for measuring instruments, while ensuring the necessary recovery time of military communication means.

Keywords: Military communication means, maintenance, group search for defects.