

УДК 621.396.6

Л. М. САКОВИЧ, канд. техн. наук, доцент;

Ю. С. ВАСИЛЮК,

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУУ «КПІ»

## МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТИПОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАМІНИ ПРИ КОМПОНУВАННІ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ ЩОДО РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ

**Запропоновано формалізацію процесу компонування техніки зв'язку для забезпечення необхідного часу відновлення з використанням всіх видів надлишковості при розробці діагностичного забезпечення ремонту.**

**Ключові слова:** компонування техніки зв'язку; типові елементи заміни; ремонтпридатність.

### Вступ

Під час проектування перспективних зразків техніки зв'язку (ТЗ) їх компонування здійснюють за різними критеріями, включаючи забезпечення потрібного рівня ремонтпридатності згідно з керованими документами. Що ж до поточного ремонту (ПР), то здобуті останнім часом результати наукових досліджень у галузі технічної діагностики ТЗ дозволяють істотно підвищити його ефективність за рахунок використання всіх видів надлишковості.

**Мета статті** — оформлення зазначених результатів у вигляді методики, яка дає змогу забезпечувати необхідний час відновлення ТЗ завдяки раціональному компонуванню та ефективному діагностичному забезпеченню.

### Основна частина

Пропонована методика має забезпечити наукове обґрунтування рекомендацій стосовно компонування перспективних зразків ТЗ для досягнення заданого рівня ремонтпридатності згідно з вимогами, що висуваються при реалізації ПР у ремонтних органах (РО) агрегатним методом.

Структурну схему зазначеної методики наведено на рис. 1, де використано такі позначення:

$L$  — кількість типових елементів заміни (ТЕЗ) у ТЗ;

$K$  — середня кількість перевірок при пошуку дефекту;

$\mu$  — кількість спеціалістів у РО;

$Q$  — кількість дефектів у зразку ТЗ;

$\mu_d$  — допустима кількість спеціалістів у РО;

$T_{в.д}$  — допустиме значення середнього часу відновлення ТЗ.

Вихідні дані дістаємо, аналізуючи принципову електричну схему виробу й передбачувані умови ПР, а також відомості про матеріально-технічну базу й організаційно-штатну структуру РО, дані про ремонт аналогічних зразків ТЗ.

Обмеження та допущення відповідають реальним умовам експлуатації й ремонту ТЗ при ПР силами екіпажів апаратних зв'язку й фахівців РО.

Використовувані в методиці нові функціональні залежності наведено в табл. 1 [1].

Розглянемо порядок застосування методики на прикладі компонування й розробки діагностичного забезпечення (ДЗ) радіостанції 5-го покоління [2]. Радіостанція складається із  $Z = 4608$  електро-

Таблиця 1

Характеристики діагностичного забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з використанням її надлишковості

Вид надлишковості	Вид алгоритму	Імовірність $P$ правильного діагнозу	Середній час $T_0$ відновлення	Математичне сподівання (МС) відхилення ( $\rho$ ) діагнозу від істинного
Почасова	Повтор $r$ перших перевірок	$(2-P)^r P^K$	$\frac{r(K+r)+t_y}{P}$	$0,5Pg[L+K-1-P(L+r-2^{K-r})]/P$
	Повтор кожної перевірки	$(2-P)^K P^K$	$\frac{2Kt+t_y}{P}$	$0,5Pg^2(L+K-1)/P$
Функціональна	Поділ об'єкта на $R$ частин	$P^{K-\log_2 R}$	$\frac{t \log_2(L/R)+t_y}{P}$	$0,5\left(\frac{L}{R} + \log \frac{L}{R} - 1\right)gP^{\log_2(L/R)-1}$
Конструктивна	Бінарний мінімальної форми	$P^K$	$\frac{Kt+t_y}{P}$	$0,5(Z/l + \log_2(Z/l) - 1)gP^{\log_2(Z/l)-1}$
Інформаційна та структурна	Модифікований неоднорідний	$P_1^{K_1} P_2^{K_2}$	$\frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + t_y}{P}$	$0,5\left[ g_1 P_1^{K_1-1} P_2^{K_2} \sum_{i=1}^{K_1} (1+(M-i)!) + P_1^{K_1} g_2 P_2^{K_2-1} \sum_{i=1+K_1}^{K_1+K_2} (1+(M-i)!) \right]$

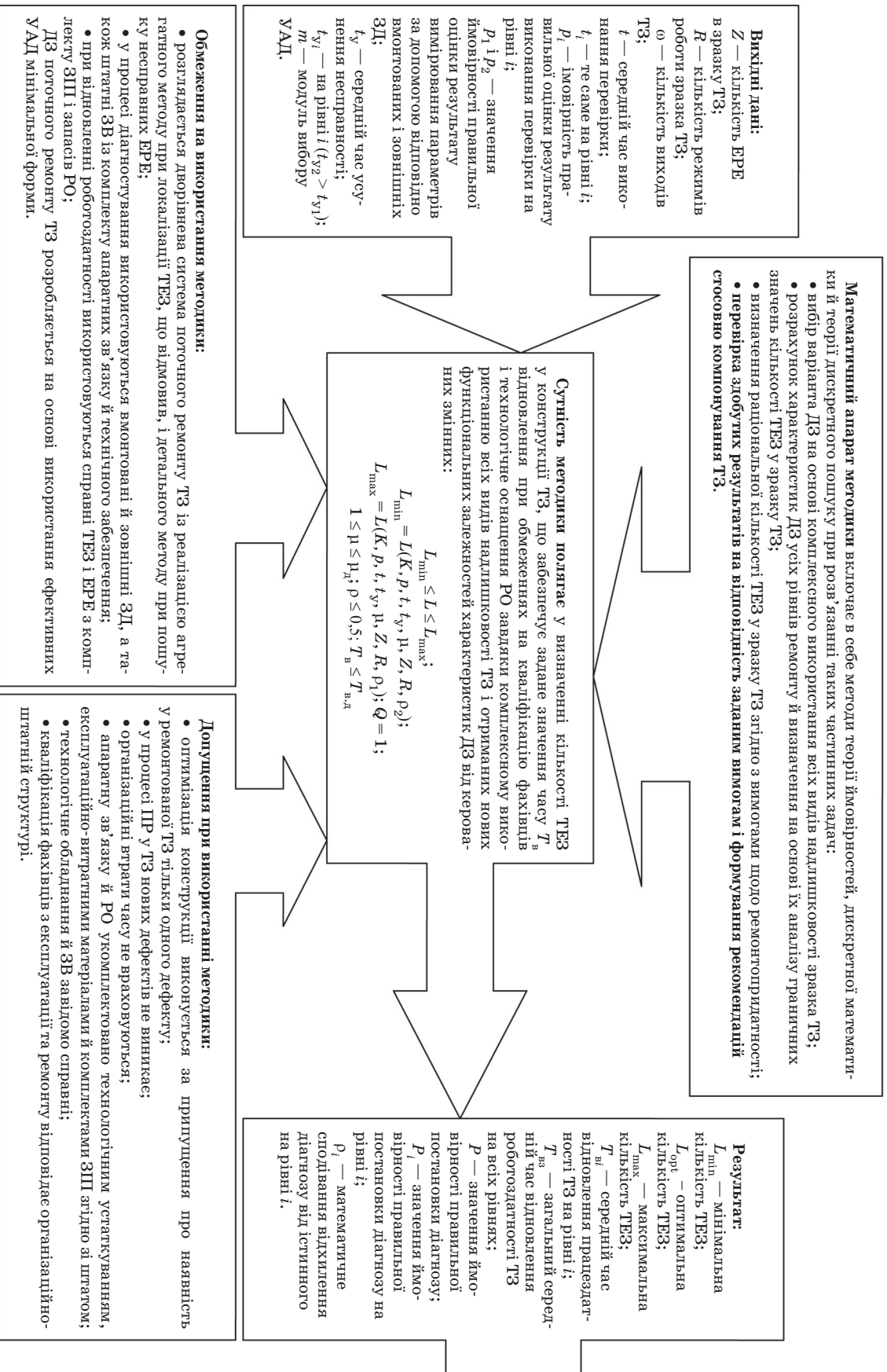


Рис. 1. Структура методики об'єднування кількості типових елементів заміни при комплектуванні техніки зв'язку згідно з вимогами щодо ремонтопридатності

радіоелементів (ЕРЕ), з яких  $Z_1 = 512$  становлять підсистеми електроживлення, управління функціонуванням і формування сигналів опорних генераторів;

$Z_2 = Z_3 = 2048$  — тракти прийому і передачі. Радіостанція працює в режимах прийому і передачі ( $R = 2$ ), маючи низько- і височастотний виходи ( $\omega = 2$ ), тобто являє собою багаторежимний (БРО) і багатовиходовий об'єкт (БВО). Ремонт здійснює один майстр ( $\mu = 1$ ). Допустиме значення середнього часу відновлення роботоздатності ТЗ при ПР  $T_{в.д} = 60$  хв.



Рис. 2. Алгоритм діагностування радіостанції

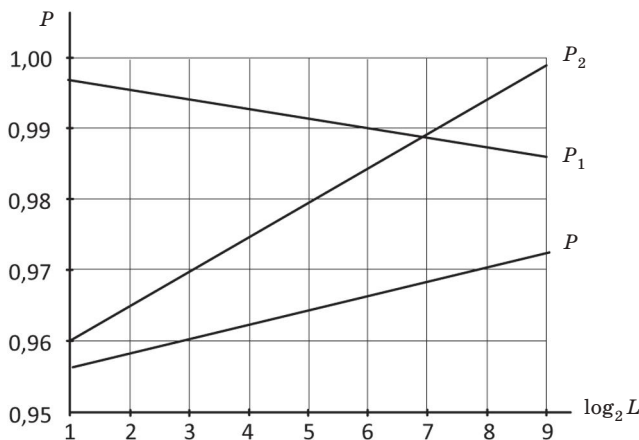


Рис. 3. Залежність імовірності правильної постановки діагнозу від кількості ТЕЗ для  $Z_1 = 512$

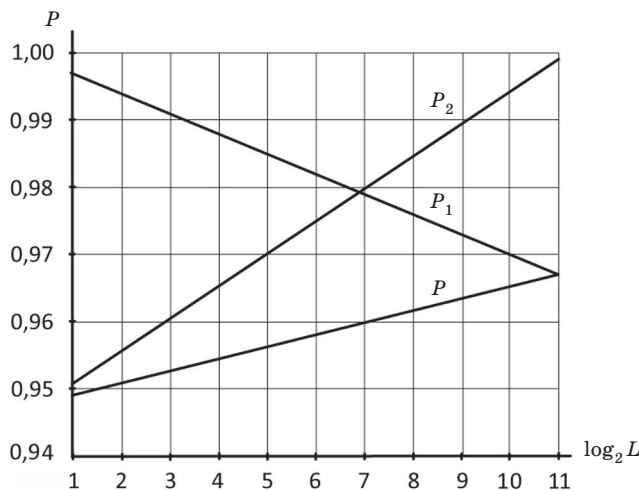


Рис. 4. Залежність імовірності правильної постановки діагнозу від кількості ТЕЗ при  $Z_2 = Z_3 = 2048$

Ремонт виконується в два етапи: спочатку здійснюється пошук ТЕЗ, який відмовив, а далі — визначення несправного ЕРЕ в ньому за бінарним умовним алгоритмом діагностування (УАД) ( $m = 2$ ) мінімальної форми (рис. 2).

Результати обчислень показників ДЗ залежно від  $L$  (кількості ТЕЗ) наведено на рис. 3–8 і в табл. 2 при таких вихідних даних:  $t_1 = 3$  хв;  $t_{y1} = 5$  хв;  $p_1 = 0,997$ ;  $t_2 = 5$  хв;  $t_{y2} = 10$  хв;  $p_2 = 0,995$ .

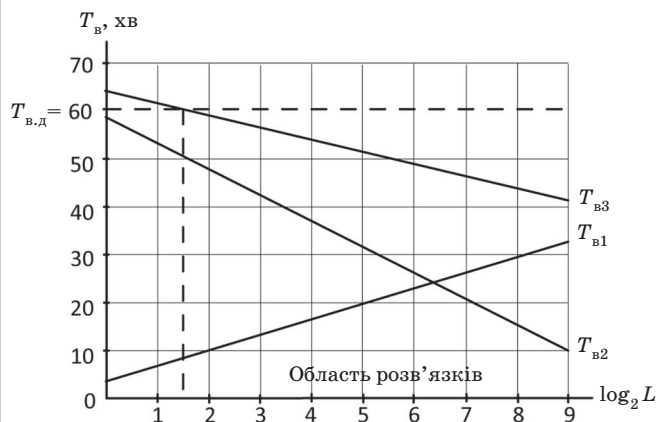


Рис. 5. Залежність середнього часу  $T_{в}$  відновлення від кількості ТЕЗ для  $Z_1 = 512$

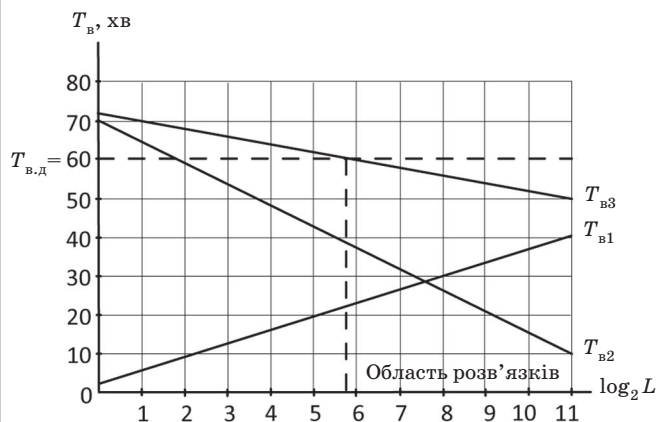


Рис. 6. Залежність середнього часу  $T_{в}$  відновлення від кількості ТЕЗ для  $Z_2 = Z_3 = 2048$

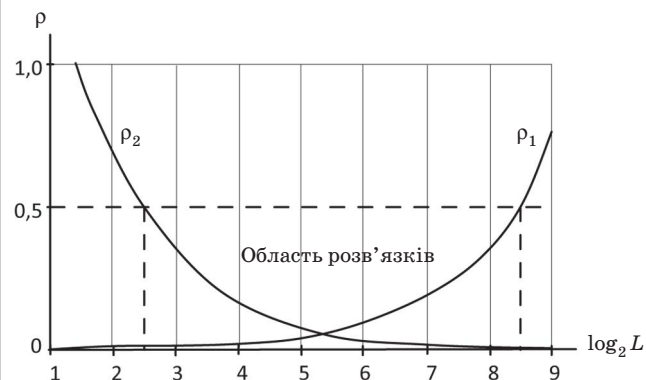


Рис. 7. Залежність значення математичного сподівання відхилення діагнозу від істинного при одній помилці оператора для  $Z_1 = 512$

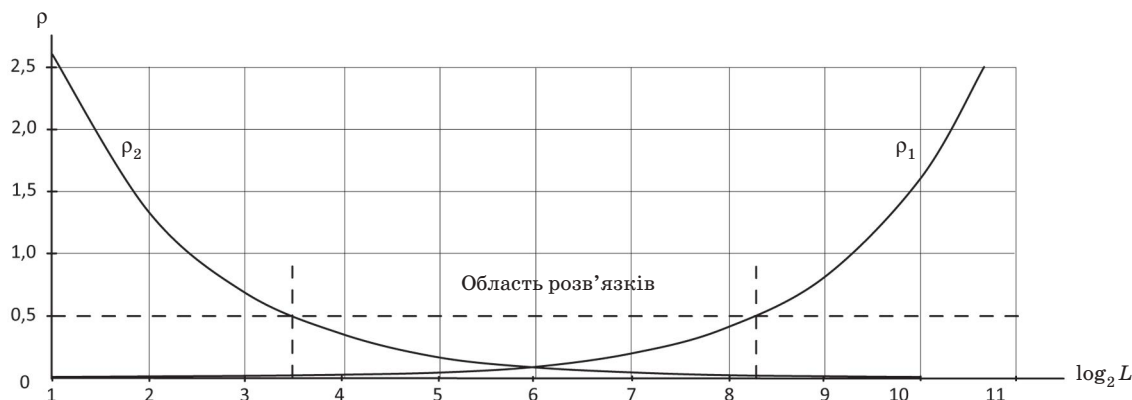


Рис. 8. Залежність значення математичного сподівання відхилення діагнозу від істинного при одній помилці оператора для  $Z_2 = Z_3 = 2048$

Вочевидь, що при пошуку несправного ЕРЕ серед  $Z_1$  є запас часу  $\Delta T_B = 60,0 - 50,9 = 9,1$  хв (табл. 2), що дозволяє, використовуючи почасову надлишковість, здійснювати повторне виконання перших перевірок на кожному рівні ремонту ( $r_1 = r_2 = 1$ ), що поліпшить показники якості ДЗ (табл. 3). Використання почасової надлишковості в цьому разі забезпечує необхідне значення середнього часу  $T_B$  відновлення роботоздатності ТЗ ( $Z_1 = 512$ ) = 59,7 хв при  $P = 0,973$  і значному зниженні  $\rho_1$  і  $\rho_2$  (для сучасних зразків ТЗ  $P \geq 0,8$  [3]).

Таблиця 2

Показники діагностичного забезпечення поточного ремонту перспективної радіостанції

Показник	$Z_1 = 512$	$Z_2 = Z_3 = 2048$
$L_{min}$	8	64
$L_{max}$	256	256
$L_{opt}$	32	64
$P_1$	0,985	0,982
$P_2$	0,980	0,975
$P$	0,965	0,957
$T_{B1}, \text{хв}$	20,3	23,4
$T_{B2}, \text{хв}$	30,6	35,9
$T_{B3}, \text{хв}$	50,9	59,3
$\rho_1$	0,053	0,102
$\rho_2$	0,094	0,087

Оцінювання ефективності виконується порівнянням здобутих результатів із показниками ДЗ радіостанцій 5-го покоління Російської федерації Р-168-5УТ(2)-25 [4] і Збройних сил НАТО CNR-9000-NCW-3RD [5], показники ДЗ яких наведено в табл. 4 (при  $t = 4$  хв,  $t_V = 7$  хв) для ПР в аналогічних умовах.

У разі дворівневої системи ПР радіостанцій-прототипів середній час відновлення їхньої роботоздатності  $T_B < T_{B,P}$ . При цьому значення  $P$  неістотно відрізняються в бік зменшення від наведених у табл. 2 і 3. Проте математичне сподівання (МС)

відхилення діагнозу від істинного за наявності однієї помилки через необґрунтоване задання кількості ТЕЗ в оцінці результату перевірки в 4–15 разів перевищує отримані за методикою для Р-168-5УТ(2)-25 і виходить за припустимі межі ( $\rho = 1,32 > 0,5$ ) для CNR-9000-NCW-3RD, що зменшує ефективність ПР агрегатним методом в умовах РО.

Таблиця 3

Показники діагностичного забезпечення загальних підсистем радіостанції з використанням часої надлишковості

Показник	Пошук	
	ТЕЗ	ЕРЕ
$r$	1	1
$T_B, \text{хв}$	23,6	36,1
$P$	0,988	0,985
$\rho$	0,028	0,025

Пропонована методика становить основу аналітичних і алгоритмічних засобів розробки рекомендацій щодо компонування перспективних зразків ТЗ із урахуванням вимог до рівня їхньої ремонтпридатності, якщо ПР здійснюється силами екіпажів апаратних зв'язку або в РО. Використовувати цю методику доцільно при формуванні нової редакції вимог до ремонтпридатності ТЗ, яка перебуває на стадії розробки чи модернізації, у проектних організаціях при розробці перспективних зразків ТЗ для забезпечення необхідного значення  $T_B$  при ПР у РО.

Таблиця 4

Показники діагностичного забезпечення поточного ремонту радіостанцій п'ятого покоління

Показник	Радіостанції	
	Р-168-5УТ(2)-25	CNR-9000-NCW-3RD
$L$	18	5
$\rho$	0,997	0,997
$T_B, \text{хв}$	48,5	52,7
$P$	0,970	0,967
$\rho$	0,374	1,320

Наукова новизна методики полягає в комплексному використанні всіх видів надлишковості ТЗ при розробці ДЗ на основі вперше здобутих функціональних залежностей, що характеризують кількісну оцінку впливу компонування виробу на показники ремонтпридатності, включаючи МС відхилення діагнозу від істинного [1].

#### Висновки

1. Підвищити надійність техніки в процесі її експлуатації неможливо, її можна тільки **підтримувати на необхідному рівні** завдяки високоякісному і своєчасному технічному обслуговуванню і ремонту. Необхідний рівень надійності задається при проектуванні виробів, забезпечується в процесі виробництва й підтримується при експлуатації. Пропонована методика з використанням здобутих результатів розв'язує завдання такого підтримання.

2. Методика відрізняється від відомих [6–8] розширенням кількості оцінюваних показників ДЗ, зумовленим реалізацією ПР агрегатним методом, комплексним використанням всіх видів надлишковості ТЗ при розробці її ДЗ, застосуванням нових функціональних залежностей показників якості ДЗ від конструкції ТЗ. При цьому необхідний рівень ремонтпридатності забезпечується використанням особливостей схемної та конструктивної побудови при ПР в умовах РО.

3. Здобуті результати мають рекомендаційний характер, оскільки при компонуванні ТЗ необхідно крім задоволення вимог стосовно ремонтпридатності враховувати комплекс вимог щодо електромагнітної сумісності ЕРЕ в ТЕЗ, забезпечення теплових режимів і роботи в заданих кліматичних умовах за припустимих механічних навантажень.

#### Література

1. Васильюк, Ю. С. Использование избыточности техники связи для повышения эффективности диагностирования / Л. Н. Сакович, Ю. С. Васильюк // Зв'язок.— 2007.— №2.— С. 54–57.

2. Ерохін, В. Ф. Прогнозування основних характеристик перспективних радіостанцій силових структур / В. Ф. Ерохін, В. М. Раєвський // Зв'язок.— 2005.— №3.— С. 61–64.

3. **Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки** / [М. К. Жердєв, С. В. Ленков, В. В. Вишнівський, В. О. Проценко]; за ред. М. К. Жердєва, С. В. Ленкова.— К.: ТОВ «Компанія ЛІК», 2009.— 224 с.

4. **Продукція** ОАО Концерн «Созвездие» [Електронний ресурс].— Інноваційно-маркетингова система: інтегрований каталог продукції підприємств концерну «Созвездие».— Режим доступу:

[www.imsrosprom.com](http://www.imsrosprom.com).— Дата доступу: груд. 2014.— Назва з екрана.

5. **CNR–9000** [Electronic resource].— Tadiran Communications Ltd.— Mode of access:

[www.tadcomm.com](http://www.tadcomm.com).— Data of access: dec. 2014.— Title from the screen.

6. **Ксенз, С. П. Основы технической диагностики средств и комплексов связи и автоматизации управления** / С. П. Ксенз.— Л.: ВАС, 1989.— 192 с.

7. **Ксенз, С. П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств** / С. П. Ксенз.— М.: Радио и связь, 1989.— 248 с.

8. **Теоретические и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации**; под ред. С. П. Ксенза.— Л.: ВАС, 1990.— 336 с.

Л. Н. Сакович, Ю. С. Васильюк

### МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ЧИСЛА ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАМЕНЫ ПРИ КОМПОНОВКЕ ТЕХНИКИ СВЯЗИ СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ К РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ

Предложена формализация процесса компоновки техники связи для обеспечения необходимого времени восстановления с использованием всех видов избыточности при разработке диагностического обеспечения ремонта.

**Ключевые слова:** компоновка техники связи; типовые элементы замены; ремонтпригодность.

L. M. Sakovych, Yu. S. Vasilyuk

### METHOD OF GROUND NUMBER OF COMMON ELEMENTS OF THE REPLACEMENT OF EQUIPMENT LAYOUT RELATIONS IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS TO MAINTAINABILITY

In the article was proposed the formalization of the process of communication technology composing for providing necessary time for renovation with the use of all kinds of redundancy while the development of the diagnostic provision of the repair.

**Keywords:** layout of communications technology; typical elements of replacement; maintainability.