

УДК 681.3.06

С.Є. Гнатюк, О.В. Корнейко

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "КПІ", Київ

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИХ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

*В статті на основі використання нових аналітичних моделей надійності програмного забезпечення, теоретично обґрунтовано методику кількісної оцінки і прогнозування значень показників надійності програмно-керованих засобів зв'язку за результатами підконтрольної експлуатації перспективних зразків, яку практично можливо реалізувати в реальних умовах. Методика призначена для кількісної оцінки і прогнозування за результатами даних підконтрольної експлуатації числа помилок в програмному забезпеченні, напруження на відмову програмного забезпечення, апаратних засобів і програмно-керованих засобів зв'язку в цілому, ймовірності їхньої безвідмовної роботи за заданий період часу.*

**Ключові слова:** показники надійності, системи зв'язку, програмно-керовані засоби зв'язку, напруження на відмову, середній час відмовлення.

### Вступ

Перехід на цифрову обробку інформації і впровадження програмно-керованих засобів зв'язку (ПКЗЗ) до складу систем зв'язку (СЗ) посилює вплив якості програмного забезпечення (ПЗ) на надійність засобів та систем, які їх використовують. Врахування даної обставини піднімає актуальність розроблення і впровадження науково-методичних рекомендацій щодо оцінки значень показників надійності окремих ПКЗЗ і СЗ в цілому з мінімізацією середньоквадратичного відхилення (СКВ) результатів від отриманих під час експлуатації.

Аналіз літератури. У відомих джерелах розглядається окремо надійність апаратних засобів (АЗ) [1 – 3] і їх ПЗ [4 – 7]. При дослідженні надійності СЗ в цілому необхідно врахувати надійність обладнання ліній зв'язку між віддаленими користувачами, коефіцієнт готовності яких за даними [8] складає 0,998. Наприклад по даним [8] за перший місяць експлуатації напруження на відмову АЗ складає всього від 8 до 44 годин, ПЗ від 3 до 36 годин, а ПКЗЗ в цілому від 2,7 до 19 годин. Тому виникає необхідність створення методики, що дозволяє комплексно оцінити надійність обладнання СЗ і ПКЗЗ із врахуванням спільного впливу усіх складових на значення показників.

**Мета статті** – на основі використання нових аналітичних моделей надійності ПЗ теоретично обґрунтувати та створити методику кількісної оцінки і прогнозування значень показників надійності ПКЗЗ за результатами підконтрольної експлуатації перспективних зразків, яку практично можливо реалізувати в реальних умовах.

### Основна частина

Методика призначена для кількісної оцінки і прогнозування за результатами даних підконтроль-

ної експлуатації числа помилок в ПЗ, напруження на відмову ПЗ, АЗ і ПКЗЗ в цілому, ймовірності безвідмовної роботи ПЗ, АЗ і ПКЗЗ в цілому за заданий період часу.

Структура методики приведена на рис. 1.

Сутність методики полягає в отриманні кількісної оцінки показників надійності ПКЗЗ при заданих обмеженнях і припущеннях на базі використання нової аналітичної моделі надійності ПЗ із марківським процесом виявлення помилок і нових функціональних залежностей досліджуваних показників від часу, приведених в табл. 1.

Початкові дані залежать від виду моделі надійності ПЗ (статична – якщо аналіз відмов щомісячний, динамічна – фіксація відмов після їх виникнення):

$R$  – кількість робочих місць (засобів зв'язку або ПКЗЗ з ПЗ, яке досліджується);

$T_a$  – напруження на відмову АЗ під час періоду нормальної експлуатації (згідно технічного опису, вимог керівного технічного матеріалу або аналізу даних щодо експлуатації у таких же умовах аналогічних зразків);

$T_b$  – середній час відновлення АЗ;

$T_{вп}$  – середній час відновлення ПЗ;

$T$  – період прогнозу (в місяцях);

$t_{гм}$  – час роботи (в годинах) ПКЗЗ  $г = \overline{1, R}$  за місяць  $г = \overline{1, T}$ ;

$K_m$  – кількість відмов ПЗ на  $R$  робочих місцях за місяць  $г$  підконтрольної експлуатації;

$n$  – кількість місяців підконтрольної експлуатації ПКЗЗ.

Обмеження і припущення при використанні методики приведено на рис. 1.

Математичний апарат методики базується на використанні теорії надійності складних технічних систем [1 – 3], теорії ймовірностей [9] та нових моделей надійності ПЗ [10 – 2], приведених в табл. 1.



Рис. 1. Структура методики кількісної оцінки і прогнозування показників надійності ПКЗЗ

Таблиця 1

Розрахунок кількісних оцінок значень показників надійності ПЗ

| Показник надійності ПЗ  | Вид моделі надійності ПЗ                                      |   |  |
|---|---|---|--|
|   | Статична  |   | Динамічна  |
|   | Розрахунок a і b  | Розрахунок A <sub>1</sub> , K, u  | Розрахунок a і b   |
| Значення коефіцієнтів моделі за результатами апроксимації даних про відмови ПЗ                                    | $b = \ln(A_n/A_1) / (1 - n)$<br>$a = A_1 (A_n/A_1)^{1/(1-n)}$ | Розрахунок по блок-схемі алгоритмів, рис.2  | $b = \frac{\ln(N_{cj}/N_{ci})}{(i-j)/T - \ln(i/T) + \ln(j/T)}$<br>$a = N_{ci} / \left[ \left( \frac{i}{T} \right)^b \exp(-ib/T) \right]; 0 < i < j \leq T$ |
| Кількість відмов ПЗ за місяць m (N <sub>m</sub> )   | $a \exp(-mb)$   | $A_1 (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)}$   | $\frac{a}{T^b} \cdot \frac{m^b - (m-1)^b e^{b/T}}{e^{mb/T}}$   |
| Сумарна кількість відмов ПЗ за T місяців (N <sub>T</sub> )  | $\frac{a(e^{bT} - 1)}{e^{bT}(e^b - 1)}$                       | $\frac{A_1 \left[ (A_n/A_1)^{T/(1-n)} - 1 \right]}{(A_n/A_1)^{(T-1)/(n-1)} \left[ (A_n/A_1)^{1/(1-n)} - 1 \right]}$ | $a \exp(-b)$   |
| Ймовірність безвідмовної роботи ПЗ за місяць m (P <sub>nm</sub> )   | $\exp(-ae^{-mb})$   | $\exp \left[ -A_1 \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{(m-1)/(n-1)} \right]$   | $\exp \left[ -a \left( m^b - (m-1)^b e^{b/T} \right) / \left( T^b e^{mb/T} \right) \right]$  |
| Інтенсивність потоку відмов ПЗ за місяць m (Л <sub>m</sub> )  | $-ab(A_n/A_1)^m$  | $\frac{A_1 \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{\frac{m-1}{n-1}} \ln \left( \frac{A_n}{A_1} \right)}{1 - n}$             | $\frac{a \left[ m^b e^{-b/T} - (m-1)^b \right]}{T^b \exp \left[ b(m-1)/T \right]}$   |
| Напрацювання ПЗ на відмову за місяць m (T <sub>nm</sub> )   | $-\left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{-m} / ab$                   | $\frac{1 - n}{A_1 \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{\frac{m-1}{n-1}} \ln \left( \frac{A_n}{A_1} \right)}$             | $\frac{T^b \exp \left[ b(m-1)/T \right]}{a \left[ m^b e^{-b/T} - (m-1)^b \right]}$   |
| Середньоквадратичне відхилення результатів прогнозування N <sub>m</sub> від даних про відмови ПЗ за n місяців (y) | $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (ae^{-mb} - K_m)^2}$          | $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \left( A_1 \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{\frac{1-m}{1-n}} - K_m \right)^2}$       | $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \left( K_{cm} - \frac{a \left[ m^b - (m-1)^b e^{b/T} \right]}{T^b e^{mb/T}} \right)^2}$                                    |

В результаті аналізу даних про відмови ПЗ за  $n$  місяців підконтрольної експлуатації ( $K_m$ ) із припущенням про експоненціальний закон зміни їх кількості від часу виконується апроксимація і отримується кількісна оцінка  $A_m$  кількості відмов ПЗ за місяць  $m$ .

Згідно прийнятої статичної моделі надійності ПЗ, кількість відмов змінюється за експоненціальним законом, де значення коефіцієнтів визначаються за результатами підконтрольної експлуатації ПКЗЗ. За рекомендаціями [10 – 12] отримуємо оцінку кількості відмов ПЗ за місяць ( $N_m$ ), прогнозоване число помилок у ПЗ за період  $T$  ( $N_T$ ), загальний час використання ПЗ на  $R$  робочих місцях за місяць  $m$  ( $\tau_m$ ), напрацювання на відмову ПЗ за місяць  $m$  ( $T_{nm}$ ), ймовірність безвідмовної роботи ПЗ ( $P_{nm}$ ), напрацювання на відмову ПКЗЗ за місяць  $m$

$$T_{cm} = T_{nm} T_a / (T_{nm} + T_a).$$

Для одного комплексу АЗ час роботи за місяць  $m$  дорівнює  $\phi_m/R$ , а за  $m$  місяців зростає до  $m\tau_m/R$ . Параметр потоку відмов комплексу АЗ обернено пропорційний напрацюванню на відмову ( $z = 1 / T_a$ ). Тоді ймовірність безвідмовної роботи за місяць  $m$  одного комплексу АЗ

$$P_{am} = \exp(-m\tau_m / RT_a);$$

СЗ в цілому

$$P_{cm} = P_{am} P_{nm} = \exp\left[-(N_m + m\tau_m / (RT_a))\right].$$

Тут під відмовою ПКЗЗ мається на увазі відмова ПЗ або АЗ хоча б на одному робочому місці.

Представляє практичний інтерес знаходження моменту часу, коли ймовірність безвідмовної роботи ПКЗЗ максимальна:

$$\frac{dP_{cm}}{dm} = 0; \quad \frac{d^2P_{cm}}{dm^2} < 0;$$

$$\frac{d}{dm} \left[ \exp\left(-A_1 (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)} - m\tau_m / (RT_a)\right) \right] = \left[ \frac{A_1}{1-n} (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)} \ln(A_n/A_1) - \frac{\tau_m}{RT_a} \right] \times \exp\left[-A_1 (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)} - m\tau_m / (RT_a)\right] = 0.$$

Оскільки при будь-якому  $m > 0$  завжди

$$\exp\left[-A_1 (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)} - m\tau_m / (RT_a)\right] \neq 0,$$

то отримуємо рівняння:

$$\frac{A_1}{1-n} (A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)} \ln(A_n/A_1) = \frac{\tau_m}{RT_a},$$

рішення якого дає результат, що визначає момент часу у якому ймовірність безвідмовної роботи ПКЗЗ максимальна:

$$m_0 = 1 - \left( (1-n) \ln \frac{(1-n)\tau_m}{RT_a A_1 \ln(A_n/A_1)} \right) / \ln(A_n/A_1).$$

Введемо позначення

$$f = \ln \frac{(1-n)\tau_m}{RT_a A_1 \ln(A_n/A_1)} / \ln(A_n/A_1),$$

тоді максимальне значення ймовірності дорівнює:

$$\max P_{cm} = \exp\left[ \frac{\tau_m (f(1-n) - 1)}{RT_a} - A_1 (A_n/A_1)^f \right].$$

Наприклад, при  $A_1 = 6$ ;  $A_n/A_1 = 0,5$ ;  $n = 4$ ;  $\tau_m = 900$  год;  $R = 5$ ;  $T_a = 10000$  год; отримаємо  $m_0 = 21$  і  $\max P_{cm} = 0,633$ .

На ПКЗЗ після встановлення нового ПЗ бажано скоротити до мінімуму момент досягнення  $\max P_{cm}$ . При  $m_0 = 1$  отримуємо

$$(1-n) \ln \frac{(1-n)\tau_m}{RT_a A_1 \ln(A_n/A_1)} / \ln(A_n/A_1) = 0,$$

але оскільки  $\ln(A_n/A_1) \neq 0$ ;  $1-n \neq 0$ ; то

$$\ln \frac{(1-n)\tau_m}{RT_a A_1 \ln(A_n/A_1)} = 0;$$

звідки випливає, що

$$(1-n)\tau_m = RT_a A_1 \ln(A_n/A_1).$$

У такому випадку для досягнення  $\max P_{cm}$  за перший місяць експлуатації ПКЗЗ необхідно виконати рівняння

$$\frac{(1-n)\tau_m}{RT_a} = A_1 \ln \frac{A_n}{A_1},$$

тобто максимально збільшити інтенсивність використання ПЗ, що реально, або зменшити  $RT_a$ , що є недопустимим.

Алгоритм реалізації методики (рис. 2) складається із таких операцій:

- отримання початкових даних;
- вибір моделі надійності ПЗ (статична або динамічна);
- апроксимація даних про відмови ПЗ;
- розрахунок коефіцієнтів  $a$  і  $b$  за рекомендаціями [10-12];

розрахунок для кожного місяця за період  $m = \overline{1, T}$  значень числа відмов ПЗ ( $N_m$ ), напрацювання на відмову ПЗ ( $T_{nm}$ ) і ПКЗЗ в цілому ( $T_{cm}$ ), значення ймовірностей безвідмовної роботи АЗ ( $P_{am}$ ), ПЗ ( $P_{nm}$ ) і ПКЗЗ в цілому ( $P_{cm}$ );

- оцінка прогнозованого числа помилок ПЗ ( $N$ );
- розрахунок СКВ результатів прогнозування від істинного значення числа відмов ПЗ за  $n$  місяців підконтрольної експлуатації ПКЗЗ

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (K_m - N_m)^2};$$

вивід отриманих результатів у вигляді таблиці і залежностей  $N_m$ ,  $T_{nm}$ ,  $T_{cm}$ ,  $P_{am}$ ,  $P_{nm}$ ,  $P_{cm}$  від часу прогнозування  $m = \overline{1, T}$ ;

вивід значень  $N$  і  $y_n$ .

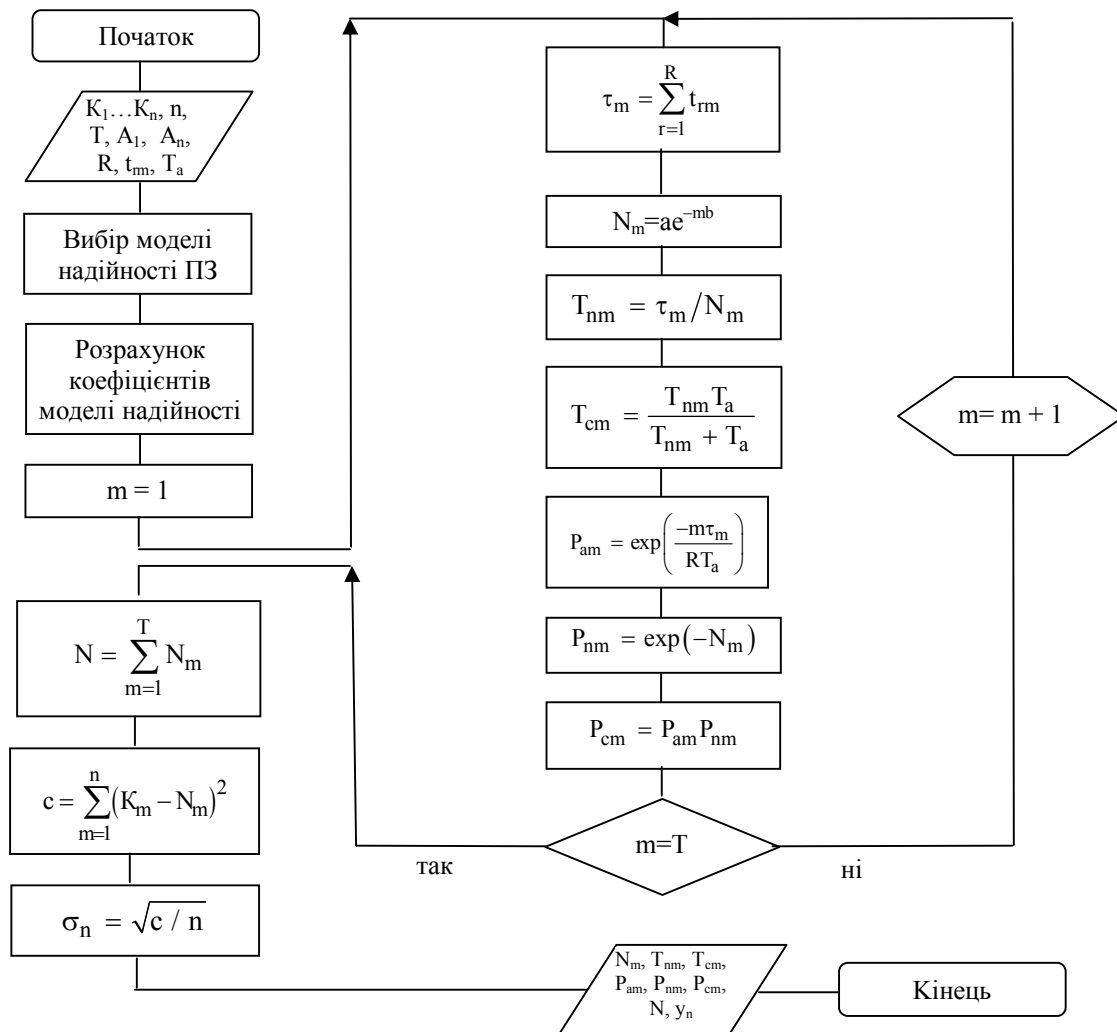


Рис. 2. Блок-схема алгоритму реалізації методики кількісної оцінки і прогнозування показників надійності програмно-керованих засобів зв'язку (для статичної моделі надійності програмних засобів)

Приклад реалізації методики розглянемо із використанням реальних початкових даних (рис. 3) із робіт [13, 14]:  $R=5$ ,  $T_a=10000$  год.,  $T=12$  міс.,  $t_{m1}=192$  год.,  $K_1=8$ ,  $K_2=6$ ,  $K_3=6$ ,  $K_4=4$ ,  $n=4$ .

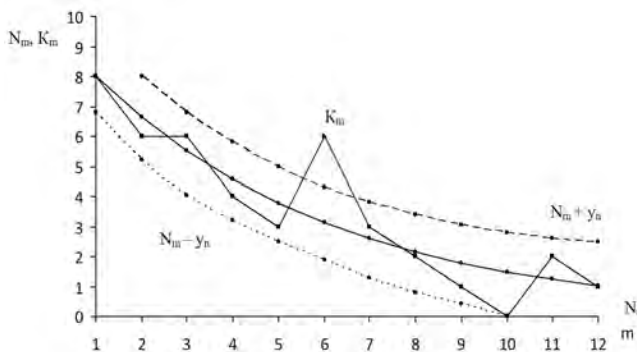


Рис. 3. Залежності прогнозованого ( $N_m$ ) і істинного ( $K_m$ ) числа відмов за рік експлуатації програмного забезпечення від часу користування

У результаті апроксимації початкових даних за  $n=4$  місяці дослідної експлуатації отримуємо  $A_1=8$ ;  $A_2=6,7$ ;  $A_3=5,5$ ;  $A_4=4,5$ .

Дальше за алгоритмом рис. 2:

$$b = \ln(4,5/8)/(1-4) = 0,192; \quad a = 8e^{0,192} = 9,693;$$

$$\tau_m = 5 \cdot 192 = 960 \text{ год.}; \quad N_m = 9,693e^{-0,192m};$$

$$T_{nm} = \frac{960}{9,693} e^{0,192m} = 99,04e^{0,192m};$$

$$P_{am} = \exp\left(-\frac{960m}{10000 \cdot 5}\right) = e^{-0,0192m};$$

$$P_{nm} = \exp\left(-9,693e^{-0,192m}\right) = \exp\left(-8 \cdot 0,5625^{(m-1)/3}\right).$$

Результати розрахунків при орієнтовних значеннях коефіцієнтів без їх уточнення за критерієм мінімуму СКВ розрахункових і експериментальних даних приведені в табл. 2 і на рис. 4. Їх аналіз показує, що значення числа відмов ПЗ зменшується протягом року експлуатації, при цьому прогнозоване число помилок ПЗ, які виявлені за 12 місяців  $N_{12}=41,88$ , що всього на 0,28% відрізняється від істинного значення ( $N_i=42$ ). Напрацювання на відмову ПЗ неперервно зростає внаслідок виявлення і усунення помилок в ПЗ усіх ПКЗЗ системи, а значення напрацювання на відмову системи ( $T_{cm}$ ) наближається до напрацювання на відмову  $A_3$  ( $T_a$ ) в період нормальної експлуатації.

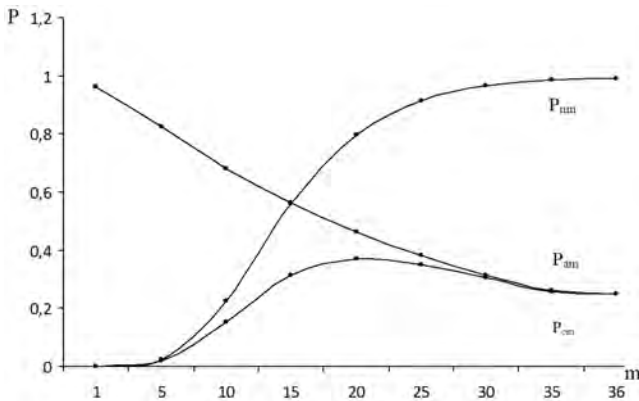


Рис. 4. Залежності ймовірностей безвідмовної роботи апаратних засобів (P<sub>ам</sub>), програмного забезпечення (P<sub>пнм</sub>) і системи в цілому (P<sub>см</sub>) від часу експлуатації

Таблиця 2

Результати прогнозованих значень показників надійності

| m  | N <sub>m</sub> | T <sub>пнм</sub> | T <sub>см</sub> | P <sub>ам</sub> | P <sub>пнм</sub> | P <sub>см</sub> |
|----|----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1  | 8,000          | 120              | 118             | 0,981           | 0,00034          | 0,00033         |
| 2  | 6,633          | 144              | 142             | 0,962           | 0,00132          | 0,00127         |
| 3  | 5,500          | 174              | 171             | 0,944           | 0,00409          | 0,00386         |
| 4  | 4,560          | 210              | 206             | 0,926           | 0,01046          | 0,00969         |
| 5  | 3,781          | 253              | 247             | 0,908           | 0,02279          | 0,02071         |
| 6  | 3,135          | 306              | 297             | 0,891           | 0,04349          | 0,03876         |
| 7  | 2,600          | 369              | 356             | 0,874           | 0,0743           | 0,06496         |
| 8  | 2,155          | 445              | 426             | 0,858           | 0,11585          | 0,09935         |
| 9  | 1,787          | 537              | 509             | 0,841           | 0,16742          | 0,14085         |
| 10 | 1,482          | 647              | 608             | 0,825           | 0,22721          | 0,18752         |
| 11 | 1,229          | 781              | 724             | 0,810           | 0,29267          | 0,23695         |
| 12 | 1,019          | 942              | 861             | 0,794           | 0,36103          | 0,28674         |
| 13 | 0,845          | 1136             | 1020            | 0,779           | 0,42967          | 0,33476         |
| 14 | 0,700          | 1370             | 1205            | 0,764           | 0,49638          | 0,37938         |
| 15 | 0,581          | 1653             | 1418            | 0,750           | 0,55947          | 0,41947         |
| 16 | 0,482          | 1993             | 1662            | 0,736           | 0,61783          | 0,45442         |
| 17 | 0,399          | 2404             | 1938            | 0,722           | 0,67081          | 0,48400         |
| 18 | 0,331          | 2899             | 2247            | 0,708           | 0,71816          | 0,50831         |
| 19 | 0,274          | 3497             | 2591            | 0,694           | 0,75995          | 0,52766         |
| 20 | 0,228          | 4217             | 2966            | 0,681           | 0,79644          | 0,54248         |
| 21 | 0,189          | 5087             | 3371            | 0,668           | 0,82802          | 0,55326         |
| 22 | 0,156          | 6135             | 3802            | 0,655           | 0,85515          | 0,56053         |
| 23 | 0,130          | 7399             | 4252            | 0,643           | 0,87832          | 0,56477         |
| 24 | 0,108          | 8923             | 4715            | 0,631           | 0,89801          | 0,56644         |

Тому, не дивлячись на те, що ймовірність безвідмовної роботи АЗ (P<sub>ам</sub>) поступово зменшується, аналогічні показники ПЗ (P<sub>пнм</sub>) і системи в цілому (P<sub>см</sub>) зростають до моменту усунення усіх помилок ПЗ, після чого надійність системи визначається тільки АЗ: N<sub>m</sub>= 0; P<sub>пнм</sub>= 1; T<sub>см</sub>= T<sub>a</sub>; P<sub>см</sub>= P<sub>ам</sub> (рис. 4).

Для прикладу, який розглядається, в область N<sub>m</sub> ± σ<sub>n</sub> попадає 91,7% експериментальних даних (рис. 3), що свідчить про достатньо високу точність прогнозу числа відмов ПЗ за n місяців експлуатації ПКЗЗ. Використання рекомендацій [10-12] по обчисленню коефіцієнтів мінімізує значення у = 1,14 (рис. 3). Для оцінки надійності ПКЗЗ в цілому використовується комплексний показник надійності –

коефіцієнт готовності [1 – 3]. При використанні ПЗ на R АЗ отримуємо:

$$A_a = \frac{T_a}{T_a + T_b}; A_{пз} = \frac{T_{пз}}{T_{пз} + T_{вп}};$$

$$A_{СЗ} = \left[ 1 - (1 - A_a)^R \right] A_{пз}.$$

Очевидно, що по мірі усунення помилок ПЗ значення A<sub>пз</sub> прямує до одиниці, а після їх усунення коефіцієнт готовності ПКЗЗ буде визначатися тільки АЗ і для періоду нормальної експлуатації

$$\max A_{КЗ} = 1 - (1 - A_a)^R < 1.$$

У початковий момент використання ПЗ надійність ПКЗЗ визначається значенням A<sub>пз</sub>, оскільки A<sub>a</sub> ≈ 1. Для розрахунків значення T<sub>a</sub>, T<sub>b</sub>, T<sub>пз</sub>, T<sub>вп</sub> беруть із аналізу статистичних даних, або при їх відсутності, з керівного технічного матеріалу по надійності і ремонтпридатності.

Для розглянутого прикладу при T<sub>a</sub>=5000 год., T<sub>b</sub>=0,5 год. і T<sub>вп</sub>=3 год. для m = 6 отримуємо:

$$A_a = \frac{5000}{5000,5} = 0,9999; T_{пз} = 99,04e^{0,192m};$$

$$A_{пз} = \frac{99,04e^{0,192 \cdot 6}}{3 + 99,04e^{0,192 \cdot 6}} = 0,9905;$$

тоді для СЗ в цілому

$$A_{СЗ} = \left( 1 - (1 - 0,999)^5 \right) \cdot 0,9905 =$$

$$= \left( 1 - 9,99 \cdot 10^{-21} \right) \cdot 0,9905 = 0,9905.$$

Відповідно, при m = 12 отримуємо

$$A_{пз} = 0,996997 = A_{СЗ}.$$

Отже, в СЗ, що складається із R=5 ПКЗЗ, надійність повністю визначається ПЗ в період нормальної експлуатації АЗ.

## Висновки

Ефект від використання методики полягає в підвищенні точності прогнозу значень показників надійності системи по мірі накопичення статистичних даних, а також в уточненні значень напрацювання на відмову нових зразків ПКЗЗ, які вводяться в експлуатацію, в початковий період за рахунок обліку надійності ПЗ. Використання методики під час підконтрольної експлуатації цифрової АТС показало:

напрацювання на відмову системи за перший рік експлуатації в 1,5-3,2 рази відрізняється від напрацювання на відмову тільки АЗ;

прогнозування значення кількості помилок в ПЗ відрізняється від виявлених за рік експлуатації обладнання від 0,3 до 3,1%, а за місяць експлуатації не перевищує 0,6%;

середньоквадратичне значення відхилення експериментальних даних від розрахункових щодо відмов ПЗ складає від 0,97 до 1,14, що краще, ніж при використанні відомих методик;

методика дозволяє кількісно оцінити і прогнозувати напрацювання на відмову ПЗ і системи в цілому, а також оцінити ймовірність безвідмовної роботи АЗ, ПЗ і ПКЗЗ за визначений час.

Наукова новизна методики полягає в тому, що вперше:

удосконалено методику оцінки показників надійності ПКЗЗ у напрямку врахування надійності їх ПЗ за рахунок використання нової аналітичної моделі зміни їх надійності з часом;

комплексно здійснюється кількісний облік показників надійності АЗ і ПЗ (напрацювання на відмову та середній час відновлення) при кількісній оцінці коефіцієнта готовності ПКЗЗ.

Відрізняється від відомих [1-6]:

врахуванням особливостей порядку фіксації відмов залежно від умов експлуатації;

відсутністю потреби попередньої оцінки кількості помилок в ПЗ;

достатньою для практики точністю результатів;

автоматизацією процесу оцінки і прогнозування показників якості ПКЗЗ.

Методика може застосовуватися при дослідженні, оцінці та прогнозуванні надійності існуючих і перспективних програмно керованих засобів зв'язку.

## Список літератури

1. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки / В.В. Вишинівський, М.К. Жердєв, С.В. Ленков, В.О. Проценко / За ред. С.В. Ленкова. – К.: ТОВ “Компанія ЛІК”, 2009. – 224 с.
2. Острейковский В.А. Теория надежности / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
3. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.
4. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програм-

них систем: монографія / Ю.Я. Бобало, Б.Ю. Волочий та інші. – Львів: Львівська політехніка, 2013. – 300 с.

5. Кирянчиков В.А. Качество и надежность программного обеспечения / В.А. Кирянчиков, Э.А. Опалева. – СПб.: СПбГЭУ “ЛЭТИ”, 2002. – 93 с.

6. Оценка качества и экспертиза программного обеспечения / В.С. Харченко, А.А. Андрашов, А.А. Гордеев, Е.И. Лобачева. – Х.: ХАИ, 2008. – 99 с.

7. Гнатюк С.Є. Аналітична модель надійності програмних засобів комп'ютерних систем і програмно-керованих засобів зв'язку / С.Є. Гнатюк // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України. – 2014. – № 3 (16). – С. 104-108.

8. Лонгботтом Р. Надежность вычислительных систем / Р. Лонгботтом. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.

9. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.

10. Гнатюк С.Є. Аналітична модель надійності програмних засобів комп'ютерних систем і програмно-керованих засобів зв'язку / С.Є. Гнатюк, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2013. – № 3. – С. 45-49.

11. Гнатюк С.Є. Принципи побудови та перспективи розвитку програмно-керованих радіостанцій / С.Є. Гнатюк, С.П. Лівенцев, В.П. Павлов, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2013. – № 1. – С. 11-15.

12. Гнатюк С.Є. Аналітична модель надійності програмних засобів програмно-керованих засобів зв'язку // Спеціальні телекомунікаційні системи та захист інформації // Зб. наук. праць. Вип. 2 (24). – К.: Держспецзв'язок. 2013. – С. 79-85.

13. Маевский Д.А. Анализ моделей надежности программного обеспечения гарантоспособных информационных систем / Д.А. Маевский, С.А. Яремчук // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. – Вып. 76. – С. 68-79.

14. Сакович Л.М. Моделирование надійності програмних засобів техніки зв'язку / Л.М. Сакович, Я.Е. Небесна, С.Є. Гнатюк // Зв'язок. – 2013. – №1 – С. 15-19.

Надійшла до редколегії 30.01.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України “КІП”, Київ.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ

С.Є. Гнатюк, О.В. Корнейко

В статье на основе использования новых аналитических моделей надежности программного обеспечения, теоретически обоснована методика количественной оценки прогнозирования значений показателей надежности программно-аппаратных средств связи по результатам подконтрольной эксплуатации перспективных образцов, которую возможно реализовать на практике. Методика предназначена для количественной оценки и прогнозирования по результатам данных подконтрольной эксплуатации количества ошибок в программном обеспечении, наработки на отказ программного обеспечения, аппаратных средств и программно-управляемых средств связи, вероятности их безотказной работы за заданный отрезок времени.

**Ключевые слова:** показатели надежности, системы связи, программно-управляемые средства связи, наработка на отказ, среднее время отказа.

## ASSESSINGS AND FORECASTINGS METHOD OF THE VALUES INDICATORS RELIABILITY OF PROGRAM-CONTROLLED COMMUNICATIONS

S.E. Gnatyuk, O.V. Korneyko

The article, based on the use of new analytical software reliability models, theoretically justified method of quantifying prediction values of indicators of reliability of hardware and software-controlled communication on the results of operation of advanced models that can be implemented in practice. The method is designed to quantify and forecast the results of controlled exploitation of data errors in the software, time between software failures, hardware and software-controlled means of communication, the probability of failure-free operation over a specified period of time.

**Keywords:** reliability, communication system, program-controlled communications, MTBF, mean time to failure.