

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ УРЯДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*Сергій Гнатюк*

*Робота присвячена питанням удосконалення математичних моделей оцінки надійності програмно-керованих засобів захисту інформації в Державній системі урядового зв'язку за рахунок встановлення та використання нових функціональних залежностей та аналітичних виразів і алгоритмів обчислення коефіцієнтів для підвищення точності прогнозування експлуатаційних показників. На базі використання запропонованих моделей удосконалено метод оцінки і прогнозування значень показників надійності програмно-керованих засобів захисту інформації, який дозволяє оцінити надійність системи з врахуванням апаратних і програмних засобів. Комплексно використовуючи зазначені результати удосконалено метод оцінки показників надійності системи урядового зв'язку, який на відміну від існуючих кількісно оцінює імовірність зв'язності абонентів з врахуванням надійності програмного забезпечення засобів зв'язку.*

**Ключові слова:** *Державна система урядового зв'язку, програмно-керовані засоби захисту інформації, надійність апаратних і програмних засобів.*

### Вступ

Система захисту інформації є сукупністю організаційних структур, поєднаних цілями і завданнями захисту інформації, нормативно-правової та матеріально-технічної бази і спрямована на забезпечення інженерно-технічними заходами конфіденційності, цілісності та доступності інформації і є невід'ємною складовою Державної системи урядового зв'язку (ДСУЗ). ДСУЗ розвивається шляхом впровадження цифрової обробки сигналів між абонентами і використанням нових програмно-керованих засобів захисту інформації (ПКЗЗ). Об'єм програмного забезпечення (ПЗ) постійно зростає і спрямований на забезпечення захищеності інформації. Однак оцінка показників надійності ДСУЗ здійснюється тільки із врахуванням можливих відмов апаратних засобів (АЗ), хоча помилки нового ПЗ в початковий період його впровадження надають істотний вплив на збої та перерви обміну інформацією.

Питання забезпечення необхідних значень показників надійності ПЗ, а також комп'ютерних систем (КС) і мереж досить глибоко розглянуті і досліджені в наукових роботах вітчизняних і зарубіжних авторів [1-7]. Де недостатньо враховуються особливості оцінки показників надійності сучасних ПКЗЗ за результатами їх дослідної експлуатації в початковий період експлуатації в системах спеціального зв'язку (ССЗ). Відомі моделі і методи оцінки показників надійності ПЗ і АЗ головним чином орієнтовані на використання під час тестових випробувань, тому виникає необхідність розробки чи удосконалення моделей і методів оцінки та прогнозування значень показників надійності за результатами випробувань в початковий період експлуатації нових зразків ПКЗЗ з помилками в

ПЗ, які невиявлені раніше. Пропонується дану задачу вирішити за рахунок отримання нових аналітичних виразів і алгоритмів обчислення їх коефіцієнтів за критерієм мінімуму середньоквадратичного відхилення результатів (СКВ) моделювання від експериментальних даних.

### Математичні моделі оцінки та прогнозування надійності програмного забезпечення програмно-керованих засобів захисту інформації

Статична модель надійності ПЗ ПКЗЗ – сукупність аналітичних виразів, що описують функціональні залежності показників надійності від часу і дозволяють отримати їх кількісну оцінку для визначення надійності системи в цілому у реальних умовах експлуатації при щомісячному обліку кількості відмов в постійних умовах використання за призначенням, що характерно для обладнання вузлів зв'язку, де оцінка показників надійності проводиться один раз в місяць.

Модель призначена для кількісної оцінки і прогнозування значень показників надійності ПЗ за результатами обробки статистичних даних про відмови за деякий період часу із заданою достовірністю.

В результаті аналізу даних підконтрольної експлуатації за  $n$  місяців і припущенні про експоненціальний закон зміни числа відмов ПЗ від часу з використанням методу найменших квадратів виконується апроксимація залежності експериментальних даних від часу, після чого обчислюються значення коефіцієнтів статичної моделі надійності ПЗ.

Сутність моделі полягає в отриманні кількісної оцінки показників надійності ПЗ ПКЗЗ при заданих обмеженнях і припущеннях на базі використання нових функціональних залежностей, які

пов'язують зміну значень показників від часу, та нових алгоритмів їх розрахунку.

Вихідні дані для використання моделі у випадку щомісячного підведення підсумків про відмови:  $K_m$  – число відмов ПЗ за місяць  $m$ ;  $T$  – період прогнозування показників надійності ПЗ.

Обмеження на використання моделі: умови експлуатації АЗ, ПКЗЗ і КС за час отримання початкових даних і на період прогнозування постійні; ПЗ функціонує у середовищі близькому до реальних умов експлуатації ПКЗЗ і КС.

Припущення при використанні моделі: інтенсивність виявлення помилок пропорційна їх поточному числу в ПЗ; всі помилки ПЗ однаково ймовірні й їх поява незалежна одна від іншої; проява кожної помилки веде до порушення правильності функціонування ПЗ; час до наступної відмови ПЗ

розподілений експоненціально; помилки ПЗ після виявлення усуваються без внесення нових; інтенсивність виявлення помилок постійна в інтервалі між двома суміжними моментами появи помилок. Основні аналітичні вирази і функціональні залежності статичної моделі зведені в табл. 1. Адекватність моделі підтверджується за критерієм узгодження  $\chi^2$  Пірсона за виразом

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

де  $N_m$  – прогнозована кількість відмов ПЗ. У даному випадку адекватність моделі кількісно оцінюється мінімальним значенням СКВ результатів моделювання від статистичних даних про відмови, отримані в процесі дослідної або підконтрольної експлуатації обладнання ССЗ.

Таблиця 1

Функціональні залежності та аналітичні вирази кількісних оцінок значень показників надійності ПЗ статичної моделі надійності

Показник надійності ПЗ	Розрахунок $a$ і $b$	Розрахунок $A_1, K, u$
Значення коефіцієнтів моделі за результатами апроксимації даних про відмови ПЗ	$b = \ln(A_n/A_1)/(1-n)$ $a = A_1(A_n/A_1)^{1/(1-n)}$	Розрахунок методом найменших квадратів на ЕОМ
Кількість відмов ПЗ за місяць $m$ ( $N_m$ )	$a \exp(-mb)$	$A_1(A_n/A_1)^{(1-m)/(1-n)}$
Сумарна кількість відмов ПЗ за $T$ місяців ( $N_T$ )	$\frac{a(e^{bT} - 1)}{e^{bT}(e^b - 1)}$	$\frac{A_1[(A_n/A_1)^{T/(1-n)} - 1]}{(A_n/A_1)^{(T-1)/(n-1)}[(A_n/A_1)^{1/(1-n)} - 1]}$
Ймовірність безвідмовної роботи ПЗ за місяць $m$ ( $P_{nm}$ )	$\exp(-ae^{-mb})$	$\exp\left[-A_1\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^{\frac{m-1}{n-1}}\right]$
Інтенсивність потоку відмов ПЗ за місяць $m$ ( $\lambda_m$ )	$-ab(A_n/A_1)^m$	$\frac{A_1\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^{\frac{m-1}{n-1}} \ln\left(\frac{A_n}{A_1}\right)}{1-n}$
Напрацювання ПЗ на відмову за місяць $m$ ( $T_{nm}$ )	$-\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^{-m} / ab$	$\frac{1-n}{A_1\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^{\frac{m-1}{n-1}} \ln\left(\frac{A_n}{A_1}\right)}$
Середньоквадратичне відхилення результатів прогнозування $N_m$ від даних про відмови ПЗ за $n$ місяців ( $\sigma$ )	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (ae^{-mb} - K_m)^2}$	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \left( A_1 \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^{\frac{1-m}{1-n}} - K_m \right)^2}$

Ефект від використання удосконаленої моделі в порівнянні з відомими полягає в підвищенні точності кількісної оцінки і прогнозування значень показників надійності ПЗ: розрахункове значення числа відмов ПЗ за  $T$  місяців експлуатації відрізняється від істинного всього на 1,5 %; помилка в оцінці числа відмов

ПЗ за місяць експлуатації КС не перевищує 0,6%; зменшення значення СКВ результатів обчислень від експериментальних даних за  $n$  місяців експлуатації КС, порівняно із кращими з відомих моделей, до 9%.

Відрізняється від відомих: доступним набором вихідних даних і можливістю використання в реальних

умовах експлуатації обладнання ДСУЗ на вузлах зв'язку та обчислювальних центрах Держспецзв'язку для оцінки та прогнозування надійності ПЗ; припущеннями та обмеженнями на використання, які відповідають реальним умовам експлуатації обладнання Держспецзв'язку; зменшенням значення СКВ результатів моделювання від експериментальних даних за рахунок використання нових алгоритмів розрахунку значень коефіцієнтів моделі; позитивним ефектом від використання, що полягає в підвищенні точності оцінки і прогнозування значень показників надійності ПЗ.

Достовірність результатів моделювання підтверджується використанням апробованого математичного апарату, подібністю результатів до відомих в часткових випадках, а її адекватність – перевіркою відповідності результатів розрахунків дослідним даним за критерієм узгодження і мінімізацією значення СКВ.

Динамічна модель надійності ПЗ – функціональна залежність загальної кількості відмов з початку експлуатації, що прогнозується на заданий період

часу, від статистичних даних для оцінки надійності системи в реальних умовах експлуатації при фіксації відмов у момент їх виявлення в постійних умовах використання за призначенням, що характерно для обладнання обчислювальних центрів, де відмова ПЗ фіксується в момент виявлення, після чого здійснюються заходи з її усунення.

Аналіз залежності сумарних даних про відмови ( $N_{cm}$ ) від часу з початку експлуатації ( $m$ ) показує можливість їх апроксимації функцією виду

$$N_{cm} = a \left( \frac{m}{T} \right)^b \exp \left( - \frac{m}{T} b \right),$$

де  $T$  – період прогнозування числа відмов ПЗ.

Значення коефіцієнтів  $a$  і  $b$  обчислюються за результатами апроксимації експериментальних даних за час  $i$  та  $j$  із початку експлуатації ( $1 < i < j < m$ ) та уточнюються методом найменших квадратів. Основні математичні вирази кількісних оцінок показників надійності ПЗ приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Функціональні залежності та аналітичні вирази розрахунку кількісних оцінок значень показників надійності ПЗ з використанням динамічної моделі

Показник надійності ПЗ	Аналітичний вираз розрахунку показника
Значення коефіцієнтів моделі за результатами апроксимації даних про відмови ПЗ	$b = \frac{\ln(N_{cj}/N_{ci})}{(i-j)/T - \ln(i/T) + \ln(j/T)}$ $a = N_{ci} / \left[ \left( \frac{i}{T} \right)^b \exp(-ib/T) \right];$ $0 < i < j \leq T$
Кількість відмов ПЗ за місяць $m$ ( $N_m$ )	$\frac{a}{T^b} \cdot \frac{m^b - (m-1)^b e^{b/T}}{e^{mb/T}}$
Сумарна кількість відмов ПЗ за $T$ місяців ( $N_T$ )	$a \exp(-b)$
Ймовірність безвідмовної роботи ПЗ за місяць $m$ ( $P_{nm}$ )	$\exp \left[ - \frac{a \left( m^b - (m-1)^b e^{b/T} \right)}{T^b e^{mb/T}} \right]$
Інтенсивність потоку відмов ПЗ за місяць $m$ ( $\lambda_m$ )	$\frac{a \left[ m^b e^{-b/T} - (m-1)^b \right]}{T^b \exp[b(m-1)/T]}$
Напрацювання ПЗ на відмову за місяць $m$ ( $T_{nm}$ )	$\frac{T^b \exp[b(m-1)/T]}{a \left[ m^b e^{-b/T} - (m-1)^b \right]}$
Середньоквадратичне відхилення результатів прогнозування $N_m$ від даних про відмови ПЗ за $n$ місяців ( $\sigma$ )	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \left( K_{cm} - \frac{a \left[ m^b - (m-1)^b e^{b/T} \right]}{T^b e^{mb/T}} \right)^2}$

Укрупнений алгоритм реалізації моделі складається з наступних операцій:

- Отримання та аналіз вихідних даних за результатами підконтрольної експлуатації виробів; апроксимація залежності сумарної кількості відмов від часу; розрахунок коефіцієнтів динамічної моделі за алгоритмом;

- Розрахунок кількісних показників надійності ПЗ за виразами табл. 2; вивід результатів моделювання у вигляді таблиць або функціональних залежностей.

- Адекватність динамічної моделі кількісно оцінюється мінімальним значенням СКВ результатів моделювання від вихідних статистичних даних про відмови ПЗ.

- Ефект від використання динамічної моделі надійності ПЗ полягає в зменшенні значень  $\sigma$  (більше 9%),  $\delta N$  (до 5%),  $\delta N_{ст}$  (до 3,1%), тобто показник точності прогнозування надійності кращий майже на 10%.

- Запропонована нова динамічна модель оцінки і прогнозування надійності ПЗ відрізняється від відомих зменшенням значення СКВ результатів розрахунків від дослідних даних більше 9%. Її доцільно використовувати у методах кількісної оцінки значень показників надійності спеціальних ПКЗЗ.

**Використання отриманих моделей для оцінки надійності програмно-керованих засобів захисту інформації**

Метод оцінки і прогнозування значень показників надійності ПКЗЗ призначений для кількісної оцінки і прогнозування за результатами даних підконтрольної експлуатації числа помилок в ПЗ, напрацювання на відмову ПЗ, АЗ і ПКЗЗ в цілому, ймовірності безвідмовної роботи ПЗ, АЗ і ЗСЗ в цілому за заданий період часу. Сутність методу полягає в отриманні кількісної оцінки показників надійності ПКЗЗ при заданих обмеженнях і припущеннях на базі використання нових статичної та динамічної моделей надійності ПЗ із марковським процесом виявлення помилок і нових функціональних залежностей досліджуваних показників від часу, приведені в табл. 1, 2.

Початкові дані залежать від виду моделі надійності ПЗ:  $R$  – число робочих місць (ПКЗЗ або персональних комп'ютерів);  $T_a$  – напрацювання на відмову АЗ у період нормальної експлуатації;  $T_b$  – середній час відновлення АЗ;  $T_{nm}$  – середній час відновлення ПЗ;  $T$  – період прогнозу (в місяцях);  $t_{im}$  – час роботи (в годинах) ПКЗЗ на робочому місці  $r = 1, R$  за місяць  $m = 1, T$ ;  $K_m$  – число від-

мов ПЗ на  $R$  робочих місцях за місяць  $m$  підконтрольної експлуатації;  $n$  – число місяців підконтрольної експлуатації ПКЗЗ.

Обмеження на використання методу: умови експлуатації АЗ ПКЗЗ за час отримання початкових даних і на період прогнозування постійні; розглядається період нормальної експлуатації АЗ, коли значення параметру потоку відмов і напрацювання на відмову постійні.

Припущення при використанні методу: значення показників надійності АЗ і ПЗ змінюються з часом за експоненціальним законом; при усуненні виявлених помилок ПЗ нові помилки не вносяться; помилка ПЗ виявлена на одному робочому місці, усувається на усіх робочих місцях; швидкість виявлення помилок ПЗ залежить від їх кількості; помилка ПЗ усувається до наступного звернення в систему або доводяться до користувачів умови її виникнення для запобігання можливих наслідків прояву. Зазначені припущення повністю відповідають реальним умовам використання ПКЗЗ в ДСУЗ.

Алгоритм реалізації методу складається із наступних операцій: отримання початкових даних; вибір моделі надійності ПЗ (статична або динамічна); апроксимація даних про відмови ПЗ; розрахунок коефіцієнтів  $a$  і  $b$  згідно табл. 1, 2; розрахунок для кожного місяця за період  $m = \overline{1, T}$  значень числа відмов ПЗ ( $N_m$ ), напрацювання на відмови 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  $\sigma_n$ .

Реалізацію методу розглянуто із використанням реальних початкових даних щодо експлуатації спеціальної КС:  $R=5, T_a=10000$  год.,  $T=12$  міс.,  $t_{im}=192$  год.,  $K_1=8, K_2=6, K_3=6, K_4=4, n=4$ . У результаті апроксимації початкових даних за  $n=4$  місяці дослідної експлуатації отримуємо  $A_1=8; A_2=6,7; A_3=5,5; A_4=4,5$ .

Далі за алгоритмом:  $b = 0,192; a = 9,693; \tau_m = 960$  год.;  $N_m = 9,693e^{-0,192m}; T_{nm} = 99,04e^{0,192m}; P_{am} = e^{-0,0192m}; P_{nm} = \exp(-8 \cdot 0,5625^{(m-1)/3}), \sigma = 1,14$ .

В область  $N_m \pm \sigma_n$  попадає 91,7% експериментальних даних, що свідчить про достатньо високу точність прогнозу числа відмов ПЗ за  $n$  місяців експлуатації КС. Остаточно отримуємо:  $A_a = 0,9999$ ;  $A_n = 0,9905$ ;  $m = 6$ , тоді для об'єкту в цілому  $A_{kc} = 0,9905$ . Відповідно, при  $m = 12$  отримуємо  $A_n = 0,996997 = A_{kc}$ .

У ДСУЗ в 2013 році було 11 комплектів цифрових АТС «Бастіон» і «IPFone» в режимі тестової експлуатації. Всього за 2012 рік експлуатації цифрових АТС «Бастіон» було зафіксовано 9 відмов ПЗ. Використання динамічної моделі надійності ПЗ з вихідними даними  $i=3$ ,  $N_3=4$ ,  $j=9$ ,  $N_9=8$ ,  $T=24$  дозволяє отримати значення коефіцієнтів  $b=0,816$  і  $a=24,2$ , при цьому

$$N_{cm} = 24,2 \cdot \left( \frac{m}{24} \right)^{0,816} \cdot \exp(-0,034m);$$

$$\delta N_{13} = 6\%, \sigma = 0,3.$$

Прогнозована загальна кількість відмов ПЗ за 2 роки експлуатації складає  $N_{24} \approx 11$ . За 2014 рік відмов ПЗ цифрових АТС «Бастіон» не зареєстровано, що відповідає результатам моделювання. За два роки дослідної експлуатації зафіксовано 19 відмов АЗ, при цьому отримано  $T_a = 10000$  год,  $\tau_{mm} = 7920$  год,  $T = 24$ ,  $a = 24,2$  і  $b = 0,816$ :

$$N_m = 1,81 \cdot \frac{m^{0,816} - 1,03(m-1)^{0,816}}{e^{0,034m}},$$

$$T_{mm} = \frac{4376 \cdot e^{0,034m}}{m^{0,816} - 1,03(m-1)^{0,816}}.$$

Ефект від використання методу 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 в початковий період за рахунок обліку надійності ПЗ:

напрацювання на відмову системи «Бастіон» 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%; значення СКВ експериментальних даних від розрахункових щодо відмов ПЗ складає від 0,97 до 1,14, що краще, ніж при використанні відомих методів; метод 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.

### Оцінка надійності державної системи урядового зв'язку

Реально ДСУЗ є сильно зв'язаною і розгалуженою системою, що складається з вузлів і ліній зв'язку з можливістю організації передачі інформації між абонентами по великій, але обмеженій кількості напрямків. Тому, для кількісної оцінки значень показників її надійності необхідно формалізувати та автоматизувати процес рішення цієї задачі з використанням сучасних ЕОМ, що вирішене в наступному методі.

Метод оцінки показників надійності ССЗ призначений для кількісної оцінки і прогнозування за результатами даних підконтрольної експлуатації числа помилок в ПЗ, напрацювання на відмову ПЗ і ПКЗЗ в цілому, ймовірності безвідмовної роботи ПЗ, АЗ і ССЗ в цілому за заданий період часу.

Сутність методу полягає в теоретичному обґрунтуванні кількісної оцінки показників надійності ССЗ при заданих обмеженнях і припущеннях на базі використання експоненціальної моделі надійності ПЗ із марковським процесом виявлення помилок і нових функціональних залежностей досліджуваних показників від часу. Припущення та обмеження на використання методу аналогічні зазначеним раніше.

Задача вирішується поетапно: спершу на основі обробки статистичних даних про відмови ПЗ моделюється їх надійність, а далі із врахуванням відмов АЗ оцінюється надійність системи у цілому.

Алгоритм розрахунку заснований на математичному апараті теорії надійності складних технічних систем з резервуванням, де ССЗ представлена у вигляді графічної моделі з надійності, елементами якої є засоби або вузли урядового зв'язку, а зв'язки між ними вважаються абсолютно надійними (в іншому випадку вони перетворюються в самостійні елементи).

Формалізовано процес оцінки надійності ССЗ з автоматичною комутацією каналів, обчисленням значення ймовірностей технічної готовності системи до передачі інформації між абонентами (вузлами зв'язку) хоча б на одному напрямку зв'язку в наступній послідовності: введення вихідних даних (число  $n_j$  і типи елементів ССЗ, значення напрацювання на відмову  $T_j$  і середнього часу відновлення  $T_{Bj}$  усіх елементів ССЗ, припустиме значення  $P_{co}$ ); перетворення схеми ССЗ у модель з надійності з визначенням вузлів комутації каналів і виділенням комутаторів в окремі елементи; розрахунок коефіцієнтів готовності  $A_j$  всіх елементів

ССЗ з врахуванням впливу ПЗ; визначення числа  $m$  й елементів усіх можливих напрямків зв'язку між заданими абонентами (вузлами зв'язку); обчислення коефіцієнтів готовності  $A_j$  всіх можливих напрямків зв'язку ( $j = \overline{1, S}$ ); розрахунок значення імовірності зв'язаності системи  $P_c$  і порівняння з припустимим  $P_{c0}$ ; при задоволенні заданим вимогам робота завершується виведенням отриманих результатів, у противному випадку змінюється структура ССЗ, склад її елементів по кількості і номенклатурі до досягнення необхідного результату.

Порядок застосування методу розглянуто на прикладі схеми організації урядового міжміського зв'язку між центральною станцією урядового зв'язку м. Києва та станцією урядового зв'язку м. Житомир. Значення коефіцієнтів готовності її елементів отримані за результатами обробки статистичних даних про відмови за 2011 – 2015 роки. Остаточо отримано коефіцієнт готовності ССЗ  $A_c = 0,964$ , при цьому імовірність зв'язаності абонентів  $P_c = 0,99999$ .

Ефект від використання методу полягає в: підвищенні точності прогнозу показників надійності системи по мірі накопичення статистичних даних; кількісній оцінці імовірності зв'язаності абонентів ССЗ, яка більше, ніж коефіцієнт готовності (у розглянутому прикладі на 4%); використанні при організації зв'язку ймовірності кращого вибору шляху проходження повідомлень; врахуванні надійності ПЗ обладнання аналого-цифрових ССЗ; автоматизації процесів розрахунку для скорочення часу оцінки і прогнозування значень показників надійності ССЗ. Метод може застосовуватися при дослідженні, оцінці та прогнозуванні надійності ССЗ з використанням перспективних ПКЗЗ.

#### Висновки

1. Дослідження відомих математичних моделей надійності ПЗ показало відсутність єдиної універсальної моделі і великий діапазон відхилення результатів моделювання при отриманні одних і тих же вихідних даних, що потребує створення і використання моделей, які мінімізують СКВ результатів моделювання від експериментальних даних при використанні доступної вихідної інформації в умовах реальної експлуатації обладнання ССЗ.

2. Залежно від умов фіксування відмов ПЗ запропоновано математичні статичну та динамічну моделі надійності, що відрізняються мінімальним значенням СКВ результатів моделювання і статистичних даних про відмови, наукова новизна яких полягає у тому, що вперше: удосконалено статичну та запропоновано нову динамічну моделі надійності ПЗ; в моделях оцінки і прогнозування надійності ПЗ

на відміну від відомих використані нові аналітичні вирази для визначення числа помилок в ПЗ і оцінки його надійності; пропонуються нові алгоритми реалізації моделей, які забезпечують мінімізацію СКВ результатів моделювання від експериментальних даних щодо кількості відмов ПЗ.

3. На основі використання отриманих моделей надійності ПЗ удосконалено метод оцінки і прогнозування значень показників надійності ПКЗЗ, який дозволяє, особливо в початковий період експлуатації нових або модернізованих ПКЗЗ оцінити і спрогнозувати, з автоматизацією процесу, значення показників надійності із зростанням точності по мірі накопичення статистичних даних про відмови, як програмних, так і апаратних засобів, в результаті використання нових аналітичних виразів та алгоритмів рішення.

4. Формалізований у вигляді методу оцінки показників надійності ДСУЗ процес кількісної оцінки не тільки коефіцієнта готовності системи, але й імовірності зв'язаності абонентів, що дозволяє в автоматичному режимі обґрунтовано обирати, залежно від повноти вихідних даних і надійності ПЗ, напрямки зв'язку, чим і відрізняється від відомих методик.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Антощук С.Г. Прогнозирование количества ошибок на этапе эксплуатации адаптируемых учетных информационных систем / С.Г. Антощук, Д.А. Маевский, С.А. Яремчук // Радиоэлектронные и компьютерные системы. НТЖ Харьков: ХАИ. – 2010. - №6(47) – С. 204 – 209.
- [2]. Бобало Ю.Я. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програмних систем: монографія / Ю.Я. Бобало, Б.Ю. Волочій, О.Ю. Лозинський, Б.А. Мандзій, А.Д. Озірковський, Д.В. Федасюк, С.В. Щербовських, В.С. Яковина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 300 с.
- [3]. Дідковська М.В. Аналіз моделей оцінювання надійності програмного забезпечення // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. №41, Київ, 2004. – С. 103-120.
- [4]. Кирянчиков В.А. Качество и надежность программного обеспечения / В.А. Кирянчиков, Э.А. Опаева / Конспект лекций. – СПб.: Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”, 2002. – 93с.
- [5]. Маевский Д.А. Электричне моделювання процесу виявлення помилок в програмному забезпеченні інформаційних систем. // Сб. Электромашиностроение и электрооборудование. Одесса: 2010. – Вып.75, С.113 – 115.

- [6]. Маевский Д.А. Анализ моделей надежности программного обеспечения гарантоспособных информационных систем / Д.А. Маевский, С.А. Яремчук. [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/emeo/2010\\_76/068-079.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/emeo/2010_76/068-079.pdf).
- [7]. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб. : БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.

## REFERENCES

- [1]. Antoshchuk S.G. Quantity oshybok prediction on stages of operation adaptuyemykh User Account information systems / S.G. Antoshchuk, D.A. Maevskyy, S.A. Yaremchuk // Radyoelektronnyye and kompyuternyye system. NTZH Kharkiv: HAY. - 2010. - №6 (47) - P. 204 - 209.
- [2]. Bobalo U.Y. Mathematical models and methods of reliability analysis of electronic, electrical and software systems: monograph / Y.Y. Bobalo, B.YU. Volochiy, A. Lozinski, B.A. Mandzij, L.D. Ozirkovskyy, D.V. Fedasyuk, S.V. Shcherbovskyykh, V.S. Yakovyna. - Lviv, Lviv Polytechnic National University Publishing House, 2013. - 300 p.
- [3]. M.V. Didkovska Analysis models reliability assessment software // Vestnik NTU "KPI". Informatics, Management and Computer Science. №41, Kyiv, 2004. - P. 103-120.
- [4]. Kyryanchykov V.A. The quality and reliability of software Provision / V.A. Kyryanchykov, E.A. Opaleva / lecture notes. - St. Petersburg : - Peterburhskyy of electrical hosudarstvennyy University "LETI", 2002. – 93 p.
- [5]. Maevskyy D.A. Electrical modeling of the process of detecting errors in the software information systems. // Sat. Elektromashyno-Structure and electric equipment. Odessa, 2010. - Выр.75, P.113 - 115.
- [6]. Maevskyy D.A. Analysis of the reliability of models of software Provision harantosposobnykh information systems / D.A. Maevskyy, S.A. Yaremchuk. [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/emeo/2010\\_76/068-079.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/emeo/2010_76/068-079.pdf).
- [7]. Polovko A.M. Fundamentals of reliability of theory / A.M. Polovko, S.V. Gurov. - SPb. : BHV - St. Petersburg, 2006. - 704 p.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ СВЯЗИ

Работа посвящена вопросам совершенствования математических моделей оценки надежности программно-управляемых средств защиты информации в Государственной системе правительственной связи за счет установки и использования новых функциональных зависимостей и аналитических выражений и алгоритмов

вычисления коэффициентов для повышения точности прогнозирования эксплуатационных показателей. На базе использования предложенных моделей усовершенствован метод оценки и прогнозирования значений показателей надежности программно-управляемых средств защиты информации, который позволяет оценить надежность системы с учетом аппаратных и программных средств. Комплексно используя указанные результаты усовершенствован метод оценки показателей надежности системы правительственной связи, который в отличие от существующих количественно оценивает вероятность связности абонентов с учетом надежности программного обеспечения средств связи. **Ключевые слова:** Государственная система правительственной связи, программно-управляемые средства защиты информации, надежность аппаратных и программных средств.

## MATHEMATICAL MODEL ASSESSMENT AND FORECASTING RELIABILITY SOFTWARE - MANAGED DATA PROTECTION GOVERNMENT COMMUNICATIONS SYSTEM

The work is dedicated to improving the mathematical models assessing the reliability of software-driven information security in state governmental communication system by installing and using the new functional relationships and analytical expressions and algorithms for calculating the coefficients to improve the accuracy of forecasting performance indicators. Based on the proposed models using the method of estimation and forecasting of the indicators of reliability of software-driven information security, which allows to evaluate system reliability with regard to hardware and software. Complex specified using the proposed method for estimating parameters of reliability systems for government communications, which unlike existing quantitatively assesses the probability of connectivity customers with regard to software reliability communications.

**Keywords:** state system of government communication, program-driven data protection, reliability of hardware and software.

**Гнатюк Сергій Євгенович**, аспірант Державного закладу Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

E-mail: Gnatyk-2@i.ua

**Гнатюк Сергей Евгеньевич**, аспирант Государственного учреждения Институт специальной связи и защиты информации Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» **Gnatyuk Sergey**, Postgraduate Institute of the State Institution for Special Communications and Information Protection National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"