

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ“

**РУДЕНКО ОЛЕКСАНДР АНТОНОВИЧ**



УДК 004.519.217

**ІМОВІРНІСНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ  
ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ВТОРИННИХ ДЕФЕКТІВ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Одарущенко Олег Миколайович,**  
Науково-виробниче підприємство „Радікс“,  
провідний науковий співробітник

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Маєвський Дмитро Андрійович,**  
Одеський національний політехнічний університет,  
завідувач кафедри теоретичних основ і загальної  
електротехніки

доктор технічних наук, професор  
**Горбенко Анатолій Вікторович,**  
Національний аерокосмічний університет  
імені М. Є. Жуковського „ХАІ“,  
декан факультету радіотехнічних систем  
літальних апаратів

Захист відбудеться 25 січня 2016 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті „Харківський політехнічний інститут“ за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут“ за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий „25“ грудня 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В. П. Северин

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** В умовах інформатизації усіх сфер людської діяльності проблема забезпечення високої надійності програмно-технічних комплексів (ПТК) є однією з найбільш значущих як для комерційних, так і для критичних застосувань. Надійність ПТК визначається безвідмовністю його взаємодіючих компонентів, що включають апаратну та програмну складові. При цьому неможливо уявити етапи їх проектування без застосування моделювання, яке істотно знижує терміни і вартість проектування і за рахунок аналізу великої кількості варіантів підвищує ефективність комплексів, що розробляються. Зокрема, моделювання дозволяє знизити витрати при оцінюванні надійності, живучості і безпеки складних ПТК, оскільки при реальних випробуваннях необхідно відстежувати відмови і поломки дорогого устаткування.

На сучасному етапі розвитку теорії надійності досить детально вивчені теоретичні та практичні питання оцінки надійності апаратних засобів. Водночас кількісна оцінка надійності програмних засобів (ПЗ), попри велику різноманітність імовірнісних моделей (моделей росту надійності ПЗ), далека від реального практичного застосування. Це пов'язано з тим, що у процесі моделювання приймаються досить грубі припущення, що не враховують реалій розроблення, тестування і супроводу програмних проектів. Разом з тим, перелік припущень має пріоритетне значення при виборі моделей оцінки надійності ПЗ.

Одним з таких припущень є припущення про те, що при усуненні дефектів, нові (вторинні) дефекти не вносяться. У той же час, враховуючи думку фахівців, а також, відповідно до результатів аналізу експлуатації програмно-технічних комплексів, слід зазначити, що при усуненні виявлених дефектів ненавмисно можуть вноситись вторинні дефекти, що призводить до зміни характеристик надійності ПЗ, а отже, і систем у цілому. Тому важливого значення набуває систематизація досліджень, спрямована на створення адекватних математичних моделей та методів оцінювання надійності програмних засобів або модифікацію існуючих моделей з урахуванням внесення вторинних дефектів.

Питаннями розвитку теорії математичного моделювання та оцінки надійності ПЗ протягом останніх десятиріч активно займалися М. Лью, Дж. Муса, К. Триведі, В. Ліпаєв, В. Харченко, Б. Конорєв, Д. Маєвський, В. Скляр та інші вчені. Проте для удосконалення відомих моделей оцінки надійності програмних засобів доцільним є внесення припущення про те, що вторинні дефекти вносяться і впливають на показники роботи програмно-технічних комплексів.

Таким чином, *актуальним науково-практичним завданням* є розробка і вдосконалення моделей, методів, інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів на основі врахування внесення вторинних дефектів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Окремі результати дослідження впроваджено до НДР Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка „Методи і моделі забезпечення якості обслуговування, надійності та безпеки в інформаційно-телекомунікаційних мережах“ (ДР, № 0110U004619) та НДР Харківського національного аерокосмічного університету імені М. Є. Жуковського „ХАІ“ „Наукові основи, методи та

засоби зеленого комп'ютингу та комунікацій“ (ДР, № 0115U000996), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення точності оцінювання надійності програмних засобів на основі врахування фактора вторинних дефектів.

Для досягнення зазначеної мети поставлені окремі завдання:

- провести аналіз моделей оцінки надійності програмних засобів щодо можливості їх використання з урахуванням внесення вторинних дефектів;
- удосконалити імовірнісні моделі оцінки надійності програмних засобів на основі врахування параметрів вторинних дефектів;
- розробити варіанти процесів обслуговування програмних засобів з урахуванням появи вторинних дефектів;
- розробити метод оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними;
- розробити метод обчислення середньої інтенсивності та середньої зміни інтенсивності прояву дефектів програмних засобів, у якому враховуються вторинні дефекти;
- розробити інформаційну технологію оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.

*Об'єкт дослідження* – процеси моделювання і оцінювання надійності програмних засобів програмно-технічних комплексів під час їх розроблення.

*Предмет дослідження* – моделі, методи та інформаційна технологія оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням внесення вторинних дефектів.

**Методи дослідження.** При вирішенні поставлених завдань використані: метод максимальної правдоподібності, метод послідовних наближень при знаходженні параметрів моделей оцінки надійності програмних засобів; метод найменших квадратів при знаходженні лінії регресії для оцінки числа вторинних дефектів; ланцюги Маркова та системи диференціальних рівнянь Колмогорова при багатофрагментному моделюванні; імітаційне моделювання при перевірці отриманих результатів.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

1) *удосконалені* імовірнісні моделі оцінки надійності програмних засобів на основі врахування параметрів вторинних дефектів, шляхом модифікації функцій ризику цих моделей, що дозволяє адекватно відображати процеси тестування і супроводу програмних засобів;

2) *вперше* розроблений метод оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів, що ґрунтується на аналізі статистичних даних виявлення первинних дефектів програмних засобів, що дозволяє підвищити точність оцінок кількісних експлуатаційних показників;

3) *вперше* розроблений метод обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і величини її середньої зміни, в якому, на відміну від існуючих, враховуються вторинні дефекти, що дозволяє верифікувати показники надійності програмних засобів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що основні положення дисертації реалізовані у вигляді інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів, яка базується на програмній реалізації розроблених алгоритмів і методів. Це дало змогу підвищити точність оцінки надійності програмних засобів під час виконання процедур їх верифікації та валідації.

Результати досліджень впроваджені в науково-виробничому підприємстві „Радій“ (м. Кіровоград) при оцінці надійності програмного забезпечення, що розробляється; науково-виробничому підприємстві „Радікс“ (м. Кіровоград) під час виконання процедур верифікації і валідації програмного забезпечення; у навчальному процесі Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка при підготовці навчальної дисципліни „Системний аналіз“.

**Особистий внесок здобувача.** Усі основні результати отримані здобувачем особисто. Серед них: аналіз відомих моделей оцінки надійності програмних засобів на предмет можливості їх використання для оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням впливу вторинних дефектів і подальша модифікація моделей, використання яких можливе; на основі аналізу припущень та аналітичних виразів функцій ризиків моделей оцінки надійності програмних засобів, обґрунтування того, що використання модифікованої моделі Джелінські-Моранди є найбільш доцільним, порівняно з використанням інших модифікованих моделей, для оцінки надійності програмних засобів з урахуванням впливу вторинних дефектів; розробка варіантів усунення та внесення дефектів і аналіз їх параметрів, вибір базового варіанту дослідження; розробка методу оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними; розробка методу визначення середньої інтенсивності прояву дефектів та її середньої зміни на основі модифікованої моделі Джелінські-Моранди, у якому враховані вторинні дефекти; розробка інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів; обробка та узагальнення результатів використання багатофрагментного та імітаційного моделювання.

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові положення і результати доповідалися та обговорювалися на Міжнародних науково-технічних конференціях „Гарантоздатні (надійні і безпечні) системи, сервіси і технології“ DESSERT (Кіровоград, 2009, 2010; Севастополь, 2012); науково-практичних конференціях з міжнародною участю „Математичне та імітаційне моделювання систем“ МОДС (Київ, 2009, 2010; Чернігів, 2011); Міжнародних науково-практичних конференціях „Математичне та імітаційне моделювання систем“ МОДС (Чернігів, 2012, 2013, 2015; Київ, 2014); Міжнародних науково-технічних конференціях „Комп’ютерна математика в інженерії, науці та освіті“ CMSEE (Полтава, 2009, 2010); 61-65-й наукових конференціях професорів, викладачів, науковців, аспірантів і студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (Полтава, 2009-2013); Всеукраїнському семінарі „Критичні комп’ютерні технології і системи“ на кафедрі комп’ютерних систем і мереж Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського „ХАІ“ (Харків, 2012); V Всеукраїнському науково-

практичному форумі установ НАН України „Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки“ (Полтава, 2012).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи викладені в 23 наукових працях, серед яких: 1 колективна монографія, 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному періодичному фаховому виданні, 15 – у матеріалах наукових конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації складає 183 сторінки, у тому числі: 36 рисунків за текстом, 12 рисунків на 4 окремих сторінках, 15 таблиць за текстом, 13 таблиць на 12 сторінках, список з 181 використаного джерела на 21 сторінці, 5 додатків на 31 сторінці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ** дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми, мету й завдання дослідження; характеристику наукової новизни й практичного значення отриманих результатів, а також особистого внеску здобувача.

У **першому розділі** у результаті аналізу теоретичних положень оцінки надійності програмних засобів виділений кількісний підхід, що орієнтований на розробку математичних моделей, вхідними параметрами яких є характеристики процесів тестування (експлуатації) програмних засобів, а вихідними – показники, що характеризують їх надійність. Аналіз сучасних тенденцій процесів моделювання показав, що існують труднощі при побудові узагальнюючих моделей, спрямованих на оцінювання надійності програмних засобів. Виходячи з цього, завдання можна звести до виділення для дослідження ключових параметрів (характеристик), одним з яких є інтенсивність прояву дефектів. Оскільки прояв дефектів є в цілому випадковим процесом, то доцільно використовувати ймовірнісні характеристики, а отже, ймовірнісні моделі.

У процесі аналізу встановлено, що є доцільним:

- у науково-методичному апараті оцінювання надійності програмних засобів, що існує, враховувати фактор вторинних дефектів;
- для оцінки надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів використовувати моделі оцінки надійності програмних засобів (МНПЗ) за класифікаційною ознакою, що містить ймовірнісні показники.

Відповідно до проведеного аналізу сформульоване загальне науково-практичне завдання дисертації, що декомпозується на часткові завдання:

- модифікації моделей оцінки надійності програмних засобів таким чином, щоб можна було враховувати прояв вторинних дефектів програмних засобів;
- розробки і деталізації варіантів процесів обслуговування програмних засобів з урахуванням внесення вторинних дефектів;
- розробки методу оцінювання числа вторинних дефектів на основі статистичних вихідних даних, отриманих на реальних ПТК;
- розробки методу обчислення середньої інтенсивності і середньої зміни інтенсивності прояву дефектів, у якому враховуються вторинні дефекти;
- верифікації отриманих результатів засобами імітаційного моделювання;

– розробки інформаційної технології для оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів;

– впровадження отриманих результатів дослідження у процесі проектування та супроводу програмно-технічних комплексів.

У **другому розділі** на основі класифікації вторинних дефектів, що містить наступні типи: дефекти, що вносяться в процесі усунення первинних дефектів; дефекти, що вносяться при оновленні (у тій частині програмного засобу, що оновлюється – „умовно вторинні дефекти“); дефекти взаємодії первинної та оновленої частини програмного засобу – розроблено множину варіантів внесення й усунення дефектів, за якою визначається число дефектів  $M_i$  після  $i$ -ї операції щодо усунення виявлених дефектів:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{\Sigma} - N_i; \quad N_{\Sigma} - N_i + K_i; \quad N_{\Sigma} - N_i + \Delta N_i; \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i + \Delta N_i; \quad N_{\Sigma} - N_i + K_i^*; \quad N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + \Delta N_i; \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B; \quad N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B + \Delta N_i \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де  $N_{\Sigma}$  – число дефектів у початковій програмі;  $N_i$  – число виявлених дефектів;  $K_i$  – число дефектів, внесених у процесі усунення виявлених дефектів;  $\Delta N_i$  – число неусунених виявлених дефектів;  $K_i^*$  – число дефектів, внесених під час оновлення програми;  $K_i^B$  – число дефектів, пов’язаних із взаємодією первинної та оновленої частин програмного забезпечення.

Обраний базовий варіант, що визначає число дефектів після завершення операції усунення дефектів, який характеризується параметрами виявлення ( $N_i$ ), усунення ( $N_{\Sigma} - N_i$ ) і внесення дефектів у процесі усунення виявлених ( $K_i$ ) (другий елемент множини (1)) при співвідношенні параметрів  $N_i > K_i$ , який визначає необхідні параметри і їх співвідношення для оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів з огляду на розмірність і точність розв’язуваної задачі.

На основі проведеного аналізу припущень моделей оцінки надійності програмних засобів та аналітичних виразів їх функцій ризиків запропоновані модифікації моделей, що враховують фактор внесення вторинних дефектів. Зміст модифікацій полягає у додаванні до функцій ризику, що визначають інтенсивність прояву дефектів, доданків  $n^{\text{BH}}$  – числа внесених дефектів.

Шляхом порівняння аналітичних виразів функцій ризику  $\lambda(t)$  та формул для знаходження параметрів відповідних модифікованих і немодифікованих моделей показана можливість використання моделей оцінки надійності програмних засобів Джелінські-Моранди, Шика-Уолвертона та Ліпова (табл. 1-3).

Використовуючи метод максимальної правдоподібності, одержані формули для знаходження параметрів моделей Джелінські-Моранди, Шика-Уолвертона, Ліпова та відповідних модифікованих моделей.

Таблиця 1 – Порівняння функцій ризику модифікованої і немодифікованої моделі Джелінські-Моранди

Модель	Модифікована модель
$\lambda(t_i) = K(B - (i - 1))$	$\lambda(t_i) = K(B - (i - 1) + n^{\text{BH}})$

Тут  $t_i$  – довільна точка часу між виявленням  $i - 1$  та  $i$ -го дефекту;  $K$  – коефіцієнт пропорційності;  $B$  – початкове (невідоме) число дефектів, що залишились у програмному засобі,  $n^{\text{BH}}$  – число внесених дефектів.

Формули для знаходження параметрів моделі Джелінські-Моранди та модифікованої моделі Джелінські-Моранди:

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (B - i + 1) X_i}, \\ \sum_{i=1}^n \frac{1}{B - i + 1} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n (B - i + 1) X_i}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} K = \frac{n + n^{\text{BH}}}{\sum_{i=1}^{n+n^{\text{BH}}} (B - i + 1 + n^{\text{BH}}) X_i}, \\ \sum_{i=1}^{n+n^{\text{BH}}} \frac{1}{B - i + 1 + n^{\text{BH}}} = \frac{(n + n^{\text{BH}}) \sum_{i=1}^{n+n^{\text{BH}}} X_i}{\sum_{i=1}^{n+n^{\text{BH}}} (B - i + 1 + n^{\text{BH}}) X_i}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Таблиця 2 – Порівняння функцій ризику модифікованої і немодифікованої моделі Шика-Уолвертона

Модель	Модифікована модель
$\lambda(t) = K(B - (i - 1)) X_i$	$\lambda(t) = K(B - (i - 1) + n^{\text{BH}}) X_i$

Тут  $X_i$  – час тестування, що минув від моменту  $t_{i-1}$  виявлення  $(i - 1)$ -го дефекту до поточного моменту  $t_i$ .

Таблиця 3 – Порівняння функцій ризику модифікованої і немодифікованої моделі Ліпова

Модель	Модифікована модель
$\lambda(t) = K(B - F_{i-1}); t_{i-1} \leq t \leq t_i$	$\lambda(t) = K(B - F_{i-1} + n^{\text{BH}})$

Тут  $F_{i-1} = \sum_{j=1}^{i-1} m_j$  – загальна кількість скоригованих до моменту  $t_{i-1}$  дефектів, а  $t_i$  – час закінчення  $i$ -го інтервалу тестування; на  $i$ -му інтервалі тестування виявляється  $f_i$  дефектів, з яких  $m_j$  коригується.

Формули для знаходження параметрів моделі Шика-Уолвертона та модифікованої моделі Шика-Уолвертона:

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (B - i + 1) \frac{X_i^2}{2}}, \\ \sum_{i=1}^n \frac{1}{B - i + 1} = \frac{K}{2} \sum_{i=1}^n X_i^2; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} K = \frac{n + n^{\text{BH}}}{\sum_{i=1}^{n+n_1} (B - i + 1 + n^{\text{BH}}) \frac{X_i^2}{2}}, \\ \sum_{i=1}^{n+n_1} \frac{1}{B - i + 1 + n^{\text{BH}}} = \frac{K}{2} \sum_{i=1}^{n+n_1} X_i^2. \end{array} \right. \quad (3)$$



Формули для знаходження параметрів моделі Ліпова та модифікованої моделі Ліпова:

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sum_{i=1}^n (B - F_{i-1}) X_i}, \\ \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{B - F_{i-1}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n (B - F_{i-1}) X_i}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} K = \frac{\sum_{i=1}^{n+n_1} f_i}{\sum_{i=1}^{n+n_1} (B - F_{i-1} + n^{BH}) X_i}, \\ \sum_{i=1}^{n+n_1} \frac{f_i}{B - F_{i-1} + n^{BH}} = \frac{\sum_{i=1}^{n+n_1} f_i \sum_{i=1}^{n+n_1} X_i}{\sum_{i=1}^{n+n_1} (B - F_{i-1} + n^{BH}) X_i}. \end{array} \right. \quad (4)$$

З використанням методу максимальної правдоподібності показана неможливість однозначного визначення недетермінованої величини  $n^{BH}$  на основі модифікованих моделей Джелінські-Моранди, Шика-Уолвертона, Ліпова. У цих моделях системи для знаходження невідомих параметрів моделей містять на одне рівняння менше, ніж число невідомих, та відповідно зводяться до формул для знаходження параметрів модифікованих моделей (2)-(4). Розв'язання перерахованих систем рівнянь можливе при комплексуванні за вхідними даними з моделями інших класифікаційних ознак.

Виконана класифікація моделей надійності програмних засобів щодо можливості їх використання з урахуванням вторинних дефектів (табл. 4).

Таблиця 4 – Ступінь можливості врахування вторинних дефектів у моделях росту надійності

Модель	Можливості застосування з урахуванням вторинних дефектів
Джелінські-Моранди	можливо
Шика-Уолвертона	можливо, але потрібні складні розрахунки
Ліпова (узагальнення моделі Джелінські-Моранди)	можливо, але потрібні складні розрахунки
геометричні моделі	неможливо
Шнайдевінда	неможливо
Дюена	неможливо
Муси	можливо

Розроблені рекомендації щодо приведення ряду варіантів числа дефектів  $M_i$  після  $i$ -ї операції їх усунення до базового варіанту при обліку низки умов, що дозволяє значно розширити область його застосування.

**Третій розділ** присвячено розробці методу оцінювання числа вторинних дефектів на основі статистики роботи ПТК, методу обчислення середніх інтенсивності та зміни інтенсивності прояву дефектів.

Оцінювання числа вторинних дефектів, за умови відсутності невідповідних факторів, проводиться у такій послідовності.

1. На основі емпіричних даних, якими є статистика числа дефектів на кожному часовому інтервалі, використовуючи метод найменших квадратів, знаходиться рівняння лінії регресії, що характеризує обернено пропорційну залежність середнього числа виявлених дефектів від часу (рис. 1).

2. Обчислюється модуль різниці між значенням статистики дефектів і значенням функції регресії в моменти їх визначення.

3. Кількість вторинних дефектів знаходиться як різниця результату, отриманого в п. 2, і середнього квадратичного відхилення за статистикою числа дефектів, помноженого на

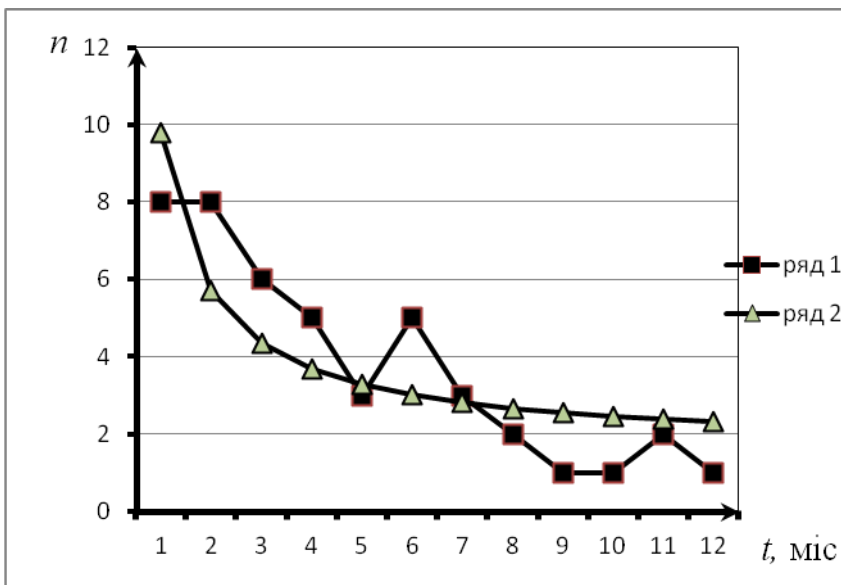


Рисунок 1 – Емпіричні дані статистики дефектів (ряд 1) та лінія регресії (ряд 2)

коефіцієнт  $(t + 1 - x)^{-1}$ , де  $t$  – число інтервалів тестування (число виявлених дефектів),  $x$  – порядковий номер інтервалу (виявлений дефект). Результат округлюється до цілих.

Коефіцієнт обумовлений більшою ймовірністю внесення вторинних дефектів на початкових етапах тестування (експлуатації).

Не слід враховувати факт внесення дефектів, як правило, на останніх

інтервалах тестування (експлуатації), якщо результат пункту 3, отриманий при значенні функції регресії, більшому за відповідне емпіричне значення.

Верифікація результатів здійснена на основі статистики дефектів цифрової інформаційно-управляючої платформи (ЦІУП) RadICS (табл. 5), що розробляється у науково-виробничому підприємстві „Радій“ (м. Кіровоград).

Таблиця 5 – Статистика дефектів ЦІУП RadICS за перший рік тестування

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кількість виявлених дефектів	8	8	6	5	3	5	3	2	1	1	2	1

У статистиці дефектів ЦІУП RadICS за рік оцінка числа вторинних дефектів складає 9 дефектів при 45 виявлених (табл. 6), що дозволяє уточнити середнє значення дефектів за місяць досліджень на 16,9%, кумулятивне – на 16,7-20% (рис. 2).

Таблиця 6 – Розрахунок числа вторинних дефектів

$x$	$y$	$a+b/x$	$ y-a-b/x $	$ y-a-b/x -\sigma_y/(13-x)$	$n^{BH}$
1	8	9,779651	1,779651	1,572362	2
2	8	5,713251	2,286749	2,060616	2
3	6	4,357784	1,642216	1,393469	1
4	5	3,680051	1,319949	1,043564	1
5	3	3,273411	0,273411	-0,03752	0
6	5	3,002317	1,997683	1,64233	2
7	3	2,808679	0,191321	-0,22326	0
8	2	2,663451	0,663451	0,165957	0
9	1	2,550495	1,550495	0,928628	1
10	1	2,460131	1,460131	0,630974	1(0)
11	2	2,386196	0,386196	-0,85754	0
12	1	2,324584	1,324584	-1,16288	0

Розроблено метод обчислення середніх інтенсивності та зміни інтенсивності прояву дефектів, що враховує показники оцінки числа вторинних дефектів за статистичними даними та модифіковану функцію ризику моделі Джелінські-

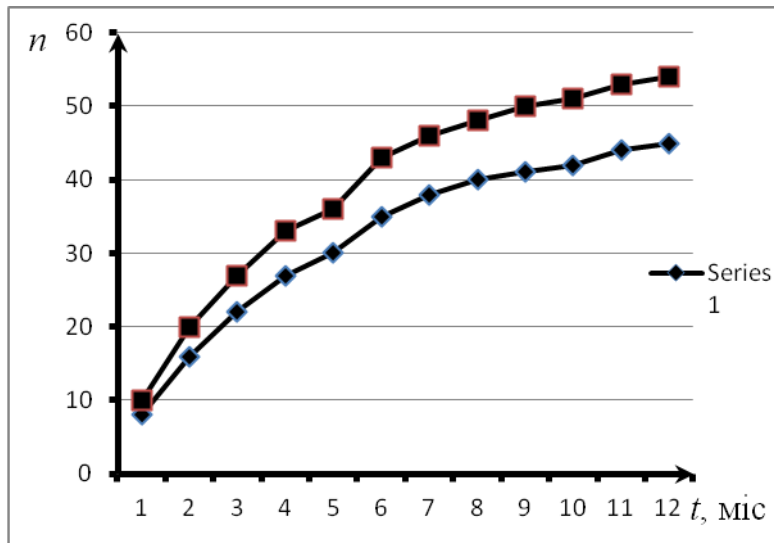


Рисунок 2 – Кумуляти числа дефектів за період досліджень без урахування (ряд 1) та з урахуванням (ряд 2) вторинних дефектів

5. Обчислюється модуль приросту інтенсивності прояву дефектів на сусідніх часових інтервалах (крім першого) шляхом знаходження модуля різниці показників.

6. Обчислюються середні значення величин, отриманих в п. 4, і середні значення величин, отриманих в п. 5.

Проведено порівняльний аналіз інтенсивності виявлення дефектів без та з урахуванням вторинних дефектів.

Моранди і містить наступну послідовність дій:

1. Визначаються параметри моделі Джелінські-Моранди.

2. Проводиться оцінка числа вторинних дефектів за статистичними даними на кожному часовому інтервалі.

3. У функцію ризику моделі вносяться отримані кількісні показники вторинних дефектів (що є суттю модифікацій моделей).

4. Обчислюється інтенсивність прояву дефектів на кожному часовому інтервалі.

Отримали подальший розвиток марковські моделі надійності ПТК, що ґрунтуються на багатофрагментному поданні, у яких враховується інтенсивність прояву дефектів ПЗ внаслідок впливу вторинних дефектів, що збільшує кількість внутрішніх фрагментів на величину рівну числу внесених дефектів.

У **четвертому розділі** дисертації на базі запропонованих моделей і методів розроблено інформаційну технологію (ІТ) оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів (рис. 3).

В основі ІТ лежить комплексне використання двох методів перетворення інформації – методу оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними та методу обчислення середньої інтенсивності та її середньої зміни з урахуванням фактора вторинних дефектів.

Реалізується ІТ в ході виконання ряду основних активностей: аналізу технічної документації – А1; оцінювання числа вторинних дефектів – А2; визначення інтенсивності прояву дефектів програмних засобів – А3; визначення функції готовності програмно-технічного комплексу – А4; аналізу результатів верифікації та моделювання – А5. Активності А2 і А3 містять ряд вбудованих етапів.

А1. Проводиться аналіз технічної документації. Визначаються вимоги до надійності програмних засобів і ПТК у цілому. Проводиться тестування програмних засобів. Результатом активності є отримана статистика числа дефектів.

А2. Здійснюється оцінювання числа вторинних дефектів за допомогою порівняння статистичних даних і параметрів лінії регресії, побудованої за ними. Вихідними даними є статистика числа дефектів, що містить кількісні показники дефектів за рівні проміжки часу. Активність реалізується застосуванням етапів.

Етап 1. За статистичними даними будується кореляційне поле, знаходиться рівняння лінії регресії, що характеризує обернено пропорційну залежність середнього числа дефектів від часу.

Етап 2. Оцінювання числа вторинних дефектів здійснюється за формулою

$$n^{\text{BH}} = |y - a - b/x| - \sigma_y / (t + 1 - x),$$

де  $y$  – число виявлених дефектів за інтервал часу,  $x$  – порядковий номер інтервалу часу,  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти рівняння лінії регресії,  $t$  – число інтервалів часу,  $\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення по  $y$ ,  $n^{\text{BH}}$  – шукане число вторинних дефектів ( $n^{\text{BH}} \geq 0$ ). Результат округлюється до цілих. При цьому враховується рідна ймовірність внесення дефектів на різних етапах тестування (експлуатації) програмних засобів, а також не враховуються вторинні дефекти на останніх часових інтервалах у разі теоретичного значення числа дефектів більшого від відповідного емпіричного. Результатом виконання активності є кількість вторинних дефектів на часових інтервалах.

А3. Метод обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і її середньої зміни містить наступну послідовність етапів.

Етап 1. Визначаються параметри моделі (для МНПЗ Джелінські-Моранди, використання якої є найбільш доцільним із міркувань адекватності та рівня

складності математичного апарату, такими є:  $K$  – коефіцієнт пропорційності,  $B$  – початкове (невідоме) число дефектів у програмі).

Етап 2. У функцію ризику моделі вносяться отримані на попередньому етапі кількісні показники вторинних дефектів (що є суттю модифікацій моделей разом зі зняттям припущення про неможливість внесення дефектів у процесі усунення виявлених).

Етап 3. Обчислюється інтенсивність прояву дефектів на кожному часовому інтервалі.

Етап 4. Обчислюється зміна інтенсивності прояву дефектів на кожному часовому інтервалі (крім першого) шляхом знаходження модуля різниці показників інтенсивності прояву дефектів сусідніх часових інтервалів.

Етап 5. Обчислюється середнє значення інтенсивності прояву дефектів і середнє значення зміни інтенсивності прояву дефектів.

Результат виконання активності – визначення інтенсивності прояву дефектів за допомогою модифікованої моделі Джелінські-Моранди, у якій враховані вторинні дефекти, отримані в результаті оцінювання їх числа, знаходження на її основі значень середньої інтенсивності та середньої зміни інтенсивності прояву дефектів.

A4. Використовуючи багатофрагментне та імітаційне моделювання визначається функція готовності програмно-технічних комплексів, яка є параметром, що характеризує надійність ПТК з урахуванням його програмно-апаратних засобів. У ході багатофрагментного марковського моделювання використовується інтенсивність прояву дефектів ПЗ, отримана з урахуванням фактора вторинних дефектів. Результат виконання активності – функція готовності, отримана засобами багатофрагментного та імітаційного моделювання.

A5. Для верифікації багатофрагментного моделювання використовується імітаційне моделювання.

Етап 1. Порівнюється функція готовності, отримана за допомогою багатофрагментного та імітаційного моделювання для різного числа внесених дефектів, проводиться аналіз величини відхилення отриманих результатів і точності оцінки числа вторинних дефектів. Результат виконання етапу – висновок про точність отриманих результатів.

Етап 2. Аналіз результатів моделювання, а саме формування висновків щодо мети моделювання. Результатом виконання активності є висновок про відповідність досліджуваного ПЗ і ПТК в цілому вимогам до надійності.

Розроблена ІТ дозволяє підвищити точність визначення параметрів надійності програмних засобів на основі врахування фактору вторинних дефектів.

На рис. 4 зображені графіки функції готовності  $A(t)$ , що характеризує сумарну ймовірність перебування ПТК у працездатному стані, без урахування вторинних дефектів ПЗ та з урахуванням дев'яти внесених дефектів, одержаних методом оцінювання числа вторинних дефектів за статистикою (табл. 5).

Послідовність перевірки результатів оцінки числа вторинних дефектів:

– обчислюються значення функції готовності  $A(t)_{\text{БФМ}}$  для різного числа вторинних дефектів засобами багатофрагментного моделювання;

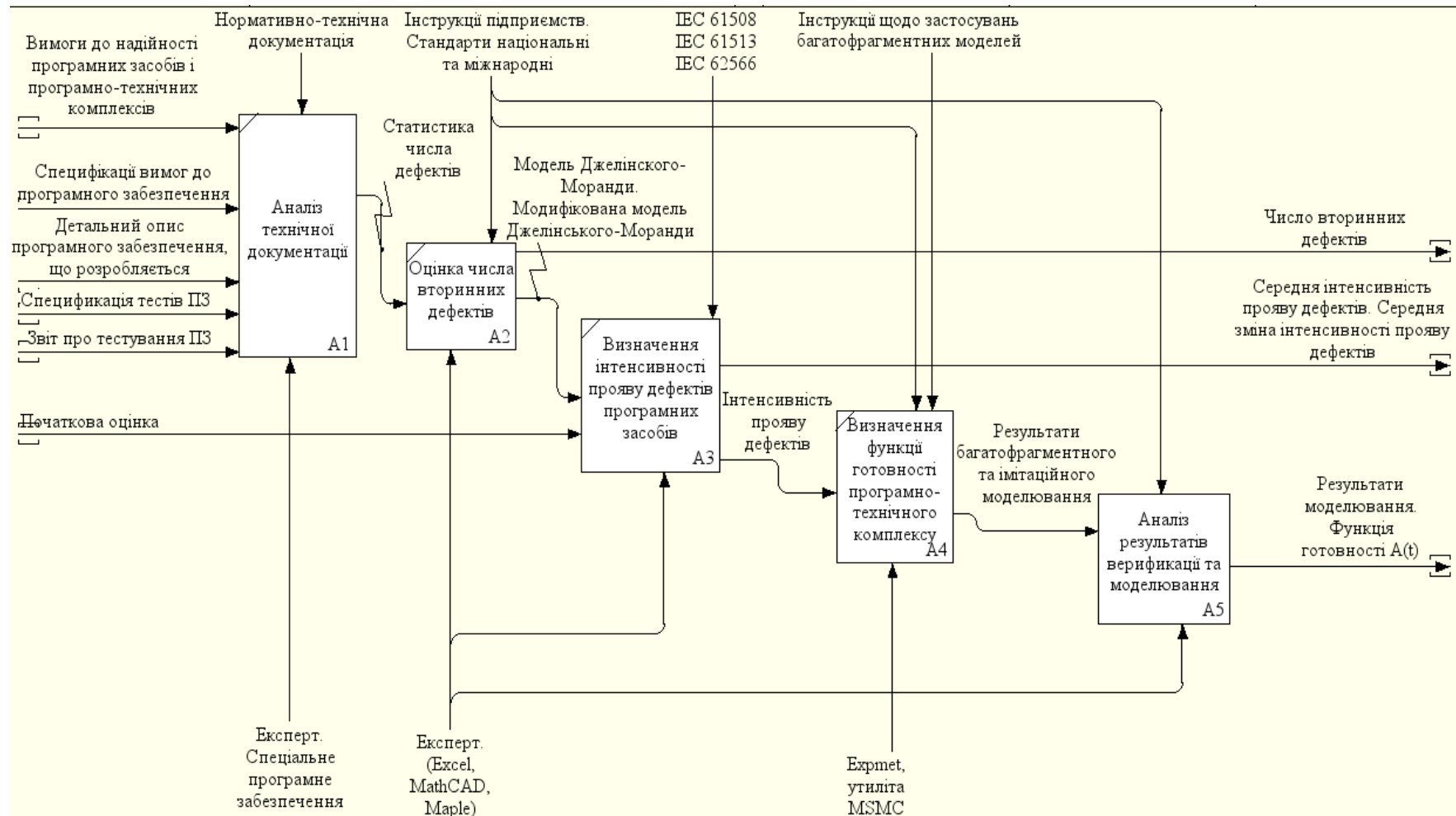


Рисунок 3 – IDEF0 діаграма інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів

– знаходяться значення функції готовності  $A(t)_{\text{IM}}$  для різної кількості вторинних дефектів за допомогою імітаційного моделювання;

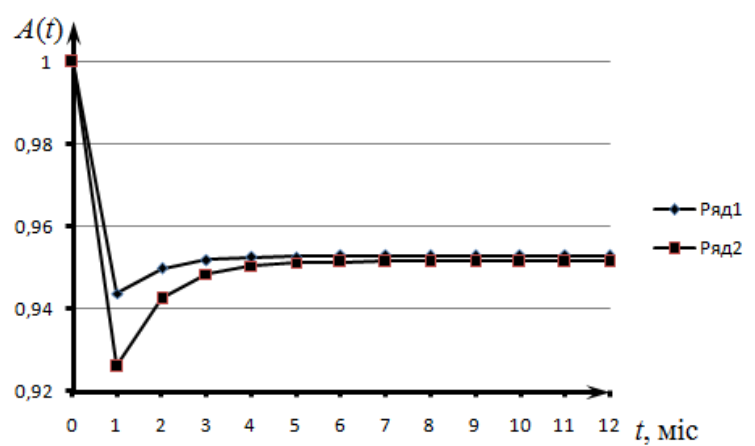


Рисунок 4 – Результати моделювання і оцінювання надійності дубльованого одноверсійного ПТК без внесених (ряд 1) і з внесеними (ряд 2) дефектами

Результати моделювання показали, що урахування вторинних дефектів дозволило підвищити точність оцінювання показника надійності  $A(t)$  на величину, що складає 3-4% від значень даного показника на початкових етапах тестування (експлуатації). На більш пізніх етапах даний показник зменшується внаслідок збіжності значень, розрахованих без урахування і з урахуванням вторинних дефектів.

## ВИСНОВКИ

У дисертації проведено теоретичне обґрунтування й вирішення науково-практичного завдання розробки і вдосконалення моделей, методів та інформаційної технології оцінювання надійності програмних засобів на основі врахування внесення вторинних дефектів. Основні наукові і практичні результати:

1. У результаті аналізу МНПЗ обґрунтована можливість використання моделей Джелінські-Моранди, Шика-Уолвертона, Ліпова для оцінки надійності ПЗ з урахуванням фактора вторинних дефектів. Найбільш доцільним є використання моделі Джелінські-Моранди. Удосконалені імовірнісні МНПЗ на основі врахування параметрів вторинних дефектів шляхом модифікацій функцій ризику цих моделей, що дозволяє адекватно відображати реалії тестування і супроводу ПЗ. Обґрунтована можливість знаходження числа вторинних дефектів з допомогою модифікованих МНПЗ при визначенні початкового числа дефектів із використанням моделей прогнозу потенційної кількості дефектів.

2. Розроблені варіанти процесів обслуговування програмних засобів, що включають параметри виявлення, усунення, внесення, неусунення виявлених дефектів. Обґрунтований вибір базового варіанту дослідження. Розроблені ре-

– визначається відносна похибка обчислень  $\delta$  за формулою

$$\delta = \frac{|A(t)_{\text{IM}} - A(t)_{\text{БФМ}}|}{A(t)_{\text{БФМ}}}. \quad (5)$$

Значення  $\delta$  обчислюються для однакової кількості вторинних дефектів, одержаних з використанням багатофрагментного та імітаційного моделювань. Серед результатів, обчислених за формулою (5), вибирається найменший.

При обчисленні відносної похибки результат багатофрагментного моделювання вважається точним.

комендації щодо зведення небазових варіантів до базового. Проведений аналіз співвідношень параметрів щодо доцільності використання варіантів.

3. Розроблений метод оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними виявлення дефектів на основі аналізу статистичних даних виявлення первинних дефектів, що дає можливість підвищити точність кількісних експлуатаційних показників.

4. Розроблений метод визначення середньої інтенсивності та середньої зміни інтенсивності прояву дефектів, у якому враховується фактор внесення дефектів, на основі комплексного застосування модифікованої моделі Джелінські-Моранди і послідовності оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними, що дозволяє верифікувати показники надійності ПЗ.

5. Розроблена інформаційна технологія оцінювання надійності ПЗ, що базується на моделях і методах, у яких враховується фактор внесення вторинних дефектів, що дозволяє підвищити точність оцінок надійності програмних засобів і забезпечити виконання вимог до надійності ПТК у цілому.

6. Запропоноване використання марковських моделей надійності ПТК, які базуються на багатофрагментному поданні і при врахуванні змін інтенсивності прояву дефектів включають вплив вторинних дефектів програмних засобів за рахунок збільшення числа станів моделі оцінювання готовності ПТК, що дозволяє підвищити точність моделювання та оцінки показників надійності.

7. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що основні положення дисертації реалізовані у вигляді інформаційної технології, методів оцінювання надійності, які є інструментарієм моделювання та оцінювання надійності ПТК з урахуванням вторинних дефектів. Використання цих методів у технологіях моделювання та оцінювання надійності програмно-технічних комплексів дозволяє підвищити точність оцінювання їх показників надійності на початкових етапах тестування, верифікації в середньому на 3-4%.

Отримані наукові та практичні результати впроваджено: при оцінюванні надійності програмного забезпечення, що розроблялось науково-виробничим підприємством „Радій“; під час виконання процедур верифікації і валідації програмного забезпечення на базі НВП „Радікс“; у навчальному процесі ПолтНТУ при вивченні дисципліни „Системний аналіз“.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Руденко А. А. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 2. Надежность / О. Н. Одарущенко, В. С. Харченко, А. А. Руденко / Под ред. Харченко В. С. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского „ХАИ“, 2012. – 292 с.

*Здобувачем розроблені сценарії усунення і внесення дефектів програмних засобів, проведено аналіз і модифікація відомих МНПЗ.*

2. Руденко А. А. Моделирование обслуживаемых компьютерных систем с учетом вторичных дефектов программных средств / В. С. Харченко, О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко, Ю. Л. Поночовный // Ра-



діоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського „ХАІ“, 2009. – № 7 (41). – С. 245-249.

*Здобувач розробив сценарії внесення дефектів при усуненні виявлених дефектів програмних засобів.*

3. Руденко А. А. Учет вторичных дефектов в моделях надежности программных средств / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, В. С. Харченко // Математичні машини і системи. – Київ: ІПММС НАН України, 2010. – № 1. – С. 205-217.

*Здобувачем проведено аналіз можливості модифікацій моделей оцінки надійності програмних засобів з урахуванням фактора вторинних дефектів.*

4. Руденко А. А. Модели оценки надежности программных средств с учетом недетерминированного числа вторичных дефектов / А. А. Руденко, О. Н. Одарущенко, В. С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського „ХАІ“, 2010. – № 6 (47). – С. 197-203.

*Здобувач провів аналіз можливості використання модифікованих МНПЗ за умови врахування недетермінованого числа вторинних дефектів.*

5. Руденко А. А. Анализ сценариев и определение параметров для оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / В. С. Харченко, О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ: Державне підприємство „Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління“, 2011. – Випуск 2 (18). – С. 273-280.

*Здобувачем розроблено метод оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними.*

6. Руденко А. А. Метод оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, В. С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського „ХАІ“, 2012. – № 7(59). – С. 294-300.

*Здобувач розробив метод визначення інтенсивності прояву вторинних дефектів на основі модифікованої моделі Джелінські-Моранди.*

7. Руденко А. А. Учет фактора вторичных дефектов при оценке надежности программных средств / В. С. Харченко, А. А. Руденко, О. Н. Одарущенко, Е. Б. Одарущенко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2013. – № 22 (165). Випуск 28/1. – С. 153-160.

*Здобувачем проведено аналіз припущень моделей оцінки надійності програмних засобів.*

8. Руденко А. А. Информационная технология оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко, О. Н. Одарущенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – Випуск 1 (33). – С. 146-150.

*Здобувач розробив інформаційну технологію оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.*

9. Руденко О. А. Вплив вторинних дефектів при відновленні програмних засобів комп'ютерних систем / О. М. Одарущенко, О. А. Руденко // Тези 61-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 15-17 квітня 2009 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – С. 278.

*Здобувач провів аналіз сценаріїв внесення дефектів при усуненні виявлених дефектів програмних засобів.*

10. Руденко А. А. Инвариантность простой экспоненциальной модели оценки надежности программного обеспечения при снятии допущения о невозможности внесения дефектов при восстановлении программных средств / А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко // IV науково-практична конференція з міжнародною участю „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2009“. Тези доповідей. 22-26 червня 2009 р. – Київ: ІПММС НАН України, 2009. – С. 255-257.

*Здобувачем обґрунтована можливість застосування простої експоненційної моделі для оцінювання надійності ПЗ з урахуванням вторинних дефектів.*

11. Руденко А. А. Модель Джелинского-Моранды с учетом недетерминированного числа вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко // Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції „Комп'ютерна математика в інженерії, науці та освіті“ (CMSEE-2009), м. Полтава, 1-31 жовтня 2009 р. – Київ: Видавництво НАН України, 2009. – С. 49-50.

*Здобувач обґрунтував можливість застосування моделі Джелінські-Моранди для оцінювання надійності ПЗ з урахуванням вторинних дефектів.*

12. Руденко О. А. Модель Ліпова з урахуванням недетермінованого числа вторинних дефектів / О. М. Одарущенко, О. А. Руденко, О. Б. Одарущенко // Тези 62-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 2. (Полтава, 23 квітня – 13 травня 2010 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 88-89.

*Здобувачем проведено аналіз можливості застосування моделі Ліпова для оцінювання надійності ПЗ з урахуванням вторинних дефектів.*

13. Руденко А. А. Модели оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов как функции времени / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, З. Н. Руденко // V науково-практична конференція з міжнародною участю „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2010“. Тези доповідей. – Київ, 2010. – 21-25 червня 2010 р. – С. 226-228.

*Здобувач провів порівняльний аналіз модифікованих моделей оцінки надійності програмних засобів.*

14. Руденко А. А. Использование корреляционных зависимостей при прогнозировании числа вторичных дефектов программных средств / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Комп'ютерна математика в інженерії, науці та освіті“ (CMSEE-2010), м. Полтава, 1-31 жовтня 2010 р. – Київ: Видавництво НАН України, 2010. – С. 53-54.

*Здобувачем розроблені принципи оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними числа виявлених дефектів.*

15. Руденко О. А. Аналіз коефіцієнтів модифікованої моделі Джелінського-Моранди / О. А. Руденко, О. Б. Одарущенко // Тези 63-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 2. (Полтава, 10-19 травня 2011 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 138-139.

*Здобувач провів аналіз співвідношення параметрів модифікованої моделі Джелінські-Моранди.*

16. Руденко А. А. Определение параметров оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко // VI науково-практична конференція з міжнародною участю „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2011“. Тези доповідей. 27-30 червня 2011 р. – Чернігів: ЧДТУ, 2011. – С. 391-392.

*Здобувачем обґрунтовано принципи вибору базового сценарію усунення та внесення дефектів.*

17. Руденко О. А. Параметры сценаріїв усунення і внесення дефектів програмних засобів / О. М. Одарущенко, О. А. Руденко // Тези 64-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 2. (Полтава, 17 квітня – 11 травня 2012 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 125-126.

*Здобувач показав можливість спрощення сценаріїв усунення та внесення дефектів програмних засобів.*

18. Руденко А. А. Использование многофрагментного моделирования для оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко, З. Н. Руденко // VII Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2012“. Тези доповідей. Чернігів-Жукин. 25-28 червня 2012 р. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – С. 344-346.

*Здобувачем показано розвиток принципів багатofрагментного моделювання для оцінювання надійності ПЗ з урахуванням вторинних дефектів.*

19. Руденко О. А. Послідовність оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів / О. М. Одарущенко, О. А. Руденко // Збірник наукових праць за матеріалами V Всеукраїнського науково-практичного форуму установ НАН України „Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки“, 12-14 грудня 2012 року. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 130-132.

*Здобувач розробив структурну схему оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.*

20. Руденко О. А. Використання модифікованої моделі Шика-Уолвертона для врахування вторинних дефектів / О. А. Руденко, З. М. Руденко // Тези 65-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 3. (Полтава, 22 квітня – 15 травня 2013 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 53-55.

*Здобувачем проведено аналіз можливості застосування моделі Шика-Уолвертона для оцінювання надійності ПЗ з урахуванням вторинних дефектів.*

21. Руденко А. А. Метод оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, З. Н. Руденко, М. А. Мельник // VIII Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2013“. Тези доповідей. Чернігів-Жукин. 24-28 червня 2013 р. – Чернігів: ЧДТУ, 2013. – С. 336-339.

*Здобувач розробив комплексний підхід до оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.*

22. Руденко О. А. Проблеми і структура оцінки надійності програмного забезпечення / О. А. Руденко, З. М. Руденко // IX Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2014“. Тези доповідей. Київ-Жукин. 23-27 червня 2014 р. – Чернігів: ЧДІЕУ, 2014. – С. 335-336.

*Здобувачем розроблена структура оцінювання надійності ПЗ.*

23. Руденко О. А. Сучасні тенденції побудови класифікацій моделей оцінки надійності програмних засобів / О. А. Руденко, З. М. Руденко // X Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015“. Тези доповідей. Чернігів. 22-26 червня 2015 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – С. 312-313.

*Здобувач провів аналіз принципів класифікацій МНПС.*

## АНОТАЦІЇ

**Руденко О. А. Імовірнісні моделі та методи оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут“, Харків, 2015.

Дисертація присвячена розробці моделей, методів оцінювання надійності програмно-технічних комплексів, інформаційної технології на основі врахування внесень вторинних дефектів.

Науковими результатами є: удосконалення імовірнісних моделей оцінки надійності програмних засобів на основі врахування параметрів вторинних дефектів шляхом модифікації функцій ризику цих моделей, що дозволяє адекватно відображати процеси тестування і супроводу програмних засобів; метод оцінювання числа вторинних дефектів програмних засобів, що ґрунтується на аналізі статистичних даних прояву первинних дефектів програмних засобів, що дозволяє підвищити точність оцінок кількісних експлуатаційних показників; метод обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і середньої зміни інтенсивності прояву дефектів за допомогою модифікованої моделі Джелінські-Моранди, у якому, на відміну від існуючих, враховується фактор вторинних дефектів, що дозволяє верифікувати показники надійності програмних засобів.

На основі методу оцінювання числа вторинних дефектів за статистичними даними виявлення дефектів та методу обчислення середньої інтенсивності прояву дефектів і середньої зміни інтенсивності прояву дефектів розроблена інфо-

рмаційна технологія оцінювання надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів.

Запропоновані моделі і методи дозволяють підвищити точність оцінювання надійності програмно-технічних комплексів, що досягається за рахунок урахування фактора вторинних дефектів.

*Ключові слова:* інформаційна технологія, надійність, модифікована модель, модель оцінки надійності, програмний дефект, вторинний дефект, інтенсивність прояву дефектів, програмний засіб.

**Руденко А. А. Вероятностные модели и методы оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2015.

Диссертация посвящена разработке моделей, методов оценки надежности программно-технических комплексов, информационной технологии на основе учета внесения вторичных дефектов.

Как показывает проведенный анализ, необходимость обеспечения точности оценки надежности программного обеспечения обуславливает актуальность научных исследований, посвященных разработке и совершенствованию методов и моделей оценки. В существующих моделях оценки надежности не учитывается фактор вторичных дефектов или этому аспекту не уделяется внимание вообще. Это может привести, с одной стороны, к неэффективному применению и распределению методов и средств повышения надежности, а с другой, к недооценке рисков, связанных с возникновением отказов.

Усовершенствованы вероятностные модели оценки надежности программных средств на основе учета параметров вторичных дефектов, путем модификаций функций риска этих моделей, что позволяет адекватно отображать процессы тестирования и сопровождения программных средств. В рамках исследования был проведен анализ классификаций моделей, анализ вероятностных моделей повышения надежности на предмет возможности их модификаций с тем, чтобы учитывать вторичные дефекты. Наиболее целесообразно в контексте поставленной задачи использовать модель Джелински-Моранды.

Разработан метод оценивания числа вторичных дефектов программных средств, основанный на анализе статистических данных проявления первичных дефектов программных средств, что позволяет повысить точность количественных оценок эксплуатационных показателей. Потребность в разработке метода вызвана трудностями аналитического нахождения вторичных дефектов на основе моделей оценки надежности программных средств. В методе оценивания числа вторичных дефектов по статистическим данным выявления дефектов учитываются факторы раннего и поздних этапов тестирования (эксплуатации), что соответствует реалиям соответствующих этапов жизненного цикла программ.

Создан метод вычисления средней интенсивности проявления дефектов и среднего изменения интенсивности проявления дефектов, в котором используется комплексный подход, включающий результаты оценивания числа вторич-

ных дефектов и модифицированную модель Джелински-Моранды, в которой учтен фактор вторичных дефектов, что позволяет верифицировать показатели надежности программных средств.

На основе метода оценивания числа вторичных дефектов по статистическим данным выявления дефектов и метода вычисления средней интенсивности проявления дефектов и изменения средней интенсивности проявления дефектов разработана информационная технология оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов.

Предложенные модели и методы позволяют повысить точность оценки надежности программно-технических комплексов, что достигается за счет учета фактора вторичных дефектов.

*Ключевые слова:* информационная технология, надежность, модифицированная модель, модель оценки надежности, программный дефект, вторичный дефект, интенсивность проявления дефектов, программное средство.

**Rudenko O.A. Probabilistic models and methods of estimating the reliability of software taking into account the secondary defects** – As a manuscript.

The dissertation on obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.13.06 – information technologies – National technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, 2015.

The dissertation dedicated to the developing of models, methods of reliability estimation of software-technical complexes of information technology on the basis of making secondary defects.

Scientific results are: improving probabilistic models of reliability estimation of software based on the parameters of secondary defects by modifying the risk function of these models that allows to reflect processes of testing and maintenance of software; method of estimating secondary defects of software tools that is based on the analysis of statistical data of manifestation of primary defects of software tools that allows to raise the accuracy of the quantitative assessment of performance indicators; the method of calculating the average intensity of manifestation of defects and the average change in the intensity of manifestation of defects with the help of modified model Jelinski-Moranda that, unlike existing, takes into account factor of secondary defects that allows to verify the reliability of software tools.

Information technology of assessment the secure of software tools taking into account the secondary defects is devised basing on the method of estimating the number of secondary defects according to the statistics of defect detection and the method of calculating the average intensity of manifestation of defects and the average change in the intensity of manifestation of defects.

The proposed models and methods allow to raise the accuracy of estimation of reliability of software and hardware complexes that is achieved by taking into account the factor of secondary defects.

*Keywords:* information technology, reliability, modified model, model of reliability assessment, software defect, secondary defect, intensity of manifestation of defects, software tool.

Підписано до друку 22.12.2015 р.  
Папір офсетний. Друк трафаретний.  
Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Формат 60×84/16. Зам. № 764.

Виготовлювач: ТОВ “Фірма “Техсервіс”.  
Адреса: 36011, м. Полтава, вул. В. Міщенко, 2.  
Тел.: (0532) 56-36-71.

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи  
серія ДК № 4421 від 16.10.2012 р.