

## ВІДГУК

офіційного опонента Сидорова Миколи Олександровича  
на дисертаційну роботу Яковини Віталія Степановича  
“Методи та засоби аналізу надійності функціонування програмного  
забезпечення з урахуванням етапів життєвого циклу”, поданої на здобуття  
наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності  
01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і  
систем.

### **Актуальність теми.**

У зв'язку з поширенням застосування комп'ютеризованих систем, втрата працездатності яких може мати критичні та катастрофічні наслідки до них висуваються все більш жорсткі вимоги щодо безпечності функціонування. Ключовою властивістю програмного продукту в цьому аспекті є його якість. Відповідно до стандарту ISO в моделі якості програмного забезпечення застосовано шість основних характеристик. Але, серед них є характеристика, яка безпосередньо впливає на безпечність функціонування, це надійність. Застосування інженерних методів створення і супроводження програмного забезпечення з одного боку, а з іншого, підвищення складності сучасних комп'ютеризованих систем висувають жорсткі вимоги до методик оцінювання та методів забезпечення заданих технічним завданням показників надійності.

Сучасні програмні продукти створюються і супроводжуються згідно життєвому циклу, який реалізується за відповідними моделями з застосуванням різних технологій. Для переважної кількості моделей життєвого циклу виправлення помилки, яка вноситься на ранніх, а знаходиться на пізніх етапах життєвого циклу значно збільшує вартість створення програмного забезпечення. Це вимагає проведення досліджень моделей та методів оцінювання показників надійності програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу, і що дуже важливо, починаючи з ранніх.

Ріст складності сучасних програмних систем робить традиційні моделі надійності програмного забезпечення все менш адекватними об'єкту дослідження, а методи, побудовані на їх основі стають все менш достовірними.

Саме тому вдосконалення наявних і побудова нових математичних моделей надійності, які враховують, особливості етапів життєвого циклу, програмного забезпечення та складність, разом з розробленням відповідних методів і засобів аналізу надійності програмного забезпечення є актуальною науково-прикладною проблемою, вирішення якої дасть можливість підвищити безпечність функціонування комп'ютеризованих систем і зокрема критичних.

Актуальність проблеми та важливість отриманих результатів підтверджується тим, що робота виконувалася в межах наукового напрямку "Технології та засоби розробки програмних продуктів і систем", визначеного Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 в переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року, відповідно до пріоритетного тематичного напрямку Національного університету "Львівська політехніка" і наукового

були отримані в ході участі пошукача в виконанні шести науково-дослідних робіт. Результати пройшли дослідне випробування і впровадження на виробництві та в науково-дослідних установах України, а також використовуються в навчальному процесі Національного університету "Львівська політехніка" при викладанні дисциплін "Основи теорії надійності програмних систем", "Якість програмного забезпечення та тестування" та "Аналіз вимог до програмного забезпечення", що підтверджено відповідними актами доданими до тексту дисертації.

#### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Основні наукові результати дисертації обґрунтовані теоретично та підтверджені значним обсягом експериментальних даних тестування програмних систем різної складності. Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи обумовлена коректним використанням методів теорії ймовірностей та математичної статистики (в т.ч. теорії марковських процесів) для побудови і аналізу моделей надійності програмного забезпечення, методів автоматизованого формування сценаріїв тестування програмного забезпечення, створення засобів підтримки прийняття рішень під час розроблення програмного забезпечення; методів обчислювальної математики для отримання оцінок показників надійності програмного забезпечення та розв'язування систем диференціальних та алгебраїчних рівнянь; методів дискретної математики для створення методу подання марковського процесу вищого порядку у вигляді еквівалентного процесу першого порядку; методів системного аналізу для розроблення засобів аналізу надійності програмного забезпечення на ранніх етапах життєвого циклу; методів штучного інтелекту для створення засобів прогнозування відмов програмного забезпечення на основі штучних нейронних мереж.

Обґрунтовані теоретичні результати зіставлені з даними, відомими в літературних джерелах, результатами комп'ютерного моделювання та експериментальними даними – результатами тестування та даними про відмови програмних систем різної складності.

#### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність основних наукових положень і одержаних результатів забезпечується використанням обґрунтованих математичних моделей надійності програмного забезпечення з підвищеним ступенем адекватності, який забезпечується врахуванням складності програмного забезпечення, із зазначенням основних припущень, обмежень і області використання цих моделей; підтверджується коректним використанням необхідного математичного апарату, а також відповідністю результатів, отриманих з використанням розроблених моделей надійності відомим літературним даним та результатам тестування програмного забезпечення. Верифікація розроблених в дисертації моделей і методів проведена шляхом порівняння оцінок показників надійності, отриманих з використанням розроблених та відомих моделей з експериментальними даними, отриманими з літератури, відкритих джерел про відмови програмного забезпечення та шляхом тестування власних програмних засобів. Результати дослідного випробування та впровадження теоретичних

положень є достатніми для підтвердження достовірності наукових положень і висновків дисертаційної роботи

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

*Вперше:*

– побудовано модель надійності програмних систем у вигляді ланцюга Маркова вищого порядку з неперервним часом та модель надійності яка враховує відмови при передачі управління між модулями програмної системи та взаємозалежності їх виконання, які на відміну від наявних моделей дають можливість більш достовірно оцінювати показники надійності програмних систем;

– розроблено метод аналізу надійності програмних систем на ранніх етапах життєвого циклу, застосування якого зменшує кількість помилок суттєво впливаючих на вартість розробки;

– розроблено метод подання марковського процесу вищого порядку у вигляді еквівалентного процесу першого порядку з віртуальними станами для програмних систем, в яких існує взаємозалежність виконання модулів, застосування якого підвищує достовірність оцінювання показників надійності;

– розроблено метод прогнозування з використанням регресійного аналізу кількості відмов програмного забезпечення, який дає можливість підвищити точність прогнозування кількості невиявлених помилок в програмному забезпеченні, або ж зменшити тривалість процесу тестування зі збереженням точності прогнозу;

*Вдосконалено:*

– процес аналізу вимог до програмного забезпечення, шляхом використання методу аналізу ієрархій, що дає можливість отримати оцінки параметрів моделей надійності програмних систем на ранніх етапах їх життєвого циклу;

– нейромережеві моделі прогнозування надійності програмного забезпечення, зокрема, шляхом встановлення оптимальної конфігурації нейронної мережі Елмана та мережі на основі радіально-базисних функцій, що дає можливість прогнозувати відмови програмного забезпечення різного ступеня складності з високою точністю;

*Отримали подальший розвиток:*

– модель надійності програмних систем з показником складності, шляхом встановлення зв'язку значень цього показника зі складністю програмного забезпечення, що дало можливість підвищити достовірність оцінювання показників надійності програмного забезпечення;

– методи аналізу надійності комп'ютеризованих систем, шляхом, введення в модель надійності програмних систем показника його складності, що підвищує достовірність оцінювання показників надійності комп'ютеризованих систем.

### **Зауваження до роботи.**

1. Значний обсяг роботи присвячено дослідженню моделей надійності, які на думку пошукача перестали описувати надійність програмного забезпечення із достатнім для сучасних комп'ютеризованих систем ступенем адекватності (НПП, моделі вартості, ЛМГВ з дискретними часом).

2. Не досліджено застосування запропонованих методів і моделей в контексті різних моделей життєвого циклу.

3. Не визначено з якими метриками пов'язано поняття складність, яке застосовується в роботі.

4. Надійнісний аналіз архітектури програмного забезпечення здійснюється тільки на окремих результатах детального архітектурного проектування (діаграми класів та діяльності) і не охоплює інші результати, а також аналіз архітектурного стилю, шаблонів для його реалізації, тощо.

5. Не уточнюється поняття модуля та інтерфейсу в залежності від обраної парадигми програмування (композиційна або класифікаційна), а для класифікаційні парадигми ототожнення модуля з класами не є коректним.

Зазначені зауваження не зменшують наукової та практичної цінності роботи.

#### **Загальні висновки.**

Дисертаційна робота Яковини Віталія Степановича на тему "Методи та засоби аналізу надійності функціонування програмного забезпечення з урахуванням етапів життєвого циклу" є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу науково-прикладну проблему вдосконалення наявних і побудови нових математичних моделей надійності програмних систем, які враховують його складність та етапи життєвого циклу, разом з розробленням відповідних методів і засобів аналізу надійності функціонування програмних систем. Досягнення мети дисертаційного дослідження дає можливість підвищити достовірність оцінювання показників надійності сучасних програмних систем.

Основні результати дисертації відповідають паспорту наукової спеціальності 01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем (технічні науки), зокрема таким пунктам: методи оцінки якості, уніфікації та стандартизації програмних систем різного призначення; методи дослідження функціонування комп'ютерних і програмних систем; методи і засоби аналізу та проектування програмних систем; програмна інженерія та інженерія програмних систем.

Дисертаційна робота "Методи та засоби аналізу надійності функціонування програмного забезпечення з урахуванням етапів життєвого циклу", подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Яковина Віталій Степанович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем.

Доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри інженерії  
програмного забезпечення  
Національного авіаційного університету



*Сидорів М.О.*  
засвідчую  
вчений секретар  
Національного авіаційного університету  
*М.О.Сидоров*  
М.О.Сидоров