

УДК 004.41:656.25

М. О. КОЛІСНИК, І. В. ПІСКАЧОВА, С. О. БАНТЮКОВА

*Український державний університет залізничного транспорту, Україна***ОЦІНКА ВПЛИВУ КВАЛІФІКАЦІЇ УЧАСНИКІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ НА НАДІЙНІСТЬ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ Й АВТОМАТИКИ**

*Розглянуто приклад багатокритеріального оцінювання впливу кваліфікації розробників програмних засобів на надійність мікропроцесорних систем релейного захисту й автоматики. На підставі аналізу особливостей розробки програмних засобів, запропоновано узагальнені критерії та показники для оцінювання кваліфікації команди програмістів та впливу її на надійність програмних засобів та мікропроцесорної системи у цілому. Проведено оцінювання ймовірності безвідмовної роботи програмних засобів в залежності від кваліфікації команди програмістів. При оцінці кваліфікації урахувались професійні, особисті якості учасників розробки програмного забезпечення, наявність сертифікатів. На підставі результатів проведеного аналізу визначена необхідність у подальшому розширити кількість показників та критеріїв для оцінки кваліфікації команди розробників програмного забезпечення та удосконалити порядок розрахунку вагових коефіцієнтів наявності сертифікатів, професійних та особистих якостей учасників команди.*

**Ключові слова:** мікропроцесорна система, апаратні засоби, програмні засоби, надійність, ймовірність безвідмовної роботи, кваліфікація.

**Вступ**

Особлива увага у даний час приділяється проектуванню та впровадженню в енергетичні системи залізничного транспорту високонадійних мікропроцесорних систем (МС) релейного захисту й автоматики (РЗА), які призначені для мінімізації негативного ефекту від різного роду несправностей і аномальних режимів роботи. З метою визначення найбільш ефективного методу підвищення надійності МС РЗА з існуючих методів доцільно провести їх аналіз.

Зниження надійності МС відбувається за рахунок ненадійних апаратних засобів (АЗ), а також, особливо, програмного забезпечення (ПЗ). Необхідно забезпечити виключення або попередження багатьох видів дефектів і помилок при створенні, супроводі, модернізації та модифікації ПЗ. Для цього в критичних МС вводиться структурна, часова, програмна та/або інформаційна надмірність, що здійснюють оперативне виявлення аномалій, їх ідентифікацію й автоматичне відновлення нормального функціонування системи [1, 2].

Найважливішим ресурсом при створенні ПЗ є фахівці, з їхнім рівнем професійної кваліфікації, знань, досвіду та стимулів. Швидкий ріст складності комплексів програм призвели до появи нових вимог до фахівців програмної інженерії, що забезпечує всі етапи життєвого циклу (ЖЦ) ПЗ. Тепер необхід-

ні глибокі знання системотехніки, технології проектування, методів забезпечення й контролю якості складних комплексів програм у певній області застосування [1, 3].

Огляд ринку праці України показав, що в 2015 році кількість програмістів зросла до 90 тис. чоловік. З них 16% працює в п'яти найбільших компаніях, 5% ринку щорічно залишає Україну. Незважаючи на те, що кількість вакансій росте, кількість бажаних потрапити в інформаційні технології (ІТ) росте швидше через зростання кількості курсів і тренінгів [4]. В 2015 році [5] збереглася тенденція дефіциту висококваліфікованого ІТ - персоналу. Подібна ситуація існує, незважаючи на збільшення кількості незайнятих фахівців на ІТ - ринку праці, і пов'язана з тим, що компанії змушені йти на масові скорочення, щоб зменшити свої витрати. Однак високо-кваліфіковані фахівці під скорочення не попадають, тому на ІТ - ринку досвідчених професіоналів мало. У рамках дослідження [5] було виявлено, що на простих платформах компанії пропонують вакансії для рядових розробників, а на складні потрібні технічні директори. Розподіл потреби в розробниках по рівнях кваліфікації в рамках простих платформ (PHP, Frontend) і в рамках складних (Java, .Net) майже однакове. Найбільше компанії мають потребу в рядових PHP-розробниках та рядових розробниках інтерфейсів.

За підсумками аналізу, зрозуміло, що у зв'язку з

гострої нехваткою висококваліфікованих фахівців, набір кадрів здійснюється з малодосвідчених випускників вишів, технікумів, курсів та ін.

Фахівці повинні володіти новою інтелектуальною професією, що забезпечує високу якість ЖЦ ПЗ. Розподіл праці фахівців за кваліфікацією при розробці програм і даних, організація колективів розробок стали найважливішою частиною вибору, навчання й підготовки фахівців для забезпечення всього ЖЦ ПЗ [1, 6]. Забезпечення високої кваліфікації учасників розробки ПЗ при створення та супроводі ПЗ має ряд особливостей, обумовлених ступенем освіти, спроможністю роботи в команді, терміном плідної роботи та ін.

## 1. Надійність програмного забезпечення

При розробці ПЗ може виникнути ряд причин, що приводять до виникнення помилок: неправильне розуміння програмістом алгоритму; неправильне складання загальної структури ПЗ й взаємозв'язку програм; неправильний вибір методів захисту програм; помилки в переносі програм на носії та ін. [1, 2]. Відлагодження ПЗ не може усунути всі помилки, тому що число можливих сполучень вхідних даних і станів системи при її функціонуванні настільки велике, що заздалегідь перевірити всі можливі гілки проходження програм практично неможливо. Тому потік прояву помилок ПЗ при функціонуванні МС носить випадковий характер: помилки проявляються у випадкові моменти часу, коли програма вийде на ту ділянку, де є помилка. Основні відмінності помилок ПЗ від відмов АЗ полягають у наступному: після виправлення помилки в програмі ця ж помилка надалі не може повторитися. Більше того, помилки, виявлені в ПЗ однієї з декількох однотипних систем, звичайно виправляються у всіх таких системах. Потік помилок ПЗ - нестационарний, тому що після виявлення помилок параметр їхнього потоку зменшується, якщо нові помилки не вносяться.

Для підвищення надійності МС крім резервування АЗ із застосуванням засобів контролю і адаптації при відмові, що виникла в одному або декількох каналах, застосовують резервування ПЗ (незалежна розробка, введення і супровід двох і більш варіантів (версій) програм, що виконують одні і ті ж функції). При функціонуванні вихідні дані цих варіантів порівнюються в автоматичному режимі і здійснюється відповідний вибір результатів [1,2]. Таке програмування одержало назву багатoversійного. Значення багатoversійних систем полягає у тому, що основні і надмірні компоненти ПЗ розробляються за різними версіями. Способи введення надмірності підрозділяються на об'єктні, суб'єктні та змішані. Перший з них заснований тільки на використу-

ванні різних елементів, що диверсифікуються (наприклад, по схемі "N мов програмування – один розробник"), другий – на використуванні різних суб'єктів проектування ("одна мова програмування – M розробників"). Третій спосіб базується на змішаній схемі ("N мов програмування - M розробників",  $M \leq N$ ).

Багатoversійність може вводитися на етапах: розробки специфікації і передачі її від замовника до виконавця проекту (функціональна багатoversійність, різноманіття мов специфікації, різноманіття проектів високого рівня та ін.); проектування (алгоритмічне різноманіття, різноманіття структур даних, мов програмування та ін.); кодування (різноманіття генераторів кодів); тестування і верифікації (використання різних засобів тестування, різноманіття статичних і динамічних тестів, різноманіття стратегій і методик верифікації та ін.); експлуатації (різноманіття тестових програм, використування при кожному пошуку дефектів і стратегій обслуговування та ін.). Застосування багатoversійних технологій, особливо на першому етапі, вимагає серйозних додаткових витрат і зусиль розробників. Крім того, необхідно виробити адекватну оцінку міри кореляції різних версій або, іншими словами, співвідношення між їх відносними, груповими і абсолютними дефектами.

Існує багато математичних моделей надійності ПЗ, котрі розроблені для оцінювання залежності надійності ПЗ від деяких конкретних параметрів (Шумана, Джелінського-Моранди, Муси та ін.) [1,2]. Вказані моделі орієнтуються на результати верифікації та тестування вже розробленого ПЗ. Однак забезпечення надійності ПЗ залежить в основному від процесу їх розробки з урахуванням факторів, що впливає на них. Такі фактори розглядалися в роботах [1,3,6], в яких автори виділяють серед найбільш суттєвих факторів, що впливають на надійність ПЗ у процесі розробки, кваліфікацію розробників ПЗ, а також складність ПЗ та наявність безлічі зв'язків [3]. Для оцінки кваліфікації розроблювачів програмного продукту [6] введений показник Q, що розраховується за формулою (1):

$$Q = 0,4 \cdot 5 \cdot \frac{N_c}{N} + 0,6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^N V_i \cdot Z_i}{N}, \quad (1)$$

де Q – оцінка кваліфікації команди;

N – кількість учасників у команді розробки;

$N_c$  – кількість сертифікованих фахівців у команді;  $V_i$  – статусна оцінка i-го учасника команди (від 1 до 5);

$Z_i$  – завантаження i-го учасника команди в проекті;

0,4 і 0,6 – вагові коефіцієнти, установлені емпірично;

5 – коефіцієнт приведення до єдиної шкали.

Однак, тому що в статті [6] не наведені пояснення розробленої авторами єдиної п'ятибальної шкали, порядку визначення статусу учасника команди розроблювачів, використання цієї формули викликає труднощі. Отже, існує необхідність доробки формули для зручності оцінювання впливу кваліфікації розроблювачів на надійність ПЗ.

При проектуванні й розробці комплексів програм необхідно, насамперед, створити команду, що здатна розробити високонадійні ПЗ. Тому виникає проблема розробки системи показників (коефіцієнтів, метрик) та критеріїв для підбору фахівців та кількісної оцінки впливу кваліфікації команди розроблювачів ПЗ на надійність МС.

Розглянемо які функції виконує ІТ - персонал при розробці ПЗ:

- стажер вміє писати код під доглядом;
- розробник самостійно робить прості проекти, середні й складні - під доглядом;
- провідний розробник самостійно робить проект будь-якої складності;
- лідер управляє командою розробників. Лідером продукту може бути менеджер проекту, менеджер проектування або керівник проекту. Лідер повинен керувати процесом виявлення й формування вимог замовника, розглядати конфлікти і знаходити компроміси, необхідні для визначення набору функцій, що представляють найбільшу цінність для максимальної кількості учасників, вести переговори із замовником, керівництвом, користувачами й розроблювачами, здійснювати перевірку специфікацій ПЗ, здійснювати керування зміною пріоритетів завдань, а також додаванням і виключенням функцій;
- архітектор проектує складні системи, повинен добре знати системний аналіз алгоритмів і пакетів прикладних програм, методи оцінки ефективності проектів, організації й плануванню великомасштабних розробок програм і баз даних, мати високу кваліфікацію по архітектурній побудові, комплексному налагодженню й випробуванням ПЗ, уміння організувати колектив для рішення загального цілового завдання;
- тестувальник – фахівець, що займається тестуванням. У його обов'язки входять пошук імовірних помилок і збоїв у функціонуванні об'єкта тестування (ПЗ). Тестувальник моделює різні ситуації, які можуть виникнути в процесі використання предмета тестування, щоб розроблювачі змогли виправити виявлені помилки.
- технічний директор керує відділом розробки як бізнес-менеджер, відповідає за прибутковість і розвиток відділу. Робота сучасного керівника припускає своєчасну оцінку ситуації на ринку, прийняття рішень; здійснення підбору кадрів; здатність і вміння підтримувати дисципліну й відстоювати ін-

тереси справи; враховувати й контролювати результати роботи; стимулювати працівників та ін. [1].

Для вирішення зазначених завдань необхідна оцінка кваліфікації працівників.

## 2. Оцінка впливу кваліфікації команди розробників на надійність програмних засобів

Розробка критеріїв для оцінки рівня кваліфікації персоналу можна проводити в такій послідовності:

визначити рівень освіти персоналу (отримання дипломів, сертифікатів та ін.);

скласти перелік функцій, які виконуються кожним працівником на даному робочому місці та визначити критерії оцінки результатів діяльності;

визначити критерії оцінки професійних якостей, необхідних для правильного виконання функцій; визначити критерії оцінки особистих якостей необхідних для злагодженої роботи колективу та ін.

Отримані критерії необхідно потім відранжирувати (визначити вагу кожного критерію при оцінці кваліфікації).

Розрахуємо, як впливають деякі критерії на кваліфікацію команди розроблювачів ПЗ.

Критерій оцінювання кваліфікації команди  $K_q$  розробників ПЗ визначимо за доопрацьованою формулою (1) [5]:

$$K_q = \frac{K_1 \cdot q_s + K_2 \cdot \sum_{i=1}^q \text{Prof}_i \cdot W_i + K_3 \cdot \sum_{i=1}^q \text{Pers}_i}{q}, \quad (2)$$

де  $q_s$  – кількість учасників команди з сертифікатами;

$\text{Prof}_i$  – професійна оцінка  $i$ -го учасника команди ( $\text{Prof}_i \in [0, 1]$ );

$W_i$  – навантаження  $i$ -го учасника команди ( $W_i \in [0, 1]$ );

$\text{Pers}_i$  – особисті якості  $i$ -го учасника команди ( $\text{Pers}_i \in [0, 1]$ );

$q$  – кількість учасників команди;

$K_1$  – ваговий коефіцієнт наявності сертифіката;

$K_2$  – ваговий коефіцієнт професійних якостей учасника команди;

$K_3$  – ваговий коефіцієнт особистих якостей учасника команди.

Шкала розрахунків - від 0 до 1. Сума всіх вагових коефіцієнтів дорівнює 1 (3):

$$\sum_{j=1}^m K_j = 1. \quad (3)$$

Для розрахунку рівня кваліфікації команди взяті декілька критеріїв (2), при необхідності цей перелік необхідно розширювати. Вагові коефіцієнти ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ) оцінюються експертами з урахуванням виконання тієї або іншої роботи (табл. 1).

Для оцінки надійності ПЗ вибираємо показник імовірність безвідмовної роботи (ІБР).

Надійність ПЗ повністю залежить від кваліфікації команди розробників, тому можна показати, що при відповідно до вимог ІБР ПЗ дорівнює, наприклад  $p_r=0,9999$ , при критерії кваліфікації команди  $K_q=0,9258$ , на виході одержимо реальну ІБР ПЗ  $p_{real} = p_r \cdot K_q = 0,9257$ .

У зв'язку з тим, що найбільш критичними є системи, що не обслуговуються, почнемо дослідження з цих МС при допущеннях: апаратні і програмні відмови незалежні (це допущення ґрунтується на тому, що відмова АЗ призводить до відмови каналу, але не ПЗ; аналогічно відмова ПЗ призводить до відмови каналу, але не відмови АЗ, а також на тому, що у відомій літературі розглядається надійність апаратної частини МС окремо від надійності ПЗ [1, 5]); враховуються тільки катастрофічні відмови (в необслуговуваній системі реального часу кожна відмова може призвести до необоротних наслідків); програмні версії виконуються паралельно, АЗ рівнонадійні.

Розглянемо, яку структурну схему МС краще застосовувати при різних значеннях кваліфікації розробників ПЗ. Для порівняння надійності деяких структур МС візьмемо відомі формули з урахуванням ІБР АЗ та ПЗ [2]:

- двоканальній МС с двома версіями ПЗ:

$$P_{11} = p_a \cdot (p_r \cdot K_q - p_a \cdot p_r^2 \cdot K_q \cdot K_{q1} + p_r \cdot K_{q1}) \cdot P_k; \quad (4)$$

- одноканальній МС з одноверсійним ПЗ:

$$P_1 = p_a \cdot p_r \cdot K_q \cdot P_k; \quad (5)$$

- триканальній неадаптованій мажоритарно-резервованій МС з однієї версією ПЗ:

$$P_3 = K_q \cdot p_r \cdot (3 \cdot p_a^2 - 2 \cdot p_a^3) \cdot P_m \cdot P_k; \quad (6)$$

- триканальній неадаптованій мажоритарно-резервованій МС з трьома версіями ПЗ:

$$P_{111} = (-2 \cdot p_a^3 \cdot p_r^3 \cdot K_{q1} \cdot K_2 \cdot K_q + p_a^2 \cdot p_r^2 \cdot K_{q1} \cdot K_{q2} + p_a^2 \cdot p_r^2 \cdot K_{q1} \cdot K_q + p_a^2 \cdot p_r^2 \cdot K_{q2} \cdot K_q) \cdot P_m \cdot P_k; \quad (7)$$

де  $p_a$  – ІБР одного каналу АЗ;

$p_r$  – ІБР ПЗ, що вимагається;

$K_q, K_{q1}, K_{q2}$  – коефіцієнти кваліфікації команд розробників;

$P_m$  – ІБР мажоритарного елемента;

$P_k$  – ІБР засобів контролю та діагностування.

На рис. 1 та рис. 2 наведено графічні залежності ІБР розглянутих структур МС при різних значеннях критеріїв кваліфікації команд розробників. В триверсійних і двоверсійних ПЗ команд розробників відповідно, три і дві. Звичайно, це граничний випадок, можливо, буде й менша кількість команд.

Як показують проведені дослідження, при середній кваліфікації (до 0,95) команди розробників ПЗ (рис. 1), двоканальна двоверсійна МС (лінія 4) та триканальна МС (лінія 3) дозволяють отримати найбільш високі та стабільні результати по забезпеченню надійності. При збільшенні кваліфікації хоча б однієї команди розробників – триканальна одноверсійна МС найбільш пріоритетна.

При збільшенні кваліфікації розробників усіх команд розробників ПЗ (рис. 2) одноверсійні МС (лінії 1, 2) показують високу надійність. При низькій кваліфікації (до 0,996) – одноверсійні ПЗ різко знижують надійність МС. Надійність багатOVERсійної мажоритарно-резервованій системи сильно залежить від надійності мажоритарного елемента, надійності перемикачів в адаптованих системах та засобів контролю та діагностування.

Хоча ці системи стійкі до зниження кваліфікації команди.

Таблиця 1

Приклад заповнення таблиці для розрахунку в Microsoft Excel кваліфікації команди розробників ПЗ

№ з/п	Склад команди	q	q <sub>s</sub>	Prof <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	Prof <sub>i</sub> · W <sub>i</sub>	Pers <sub>i</sub>	Вагові коефіцієнти		
								K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
1	Технічний директор	1	1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
2	Архітектор	1	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,9900	0,6000	0,0500	0,3500
3	Лідер	1	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,9900			
4	Провідний розробник	1	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,9900	Розрахунок K <sub>q</sub>		
5	Розробник	1	1	0,9000	1,0000	0,9000	0,9900	K <sub>q</sub>	0,9258	
6	Розробник	1	1	0,9000	1,0000	0,9000	0,9900			
7	Тестувальник	1	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,9900			
8	Стажер	1	0	0,8000	1,0000	0,8000	0,9900			
	Всього	8	7	7,6000			7,9300			

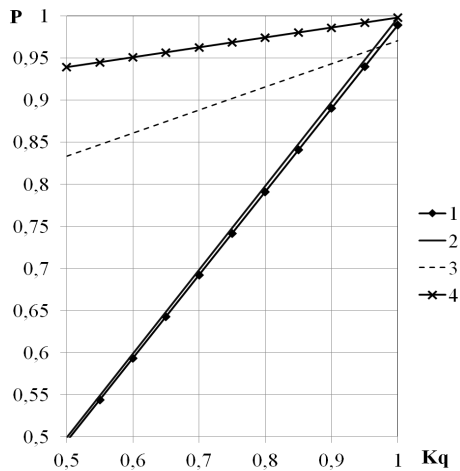


Рис. 1. Графічні залежності від  $K_q$  при  $K_{q1}=0,8$ ,  $K_{q2}=0,89$ ,  $p_a=0,99$ ,  $P_m=0,999$ ,  $P_k=0,999$ ,  $p_r=0,9999$ :  
 1 – ІБР одноканальної одноверсійної МС;  
 2 – ІБР триканальної одноверсійної МС;  
 3 – ІБР триканальної триверсійної МС;  
 4 – ІБР двоканальної двоверсійної МС

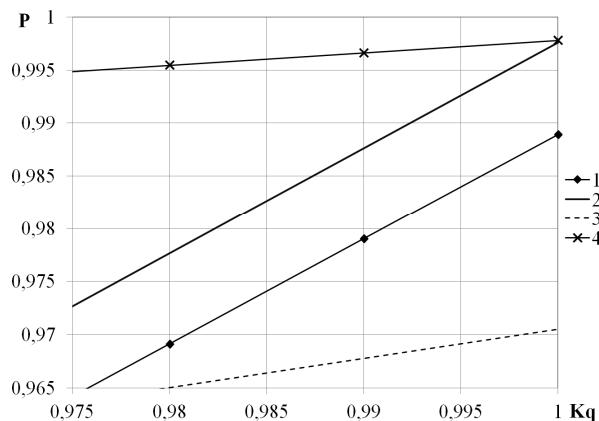


Рис. 2. Графічні залежності від  $K_q$  при  $K_{q1}=0,99$ ,  $K_{q2}=0,99$ ,  $p_a=0,99$ ,  $P_m=0,999$ ,  $P_k=0,999$ ,  $p_r=0,9999$ :  
 1 – ІБР одноканальної одноверсійної МС;  
 2 – ІБР триканальної одноверсійної МС;  
 3 – ІБР триканальної триверсійної МС;  
 4 – ІБР двоканальної двоверсійної МС

## Висновки

В статті запропоновано приклад оцінювання кваліфікації розробників ПЗ МС. Були розглянуті деякі критерії та показники для оцінювання кваліфікації команди програмістів та впливу їх на надійність ПЗ. Дослідження показали, що кваліфікація програмістів має суттєвий вплив на надійність ПЗ, тому необхідно вводити багатоверсійність ПЗ, з метою ізоляції впливу один на одного розробників версій найбільш критичних модулів програм МС РЗА.

Для отримання більш повної оцінки необхідно доопрацювати порядок вибору та обґрунтування критеріїв та значень коефіцієнтів з урахуванням

складності ПЗ, що розробляється, та отримати методу урахування кваліфікації команди розробників на надійність ПЗ.

## Література

1. Липаев, В. В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов [Текст] / В. В. Липаев. – М. : СИНТЕГ, 2011. – 408 с.
2. Колісник, М. О. Надійність програмних засобів мікропроцесорних пристроїв управління систем телекомунікації [Текст] : навчальний посібник / М. О. Колісник, І. В. Піскачова. – Х. : УкрДАЗТ, 2012. – 167 с.
3. Sanjay, K. D. Comparison of Software Quality Models: An Analytical Approach [Text] / Kumar Dubey Sanjay, Soumi Ghosh, Ajay Rana // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2012. - № 2(2). – P. 111-119.
4. Ищенко, М. Обзор рынка труда 2015: компании растут, зарплаты стоят, программисты едут [Электронный ресурс] / М. Ищенко. – Режим доступа: <http://dou.ua/lenta/columns/jobs-and-trends-2015.htm>. – 10.03.2016.
5. Пашикина, Т. Обзор кадрового рынка Украины в 2015 году и прогноз на 2016 год [Электронный ресурс] / Т. Пашикина. – Режим доступа: <http://hrsovet.rabota.ua/obzor-kadrovogo-ryinka.htm>. – 10.03.2016.
6. Василенко, Н. В. Оценка надежности программного обеспечения [Текст] / Н. В. Василенко, В. А. Макаров // Вестник Новгородского государственного университета. – 2005. – № 30. – С. 88-92.

## References

1. Lipaev, V. V. *Proektirovanie i proizvodstvo slozhnyh zakaznyh programmyh produktov* [Design and production of complex custom software]. Moscow, SINTEG Publ., 2011. 408 p.
2. Kolisnik, M. O., Piskachova, I. V. *Nadijnist' programnyh zasobiv mikroprocesornih pristrojiv upravlinnja sistem telekomunikacij*. Navchal'nij posibnik [Reliability software of microprocessor control devices of telecommunication systems]. Kharkiv, UkrDAZT Publ., 2012. 167 p.
3. Sanjay, K. D., Ghosh, S., Rana, A. Comparison of Software Quality Models: An Analytical Approach. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2012, no. 2(2), pp. 111-119.
4. Ishhenko, M. *Obzor rynku truda 2015: kompanii rastut, zarplaty stojat, programisty edut* [Labour Market Review 2015: the companies grow, wages stand, programmers go]. Available at: <http://dou.ua/lenta/columns/jobs-and-trends-2015.htm> (accessed 10.03.2016).
5. Pashkina, T. *Obzor kadrovogo rynku Ukrainy v 2015 godu i prognoz na 2016 god* [Review market of staff in Ukraine in 2015 and forecast for 2016].

Available at: <http://hrsovet.rabota.ua/obzor-kadrovogo-gyinka.htm> (accessed 10.03.2016).

6. Vasilenko, N. V., Makarov, V. A. Ocenka nadezhnosti programmnogo obespechenija [Evaluation

of software reliability]. Novgorod, *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, no. 30, pp. 88-92.

*Поступила в редакцію 10.03.2016, рассмотрена на редколлегии 14.04.2016*

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ УЧАСТНИКОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ НА НАДЕЖНОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

*М. А. Колесник, И. В. Пискачева, С. А. Бантюкова*

Предложен пример многокритериального оценивания влияния квалификации разработчиков программных средств на надежность микропроцессорных систем релейной защиты и автоматики. На основании анализа особенностей разработки программных средств, предложены обобщенные критерии и показатели для оценки квалификации команды программистов и влияния их на надежность программных средств и микропроцессорной системы в целом. Проведена оценка вероятности безотказной работы программных средств в зависимости от квалификации программистов. При оценке квалификации учитывались профессиональные, личные качества участников разработки программного обеспечения, наличие сертификатов. На основании результатов проведенного анализа определена необходимость в дальнейшем расширить количество показателей и критериев для оценки квалификации команды разработчиков программного обеспечения и усовершенствовать порядок расчета весовых коэффициентов наличия сертификатов, профессиональных и личных качеств участников команды.

**Ключевые слова:** микропроцессорная система, программные средства, аппаратные средства, надежность, вероятность безотказной работы, квалификация.

## IMPACT ASSESSMENT OF QUALIFICATION OF SOFTWARE DEVELOPERS ON THE RELIABILITY OF MICROPROCESSOR SYSTEMS OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION

*М. О. Колісник, І. В. Піскачова, С. О. Бантюкова*

Was shown an example of evaluation many criteria of the impact of training of software developers on reliability of the microprocessor systems of relay protection and automation. Based on the analysis of features of development software tools, was proposed generic criteria and indicators to evaluate the performance of teams of programmers, and their influence on the reliability of software and microprocessor system in general. Was conducted the estimation of probability of failure-free operation of software depending on the skills of programmers. In assessing the qualifications was taken into account professional, personal quality of software developers, availability of certificates. Based on the results of the analysis identified the need to further expand the number of indicators and criteria for assessing training team of software developers and improvement of the calculation of weighting coefficients stock certificates, professional skills and personal qualities of team members.

**Key words:** microprocessor system, software, hardware, reliability, probability of failure, qualification.

**Колісник Марина Олександрівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Обчислювальна техніка та системи управління» Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: [kolesnik.marina.al@ukr.net](mailto:kolesnik.marina.al@ukr.net).

**Піскачова Ірина Вікторівна** – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри «Обчислювальна техніка та системи управління» Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: [ipiskacheva@gmail.com](mailto:ipiskacheva@gmail.com).

**Бантюкова Світлана Олександрівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри «Спеціалізовані комп'ютерні системи» Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна, e-mail: [svetbant@gmail.com](mailto:svetbant@gmail.com).

**Kolisnyk Maryna Olexandrivna** – Candidate of Technical Sciences, Doctor of Philosophy (Ph.D.), assistant professor of Dept. of «Computer Science and Control Systems», Ukrainian State University of the Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [kolesnik.marina.al@ukr.net](mailto:kolesnik.marina.al@ukr.net).

**Piskachova Iryna Viktorivna** – Candidate of Technical Sciences, Doctor of Philosophy (Ph.D.), senior researcher, assistant professor of Dept. of «Computer Science and Control Systems», Ukrainian State University of the Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [ipiskacheva@gmail.com](mailto:ipiskacheva@gmail.com).

**Bantyukova Svitlana Olexandrivna** – Candidate of Technical Sciences, assistant professor of Dept. of «Specialized Computer Systems», Ukrainian State University of the Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [svetbant@gmail.com](mailto:svetbant@gmail.com).