

ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ КРИТИЧНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ПРИ ЇХ СЕРТИФІКАЦІЇ

І.Е. Райчев, О.Г. Харченко

Національний Авіаційний Університет, 03058, просп. косм. Комарова, 1, Київ, т.484-96-49, raychev@zeos.net

В статті розглянуті питання побудови процедури сертифікації ПЗ автоматизованих систем контролю, як одного з класів критичних програмних систем, для яких сертифікація відповідності є обов'язковою. Розроблені методи формалізації процедури формування критеріїв якості та побудована узагальнена модель якості ПЗ. Створення таких методів і засобів дає можливість підвищити ефективність і якість випробувань, а тому зменшує трудомісткість цієї операції та збільшує достовірність результатів сертифікації відповідності.

In the article the problems of construction of a procedure of certification of a software of automated monitoring systems are considered, as one from classes of the critical program systems, for which the certification of the correspondence is a mandatory procedure. The methods of formalization of a procedure of shaping of criteria of quality are developed and the generalized model of quality of a software is constructed. The creation of such methods and means enables to increase efficiency and quality of tests, that is why reduces labour input of this operation and increases reliability of outcomes of certification of the correspondence.

Вступ

Одною з важливих та актуальних задач програмної інженерії є забезпечення необхідного рівня якості програмних систем (ПС). Вирішення цієї задачі є особливо важливим для критичних ПС, застосування яких пов'язане з безпекою життєдіяльності [17]. Тому, перед допуском критичних ПС до експлуатації, передбачена обов'язкова процедура їх сертифікації, що полягає в перевірці відповідності фактичних показників якості ПС їх нормативним значенням. Ця процедура проводиться незалежною організацією при участі замовника і розробника, а результати її проведення являються підставою до видачі сертифікату відповідним державним органом [1]. Сертифікат якості гарантує заявлений рівень якості ПС і робить її конкурентноздатною на ринку.

Однак, при проведенні сертифікаційних випробувань виникає ряд проблем, котрі роблять їх занадто трудомісткими і вартістими. Це врешті-решт призводить до того, що сертифікація або взагалі не проводиться, або проводиться не в повному обсязі та без належного обґрунтування отриманих результатів. Таке положення викликано тим, що в даний час відсутні науково обґрунтовані методики розв'язування всього комплексу задач, пов'язаних з сертифікацією ПС. Наукові дослідження з якості ПС в основному присвячені питанням побудови систем забезпечення якості при проектуванні та розробці ПС. Прямо застосовувати отримані методи при сертифікації ПС не можна, тому що тут переслідуються різні цілі. Ці методи в основному призначені для вибору найкращих проектних рішень, стилей програмування, та для пошуку дефектів в ПС [11], а при сертифікації необхідно оцінювати досягнутий рівень якості.

Дана стаття присвячена узагальненню результатів досліджень, виконаних авторами раніше, та викладенню деяких нових результатів вирішення проблем, які виникають при сертифікації одного класу критичних ПС – програмного забезпечення автоматизованих систем контролю (ПЗ АСК). Наслідки низької якості даних систем можуть бути досить серйозні і не раз призводили до аварій і катастроф (наприклад, аварії під час виконання польотів повітряних суден, аварії під час запуску космічних кораблів, аварії на АЕС і т.д.).

1. Аналіз проблем сертифікації ПЗ АСК

Технологічну схему процесу сертифікації ПЗ можна подати в такому вигляді :

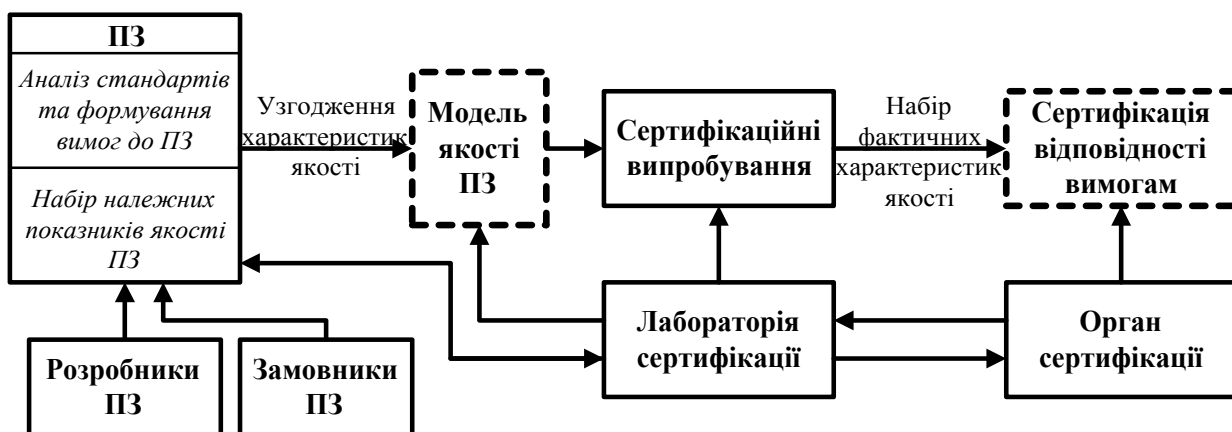


Рис. 1. Технологічна схема процедури сертифікації ПЗ

Як відмічалось вище, сертифікація - це перевірка відповідності ПЗ рекомендаціям і вимогам стандартів, як загальних, так і галузевих [1; 2; 3; 4; 5; 7; 8; 9]. Оскільки таких вимог існує доволі багато, в даній роботі спочатку пропонується виділити зі стандартів профільні вимоги для даного класу ПЗ. Надалі потрібно систематизувати їх, визначивши набір належних показників, що складуть основу моделі якості ПЗ.

Після того, як побудована узгоджена модель якості ПЗ, проводяться сертифікаційні випробування, мета яких полягає у визначенні фактичних показників якості для характеристик, включених у модель. Для цього розробляється програма випробувань [4], створюються тестові набори даних (ТНД), проводиться тестування та обчислення показників якості [2; 3; 9; 10]. Даний етап є найбільше трудомістким і відповідальним, оскільки тут виникає ряд проблем, серед яких слідчі :

- генерація тестових наборів даних;
- розробка алгоритмів та ПЗ обчислення показників якості з заданою достовірністю;
- проведення випробувань.

Для зменшення трудомісткості робіт та скорочення термінів проведення випробувань, ряд операцій (таких, як генерація ТНД), необхідно автоматизувати [16]. Після того, як отримані фактичні значення показників якості, проводиться їх порівняння з нормативними і приймається рішення про видачу сертифікату.

Розглянемо більш детально проблеми, які виникають при сертифікації ПЗ АСК, та методи їх вирішення.

2. Принципи побудови моделі якості ПЗ автоматизованих систем контролю

Як видно з рис. 1. для побудови моделі якості необхідно проаналізувати, узгодити та формалізувати вимоги до ПЗ з боку розробника, замовника та рекомендації стандартів з якості.

Розглянемо послідовно процедуру побудови моделі якості ПЗ АСК, котра б враховувала з одного боку вимоги замовника ПЗ та галузевих стандартів, а з іншого боку в максимальній мірі задовольняла рекомендаціям міжнародних та національних стандартів з якості ПЗ. Для цього спочатку побудуємо загальну модель якості ПЗ у відповідності до стандартів.

Група стандартів, що мають відношення до якості ПЗ, складається з декількох серій. Оцінювати якість ПЗ можна у відповідності із стандартами серії ISO/IEC14598 (частини 1-6) [8], що пропонують способи оцінки характеристик продукту, запозичаючи, однак, модель якості, визначення загальних вимог до ПЗ а також критерії його оцінки з ISO/IEC 9126 [7]. Стандарти ж серій ISO 9000 [6] і CMM [14; 15] пропонують правила створення якісного продукту шляхом введення власної системи управління якістю. Оскільки вони регламентують правила створення якісних програмних систем, а не процедуру їхньої оцінки, домінуючим є підхід до сертифікації відповідно до призначення ПЗ [13].

Таким чином, основною серією стандартів, що висуває загальні вимоги до ПЗ, є ISO/IEC 9126 [7; 9; 10]. Існує ряд вітчизняних державних стандартів, які гармонізовані з [7], з яких базовим є ДСТУ 2850-94 [3]. Модель якості ПЗ, що розроблена в серії ISO/IEC 9126, є незалежною і загально визнаною на сьогоднішній день, а тому в даній роботі пропонується узяти її за основу при побудові моделі якості. Вимоги і рекомендації даної серії стандартів будемо вважати загальними вимогами до якості ПЗ, а стандарти ISO/IEC 9126 і ДСТУ 2850-94 – загальними стандартами з якості ПЗ. В дійсній роботі пропонується відображати вимоги галузевих стандартів і нормативних документів саме на уніфіковані показники якості визначених загальних стандартів.

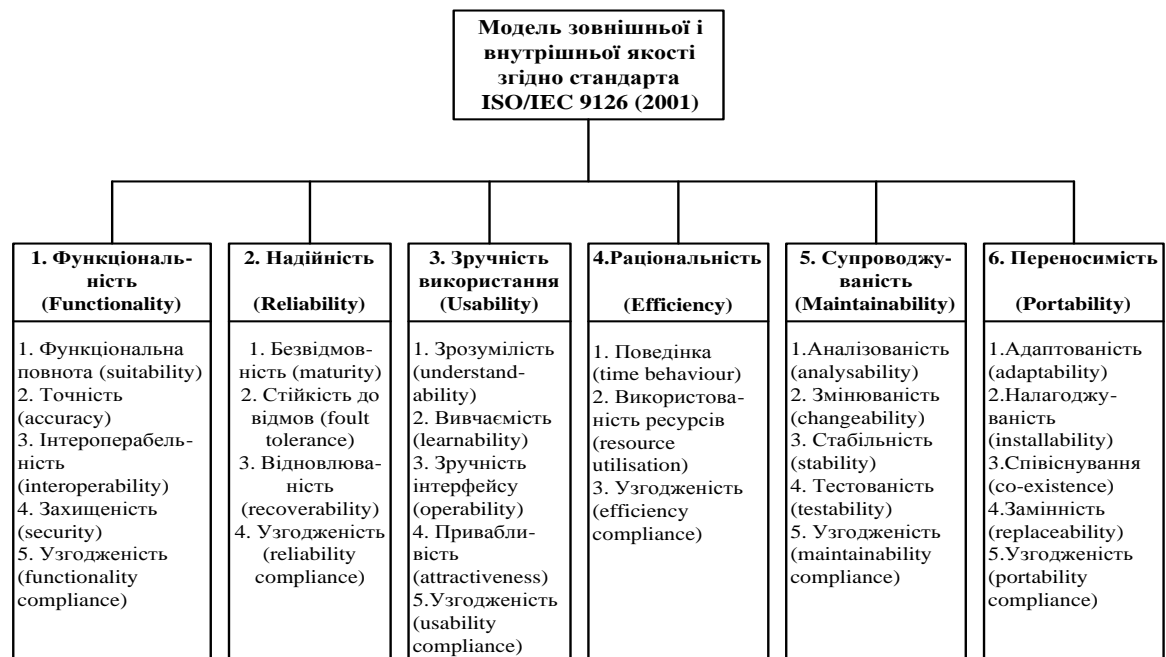


Рис. 2. Загальна модель якості ПЗ, що запропонована в стандарті ISO/IEC 9126 (2001)

Сукупність характеристик якості ПС, що визначена стандартом ISO/IEC 9126-1, складає повну модель і визначає біля 30 характеристик і підхарактеристик (див. рис.2). Використання повної моделі для оцінки якості робить цю процедуру громіздкою та вартісною. Тому варто провести попередній аналіз характеристик і підхарактеристик якості, з врахуванням особливостей застосування ПЗ АСК.

У даній роботі пропонується з стандарту якості [8] виділити базові показники якості, зокрема для того, щоб звузити множину показників, що перевіряються. Назвемо базовими показниками якості ті, що безпосередньо відбивають якість функціонування програмної системи в зв'язку з її призначенням (найважливіші - це функціональність, надійність, але не інтероперабельність, мобільність та ін., адже останні показники, в разі потреби, можна теж включити у функціональність ПЗ). Базові показники якості характеризують ступінь виконання переліку функцій відповідно галузевим вимогам до ПЗ критичних систем цільового призначення [12], до яких відноситься клас АСК. Висока питома вага цих показників забезпечить готовність ПЗ до виконання очікуваних від нього дій в процесі експлуатації.

ПЗ автоматизованих систем контролю вирішує наступні задачі :

- відтворення параметричної інформації;
- контроль виходів параметрів за обмеження;
- контроль якості функціонування об'єкта.

В залежності від призначення ПЗ АСК ці задачі можуть вирішуватися як у режимі реального часу, так і після функціонування. Тому ПЗ систем розглянутого класу складається з комплексу програм відтворення, комплексу програм допускового контролю та комплексу контролю якості функціонування об'єкта.

З вищесказаного випливає, що для того, щоб оцінити рівень якості ПЗ АСК, необхідно передусім побудувати узгоджену модель якості. Модель якості ПЗ АСК насамперед буде складатися з показників якості, які пропонується класифікувати згідно з наявними базовими програмними комплексами цих систем, що показано на рис. 3.



Рис. 3. Класифікація показників якості ПЗ АСК

Введені в розгляд множини показників якості являються універсальними для ПЗ даного класу інформаційних систем, бо характеризують якість основних комплексів і програм, з яких складається ПЗ цих систем, і тому пропонується співвіднести ці галузеві показники з уніфікованими характеристиками якості загальних стандартів.

В процесі оцінки якості ПЗ АСК, отримуємо групу характеристик якості, що, як правило, неоднорідні по своїй природі. З цієї множини завжди можна виділити підмножину, яка містить показники якості, що безпосередньо впливають на оцінку функціонування об'єкта контролю. Такі показники будемо вважати критичними, а інші – другорядними. Критичні показники мають вирішальну вагу для оцінки безпеки життєдіяльності об'єкта контролю. Другорядні показники не впливають на оцінку стану об'єкта контролю, доки їх, у випадку потреби, не вводять до базових функціональних характеристик. Критичні показники, що названі авторами так за аналогією з назвою відповідних систем, пов'язані з оцінкою функціонування об'єкта контролю і тому мають вирішальний вплив на якість критичних систем.

Проведемо цю процедуру для ПЗ АСК :

- 1) Функціональність. Підхарактеристики функціональна повнота (1.1) і точність (1.2) є критичними, а інтероперабельність (1.3) – не критична, оскільки вона не впливає на оцінку функціонування об'єкта контролю. Захищеність можна опустити через те, що критичні системи працюють у сеансі з операторами, а не з користувачами. Зауважимо, що узгодженість функціональності з галузевими вимогами та вимогами користувача проводиться в обов'язковому порядку шляхом відображення показників.
- 2) Надійність. Безвідмовність (2.1) – критична підхарактеристика, а стійкість до відмов (2.2) і відновлюваність (2.3) можуть бути як критичними, так і ні. Це залежить від того, де використовується

АСК: в режимі реального часу, чи після функціонування об'єкта. В останньому випадку ці дві підхарактеристики навіть не обов'язково вводити до моделі якості.

- 3) Зручність використання. Вивчаємість (3.2) і зручність інтерфейсу (3.3) по великому рахунку є другорядними підхарактеристиками (хоча інколи їх можна переводити до критичних, особливо (3.3)). Узгодженість зручності використання (3.5) являється критичною підхарактеристикою, бо потребує погодженості з цільовими вимогами користувача до ПЗ.
- 4) Не вводимо до моделі якості характеристику раціональність (efficiency), як таку, що не впливає на здатність системи до контролю.
- 5) Супроводжуваність. Змінюваність (5.2) – критична підхарактеристика, бо змінюваність коду не повинна впливати на якість функціонування ПЗ у цілому.
- 6) Переносимість. Адаптованість (6.1) і налагоджуваність (6.2) хоча і є другорядними підхарактеристиками, їх можна включити до моделі.

Таким чином, на основі проведеного аналізу, до базової моделі якості ПЗ АСК можна включити п'ять характеристик з відповідними підхарактеристиками

$$R_B = \left\{ S_i \left\{ P_{ij} \right\}_{j=1}^{j_i} \right\}_{i=1}^5 \quad (1)$$

де S_i - i - та характеристика, P_{ij} - j - та підхарактеристика i – характеристики.

Для того щоб модель (1) була завершеною, необхідно визначити метрики вимірювання підхарактеристик M_{ij} ,

та критерії якості K_{ij} , котрі визначають ступінь досягнення бажаної якості підхарактеристики. Ці питання

будуть розглянуті в наступних розділах, а зараз запишемо розширену базову модель

$$R_B = \left\{ S_i \left\{ P_{ij} (M_{ij} (K_{ij})) \right\}_{j=1}^{j_i} \right\}_{i=1}^5 \quad (2)$$

З боку користувача, базові показники якості виділяються з галузевих стандартів і нормативних документів. З боку органів, що перевіряють (орган сертифікації), і сторони, що проводить сертифікаційні випробування (лабораторія сертифікації), ці показники повинні бути уніфікованими і вибиратися з загальних стандартів якості. Нарешті, розробник ПЗ може користатися власною системою оцінки якості, що може бути заснована на контролі ряду вищезгаданих показників, а також деяких внутрішніх характеристик якості ПЗ [11]. З вищезказаного випливає, що на черзі тепер стоїть задача відображення показників якості галузевих стандартів на множині показників якості загальних стандартів.

Таким чином, семантичне відображення множини показників якості галузевих стандартів і нормативних документів на множині показників загальних стандартів з якості необхідно проводити по трьох основних причинах :

- 1) Для сертифікаційних випробувань необхідно використовувати уніфіковані показники якості, зафіксовані в загальних стандартах на ПЗ.
- 2) Фахівцям з лабораторії сертифікації, що проводять випробування, не зовсім зрозумілі вимоги галузевих стандартів і нормативних документів до ПЗ, що сформульовані в термінах предметної області.
- 3) Система розрахунку метрик атрибутів характеристик якості (чи метрик елементів атрибутів) у більшому ступені пророблена саме в галузевих стандартах і нормативних документах.

Переломлюючи проблему відображення показників під кутом проведення сертифікаційних випробувань, зауважимо, що стороні, яка виконує випробування (лабораторії сертифікації) зручно користатися характеристиками якості загальних стандартів, тоді як користувачам – галузевих, а розробникам – показниками внутрішньої системи керування якістю ПЗ (якщо вона впроваджена).

Як правило, вимоги до ПЗ, сформульовані замовником (користувачем), не завжди відповідають технологічним критеріям, котрі використовує розробник. Відповідно, показники якості, що є важливими для користувача, не погоджені з показниками якості, що використовують розробники. Таким чином, виникає проблема узгодження показників, по яких оцінюють ПЗ розробники і користувачі. У даній роботі пропонується вирішувати цю проблему шляхом відображення тих і інших вимог на множині показників із загальних стандартів якості ПЗ.

Відобразимо тепер на модель (2) вимоги замовника ПЗ та галузевих стандартів і НТД. Ці вимоги містять деякі характеристики, підхарактеристики та критерії якості моделі (2), або близькі до них по змісту і складуть нормативну модель

$$R_H = \left\{ \bar{S}_i \left\{ \bar{P}_{ij} (\bar{M}_{ij} (\bar{K}_{ij} (K_{ij}^a, K_{ij}^{\bar{a}}))) \right\}_{j=1}^{\bar{j}_i} \right\}_{i=1}^k \quad (3)$$

тут K_{ij}^a , $K_{ij}^{\bar{a}}$ - допустимі та граничні значення відповідно, рисочки над позначеннями означають те, що в нормативні моделі визначення цих елементів можуть відрізнятися від стандартних.

Відображення показників якості галузевих нормативних документів і внутрішньої системи оцінки якості ПЗ на показники загальних стандартів є не чим іншим, як співвіднесенням вимог користувача і вимог розробника на множині показників якості загальних стандартів. Іншими словами, необхідно знайти узгодження множин показників якості користувачів і розробників на множині уніфікованих показників загальних

стандартів якості ПЗ, а для тих показників, що не потрапили в результуючу множину, можна використати деякі відомі методи узгодження, наприклад метод SQFD.

З іншого боку, якщо які-небудь показники галузевих стандартів і нормативних документів не мають відповідності в загальних стандартах, то з метою повноти відображення варто здійснити пошук в інших стандартах з якості. Це потрібно виконати хоча б тому, що необхідно максимально зблизити позицію замовника з вимогами сторони, що проводить сертифікаційні випробування. Структурна діаграма відображення приведена на рис.4.



Рис. 4. Діаграма відображення характеристик якості галузевих стандартів на множину характеристик загальних стандартів з якості ПЗ

Виходячи з вищенаведеного відобразимо модель (3) на базову модель (2). Для цього для кожного елемента моделі (3) шукаємо аналог в моделі (2), якщо не за назвою, то за змістом. Ті елементи моделі (2), для яких існує відповідний елемент в (3), є обов'язковими і залишаються в кінцевому варіанті моделі, а всі інші є факультативними і можуть бути залишені в моделі за погодженням з замовником сертифікації. Кінцевий варіант моделі, котрий може бути прийнятий для сертифікації буде сформульований в термінах стандарту ISO 9126 і мати вигляд

$$R_S = \left\{ S_i \left\{ P_{ij} \left(M_{ij} \left(K_{ij} \left(K_{ij}^a, K_{ij}^b \right) \right) \right) \right\}_{j=1}^{U_i^S} \right\}_{i=1}^m \quad (4)$$

Процедура проєкції елементів моделі (3) на модель (2) не є тривіальною і вимагає врахування специфіки примінення ПЗ АСК.

Приступимо до узгодження показників і створимо модель якості ПЗ АСК. Відображаючи нормовану характеристику 1 ДСТУ 3275-95 – перелік обов'язкових задач, одержимо співвідношення, викладені нижче.

Нормована підхарактеристика – відтворення параметричної інформації, відображається в підхарактеристику 1.1 ISO/IEC 9126 (2001) – функціональність, повнота функцій (functionality, suitability). В неї включасмо атрибут – відтворення, який позначимо {1.1}. Цей атрибут складається з десяти елементів (усі – критичні), що вимірюються за допомогою реєстраційного методу. Елементи атрибута будемо вимірювати шляхом оцінки зовнішніх номінальних метрик, використовуючи функціональне тестування.

Підхарактеристику – виявлення небезпечних відхилень, також відобразимо в підхарактеристику 1.1 – функціональність, повнота функцій, але в атрибут – виявлення небезпечних відхилень, який позначимо {1.2}. Даний атрибут складеться з 5 елементів. Значення перших 3-х вимірюються за допомогою реєстраційного (зовнішні метрики), а значення інших 2-х – за допомогою вимірювального методу (використовуємо внутрішні метрики). Для остаточного рішення (задовольняє отримане значення вимогам, чи ні) по кожному атрибуту,

застосовуємо номінальну метрику (через те, що ці атрибути є критичними). Вимоги до вищезгаданих атрибутів сформульовані в п.2 ДСТУ 3275-95.

Підхарактеристику стандарту – інформаційний обмін з іншими інформаційно управляючими системами відобразимо в підхарактеристику 1.3 – функціональність, інтегруєбельність, атрибут інформаційний обмін, який нумеруємо {1.4}. Даний атрибут складається з одного елемента (п.7.6 ДСТУ 3275-95), що оцінюється експертом за допомогою реєстраційного методу, і приймає значення 0 чи 1.

Підхарактеристику стандарту – тестування технічних засобів відображаємо в підхарактеристику 1.1 – функціональність, повнота функцій, в атрибут тестування технічних засобів (нумерується {1.5}). Атрибут складається з 3-х елементів (оцінка наявності даних для тестування, опису структури даних і використання методики тестування – п.7.7 [6]). Елементи атрибута вимірюються експертом згідно реєстраційного методу і приймають значення 0 чи 1 (номінальна метрика). Елементи атрибутів останніх двох підхарактеристик не є критичними.

Відображаючи нормовану характеристику – інформаційне забезпечення, можна помітити, що всі її підхарактеристики відображаються на підхарактеристику 1.1 – функціональність, повнота функції. Внаслідок такої однорідності, немає необхідності здійснювати відображення на множину підхарактеристик, а тому визначимо тільки один атрибут – інформаційне забезпечення (номер атрибуту – {2}). Перші шість елементів носять внутрішній характер і перевіряються шляхом оцінки наявності відповідних описів (використаємо номінальні внутрішні метрики). Останні три оцінюються за допомогою функціонального тестування відповідно до методики сертифікованих випробувань, яка викладена в п.Б.1.1 (реєстраційний метод, номінальні зовнішні метрики). Усі 9 елементів є критичними.

Нормована характеристика – точність відтворення зареєстрованих параметрів також складається з ряду підхарактеристик, які відображаються в одну підхарактеристику 1.2 – функціональність, точність (functionality, accuracy). Введемо атрибут {3} – точність відтворення, що має 4 критичних елементи: {3.1},{3.2},{3.3},{3.4}. Оцінку елементів атрибута проведемо використовуючи розрахунковий метод (прогноз точності відтворення), а також реєстраційний метод (функціональне тестування згідно [12]). Метрики є номінальними зовнішніми. Елементи дорівнюють 0 чи 1.

Нормована характеристика – вірогідність результатів контролю, виконуваного з метою виявлення небезпечних відхилень, відображається в підхарактеристику 1.2 – функціональність, точність. Введемо атрибут {4}, що буде складатися з трьох критичних елементів: {4.1} – оцінка помилок I роду, {4.2} – оцінка помилок II роду і {4.3} – оцінка розбіжності результатів повторних обробок зареєстрованої інформації. Значення всіх трьох вимірюються за допомогою розрахункового методу (метрична абсолютна шкала), але для остаточного рішення (чи задовольняє отримане значення вимогам) по кожному такому атрибуту застосовується номінальна метрика з ваговим коефіцієнтом (через те, що ці атрибути мають вирішальну вагу для безпеки функціонування об'єкта контролю).

Наприклад, одним з нормованих критеріїв якості комплексу програм допускового контролю є достовірність результатів контролю, котру можна спроектувати на під характеристику точність, або на безвідмовність моделі (2). Для конкретизації цього факту, проиймемо до уваги те що для критичної системи неправильне рішення про стан об'єкту, викликане низькою достовірністю, еквівалентне відмові, і тому віднесемо цей показник до безвідмовності.

Підхарактеристику надійності безвідмовність (maturity) можна вимірювати, використовуючи моделі викладені в [12]. Для цього досить ввести один однойменний атрибут. Для виміру цього атрибута можна використати метричну абсолютну шкалу (“чим менше, тим краще”), застосовуючи розрахунковий метод і статистичні дані про відмови ПЗ при випробуваннях. Але для остаточного рішення (чи задовольняє отримане значення вимогам) по цьому атрибуту треба використати номінальну метрику з застосуванням вагового коефіцієнта (через те, що атрибут має вирішальну вагу для оцінки режимів функціонування об'єкта контролю). При цьому, природно, потрібно підвищити мінімальне значення планки узагальненого показника якості.

Таким чином, підхарактеристику безвідмовність для простоти розрахунку пропонується оцінювати по одному атрибуті (хоча можна ввести й декілька: наприклад, у [10] пропонується 8 метрик). Для цього атрибута використаємо один елемент. Тут мається на увазі, що кожен атрибут відбиває оцінку однієї властивості безвідмовності (частота відмов, середній час між відмовами - МТВФ і т.д.), а елементами атрибута можуть бути різні моделі розрахунку цієї властивості. Помітимо, що для одержання оцінок в подальшому викладі нам прийдеться зробити допущення, і прирівняти “помилку” до “збою” (“відмови”). Однак очевидно, що не кожна виявлена помилка приводить до відмови системи. З іншого боку, більш жорсткі вимоги до критичних систем представляються виправданими.

Для розглянутого в якості прикладу ПЗ АСКП, підхарактеристики стійкість до відмов (fault tolerance) і відновлюваність (recoverability) можна не вводити в модель, оскільки ці системи є наземними системами автоматизованої обробки польотної інформації (НСАО П).

Після побудови розширеної нормативної моделі якості (4) перейдемо до визначення метрик та показників якості.

Для розрахунку рівня якості пропонується обрати наступні метрики: об'єктивні (оскільки вони рахункові) і номінальні (класифікаційні) [3; 10; 11; 12]. Номінальні метрики обрані тому, що при оцінці критичних показників важлива наявність даної властивості (1 – виконується очікувана функція), чи її відсутність (0 – функція не виконується). У цьому випадку важливо фіксувати повне (чи задовільне) виконання,

а часткове виконання атрибута прирівнюється до невиконання, і тому, для остаточної оцінки недоцільно застосування абсолютних чи відносних шкал. Після оцінки наявності властивості рекомендується множити критичні показники на обрані вагові коефіцієнти. У даній роботі пропонується робити упор на зовнішні метрики, оскільки їх можна одержати за допомогою тестування на стадії сертифікаційних випробувань. Внутрішніми метриками можуть вимірятися документованість, а також деякі інші важливі характеристики ПЗ, наприклад, показники точності (ассигасу), які отримуються за допомогою розрахункового метода і порівнюються із значеннями, що отримані з використанням заздалегідь побудованої моделі.

Після визначення всіх елементів моделі (4) переходять до стратифікаційних випробувань, в ході яких обчислюються фактичні значення критеріїв якості під характеристик. Для критичних підхарактеристик вони порівнюються з граничними та допустимими.

Після обчислення $\{K_{ij}\}$ і перевірки відповідності їх заданим нормативним значенням, можна визначити інтегральний показник якості ПЗ АСК. Цей показник може бути використаним для вибору найкращого ПЗ серед декількох конкуруючих. Але, оскільки серед множин $\{K_{ij}\}$ є показники з різними метриками, такими як неперервні числові, бальні, якісні (семантичні) та інші то необхідні попередньо провести узгодження та нормування метрик. Це можна зробити наприклад шляхом введення шкал для якісних критеріїв, заданням вагових множників, та проведення експертних оцінок.

Інтегральний показник якості можна представити у вигляді зваженої суми частинних показників [4]. З метою безпеки функціонування об'єкта контролю, вага критичних показників якості повинна бути оцінена на порядок більше ваги другорядних. Дійсно, спосіб розрахунку метрик елементів атрибутів визначає методику оцінки показників якості в цілому. Застосовуючи, наприклад, зважене середнє, необхідно використовувати інтегральні показники з урахуванням важливості елементів метрик критичних характеристик, вимоги до яких повинні виконуватися в обов'язковому порядку.

Диференціальний метод [3; 6] не може забезпечити одержання інтегральної оцінки якості ПЗ. Тому в даній роботі пропонується вибрати згідно з стандартами [3; 8] комплексний метод оцінки рівня якості, що заснований на використанні узагальненого показника якості з залученням рангування для оцінки ступеня задоволення вимогам. Запропонований метод пропонується вважати універсальним для систем даного класу.

Цей метод полягає в наступному. Для оцінки якості ПЗ пропонується використати узагальнений показник якості, що обчислюється у такий спосіб:

$$U = \sum_{i=1}^N Q_i \cdot M_i \quad (5)$$

Тут Q_i - відносний показник якості, що визначається зі співвідношення $Q_i = \frac{K_i}{K_{ib}}$, K_i - рівень якості i -

го елемента показника якості ($i = \overline{1, N}$), K_{ib} - базове значення i -го елемента, M_i - ваговий коефіцієнт (параметр значимості) i -го елемента показника якості. При використанні цього підходу, в даній роботі пропонується задавати параметр значимості кожного критичного показника більшим ніж сума вагових коефіцієнтів всіх другорядних показників. Базове значення K_{ib} пропонується прийняти рівним 1 для всіх показників, а рівень якості K_i пропонується остаточнo оцінювати відповідно до класифікаційної метрики, тобто рівень елемента може дорівнювати 0 (властивість відсутня), чи 1 (властивість присутня).

Для розрахунку ж чотирьохрівневого узагальненого показника якості необхідно врахувати (5), а також формулу (5) з ДСТУ 2850-94 [3]. Тоді одержимо :

$$U_q = \sum_{n=1}^N M_k \sum_{in=1}^{I_n} M_{ik} \sum_{jin=1}^{J_{in}} M_{jik} \sum_{ljin=1}^{L_{jin}} M_{ljin} \cdot Q_{ljin} \quad (6)$$

Тут K представляє кількість характеристик, I_n - кількість підхарактеристик, J_{in} - кількість атрибутів підхарактеристик i , нарешті, L_{jin} - кількість елементів атрибутів підхарактеристик.

Для розрахунку рівня якості пропонується обрати слідувачі метрики: об'єктивні (оскільки вони рахункові) і номінальні (класифікаційні) [3; 11; 12]. Номінальні метрики обрані тому, що при оцінці критичних показників важлива наявність даної властивості (1 – виконується очікувана функція), чи її відсутність (0 – функція не виконується). У цьому випадку важливо фіксувати повне (чи задовільне) виконання, а часткове виконання атрибута прирівнюється до невиконання, і тому, для остаточної оцінки недоцільно застосування абсолютних чи відносних шкал. Після оцінки наявності властивості рекомендується множити критичні показники на обрані вагові коефіцієнти. У даній роботі пропонується робити упор на зовнішні метрики, оскільки їх можна одержати за допомогою тестування на стадії сертифікаційних випробувань. Внутрішніми метриками можуть вимірятися документованість, а також деякі інші важливі характеристики ПЗ, наприклад, показники точності (ассигасу), які отримуються за допомогою розрахункового метода і порівнюються із значеннями, що отримані з використанням заздалегідь побудованої моделі.

Формування моделі якості і набору критичних показників пропонується здійснювати у відповідності з наступними етапами :

- 1) Узгодження та відображення показників галузевих стандартів і нормативних документів на множину уніфікованих показників якості загальних стандартів.
- 2) Доповнення отриманої множини обов'язковими характеристиками якості з загальних стандартів, що не ввійшли до відображення.
- 3) Вибір з отриманої множини (отриманої моделі якості) тих характеристик, що пов'язані з оцінкою функціонування об'єкта контролю.

Побудована процедура аж ніяк не рекомендує включення в модель якості всіх показників, установлених стандартом [9]. Навпроти, експертам з лабораторії сертифікації рекомендується, враховуючи емпіричні критерії, розумно обмежити кількість характеристик і підхарактеристик якості при побудові моделі, не погіршуючи, однак, застосовності моделі й точності оцінки. Не слід, також, об'являти всі підхарактеристики критичними.

Таким чином, запропоновані принципи побудови моделі якості ПЗ АСК, у яку включені характеристики і підхарактеристики. Врешті, з метою деталізації моделі, необхідно вирішити задачу визначення атрибутів підхарактеристик. Атрибути й елементи атрибутів пропонується спочатку виділяти з галузевих стандартів і нормативних документів, а для підхарактеристик, що не ввійшли у відображення - із загальних стандартів якості, оскільки галузеві документи задають базові вимоги до об'єкта контролю, що функціонує в заданій предметній області. Якщо галузеві нормативні документи відсутні, то вибір атрибутів варто залишити на розсуд експертів із лабораторії сертифікації, які повинні керуватися загальними стандартами якості ПЗ, а також вимогами ТЗ на розробку конкретної АСК.

При розрахунку рівня якості перевагу варто віддати номінальним метрикам оцінки елементів атрибутів з використанням вагових коефіцієнтів для рангування. Однак, для попередньої оцінки елемента можна користатися будь-якими метриками (у тому числі тими, що використовують абсолютні чи відносні шкали). Помітимо, що у процесі попередньої оцінки необхідно зафіксувати досягнення мінімального задовільного рівня якості по кожному атрибуті (чи елементі атрибута), і таким чином класифікувати наявність даної властивості. Оцінювати загальний рівень якості ПЗ АСК пропонується в балах.

Введене поняття критичних показників якості допомагає остаточно вирішити проблему побудови узагальненої моделі якості, оскільки ПЗ АСК для конкретної галузі повинне, принаймні, мати набір критичних властивостей, що включаються в побудовану модель якості для заданої області функціонування об'єкта контролю. Крім того, запропонований спосіб оцінки критичних показників усуває проблему неоднорідності характеристик якості, оскільки кожен атрибут якості (чи елемент атрибута) пропонується оцінювати в три етапи: 1) досягнення мінімальної задовільної планки рівня якості; 2) класифікація наявності властивості; 3) застосування вагових коефіцієнтів.

При цьому, на першому етапі можуть застосовуватися різні шкали та способи розрахунку метрик, а на другому етапі повинна бути використана тільки номінальна метрика. Впровадження третього етапу дозволяє зробити критичні показники незалежними від другорядних, тому що ваговий коефіцієнт кожного критичного показника пропонується задавати таким, щоб він перевершував суму балів усіх другорядних елементів атрибутів з моделі якості. В додаток до цього, третій етап дозволяє оцінювати ступінь перевищення мінімального задовільного значення для кожного критичного атрибута шляхом пропорційного збільшення вагового коефіцієнта в залежності від значення, що було отримане на першому етапі.

Критерії якості залежать від атрибутів програмної системи, таким як складність програми, її розмір, технологія та інші, тобто $K_{ij} = K_{ij}(a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^n)$.

Тоді, якщо записати нормативні обмеження у вигляді

$$K_{ij}(a_{ij}^1, a_{ij}^2, a_{ij}^n) \in C_{ij}, \quad (7)$$

де C_{ij} - множини допустимих значень, то можна ставити задачу вибору оптимальних значень атрибутів a_{ij} , які дають максимум критерію (6) при виконанні обмежень (7). Ця задача є задачею лінійного програмування і може бути розв'язана одним з класичних методів.

Таким чином, одержана ефективна цільова модель якості ПЗ АСК.

4. Розробка основ технології сертифікаційних випробувань ПЗ АСК

Процес сертифікації є трудомісткою й витратною процедурою, а тому, в цілях підвищення ефективності випробувань, скорочення витрат і отримання достовірних результатів, необхідно її автоматизувати. Для підтримки процедури сертифікації пропонується створити технологію сертифікаційних випробувань, тобто розробити методи і засоби випробувань.

Пропонується визначити технологію сертифікаційних випробувань ПЗ автоматизованих систем контролю як таку, що складається з наступних етапів :

1. Аналіз стандартів та формування вимог до ПЗ АСК. Виділення належних характеристик якості на основі узгодження їх з вимогами стандартів і побудова узагальненої моделі якості.

2. Вибір математичних методів і побудова моделей визначення фактичних показників (характеристик) якості ПЗ АСК з подальшою розробкою алгоритмів і методик їхнього розрахунку.
3. Розробка стратегій і методик тестування ПЗ АСК, а також алгоритмів та програмного забезпечення генерації тестових наборів даних.
4. Створення системи автоматизації сертифікаційних випробувань ПЗ АСК.
Функціональна організація технології сертифікаційних випробувань показана на рис. 5.

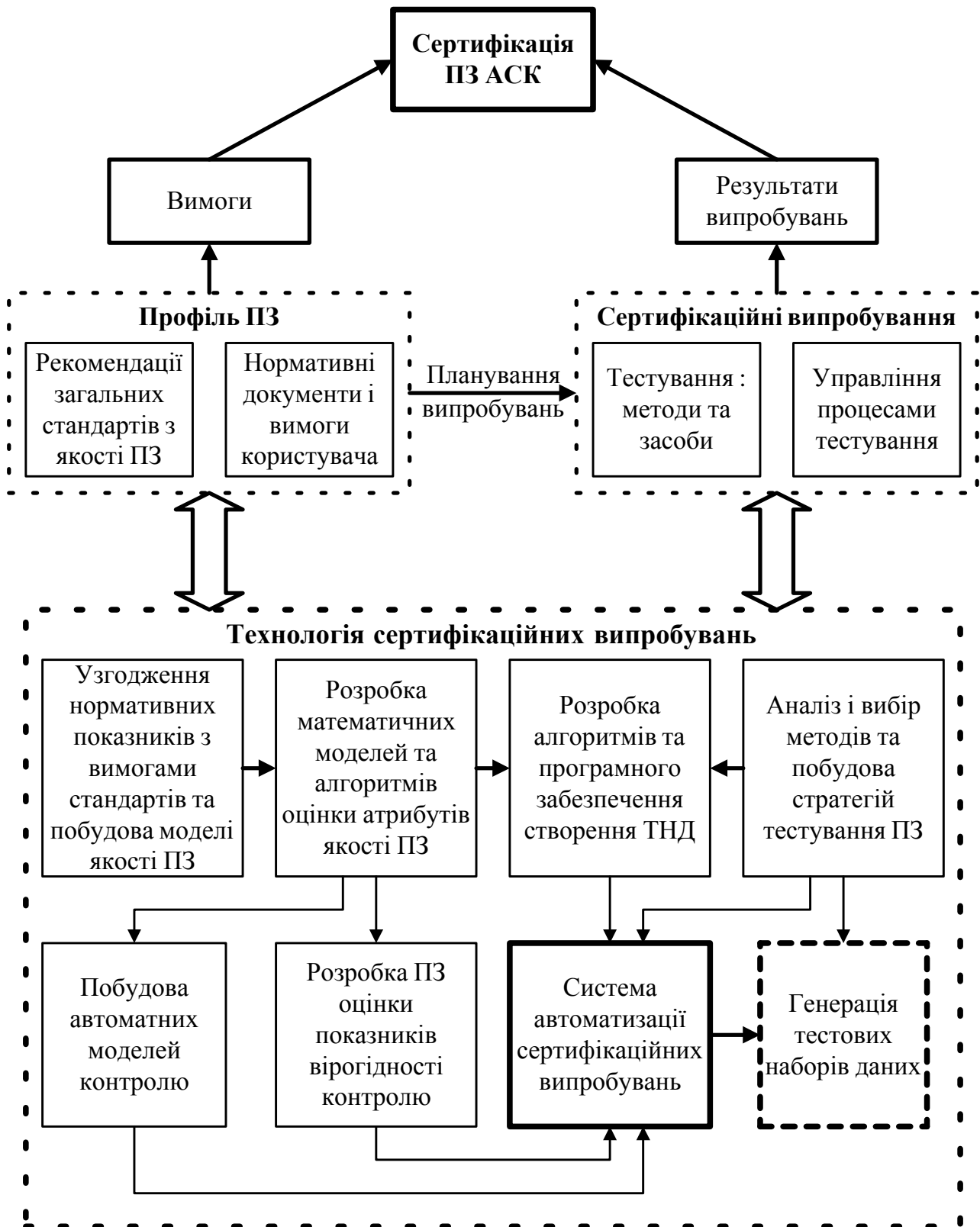


Рис. 5. Функціональна схема технології сертифікаційних випробувань ПЗ АСК

Отриману технологію можна ефективно застосовувати для випробувань широкого класу автоматизованих систем оцінки стану, чи керування об'єктами, алгоритми контролю яких мають вид логічних функцій з обмеженнями на контрольовані параметри і тривалістю в часі, тобто, для автоматизованих систем контролю за динамічними чи стаціонарними об'єктами, стан яких оцінюється за допомогою вимірювальної інформації (ПЗ систем контролю та діагностичних систем). Це впливає з однакової орієнтації програмних комплексів таких систем і ПЗ АСК (градування датчиків, візуалізація параметрів об'єкта контролю в часі, допусковий контроль стану об'єкта згідно алгоритмів контролю, оцінка якості керування і т.д.).

В п.2 на основі аналізу вимог до ПЗ АСК здійснено побудову моделі якості. Наразі необхідно розробити методи визначення фактичних характеристик якості і порівняння їх з вимогами стандартів. У відповідності з першим і другим етапом технології сертифікаційних випробувань, сформулюємо виникаючі при цьому задачі, що полягають у наступному (див. рис. 5) :

- розробити методики тестування й оцінки показників якості ПЗ АСК;
- визначити методи, що дають найкращий ефект при випробуваннях ПЗ АСК, і створити ефективні стратегії тестування модулів і комплексів програм контролю;
- дослідити проблему створення уніфікованого математичного представлення конструкцій алгоритмів контролю стану об'єктів з метою побудови методів оптимального тестування множини алгоритмів контролю ПЗ АСК;
- розробити математичні методи і створити інструменти обчислення нормованих показників вірогідності настання подій контролю;
- розробити принципи організації системи автоматизації сертифікаційних випробувань і побудувати методику проведення випробувань.

Література

1. ДСТУ 2462-94. Сертифікація. Основні поняття. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.95. –К.: Дежстандарт України, 1994. – 27с.
2. ДСТУ 2844-94. Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.96. –К.: Дежстандарт України, 1995. – 15 с.
3. ДСТУ 2850-94. Програмні засоби ЕОМ. Показники та методи оцінювання якості. – Чинний від 01.01.96. –К.: Дежстандарт України, 1994. – 20 с.
4. ДСТУ 2853-94. Програмні засоби ЕОМ. Підготовка і проведення випробувань. – Чинний від 01.01.96. –К.: Дежстандарт України, 1994. –17 с.
5. ДСТУ 3275-95. Системи автоматизованого оброблення польотної інформації наземні. Загальні вимоги. – Чинний від 01.07.96. – К.: Дежстандарт України, 1996. –7с.
6. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2000, видано ISO в 2000). – Чинний від 27.06.01. – К.: Дежстандарт України, 2001. –23 с.
7. ISO/IEC 9126. Information Technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use, 1991. – 14p.
8. ISO/IEC 14598-1. Information Technology – Software product evaluation – Part 1: General overview, 1999. – 20 p.
9. ISO/IEC 9126-1. Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model, 2001. – 26p.
10. ISO/IEC TR 9126-2. Software engineering – Product quality – Part 2: External metrics, 2003. – 86p.
11. Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М., Сулов В.Ю. Основы инженерии качества программных систем. –К.: Академперіодика, 2002. –504 с.
12. Бабенко Л.П., Лаврищева К.М. Основы програмної інженерії. Навч. посіб. –К.: Т-во “Знання”, КОО, 2001. –269 с.
13. Воас Д. Процесс сертификации программ на базе информации об их использовании // Открытые системы. – 2000. – №10.
14. Грабовский М. Современные технологии и стандарты разработки программного обеспечения // Корпоративные системы. – 2000. – №1. – С.75–80.
15. Калянов Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. –М.: Горячая линия-Телеком, 2000. – 320 с.
16. Райчев И.Э., Харченко А.Г., Яцков Н.А. Методы создания тестовых наборов данных при сертификационных испытаниях комплексов программ контроля полетов // Вісник НАУ. – 2001. – №1. – С. 126–132.
17. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения : Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2002. – 624с.