

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОЦЕДУР ТА МЕТОДІВ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

© Ольга Олесків, Ігор Кунець, Ігор Микитин, 2014

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,  
вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

*Проведено аналітичний огляд відомих методів та процедур метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювань. Проаналізовано переваги та недоліки даних методів і доцільність їх використання.*

*Проведен аналитический обзор известных методов и процедур метрологической проверки программного обеспечения средств измерений. Проанализированы преимущества и недостатки данных методов и целесообразность их использования.*

*An analytical review of the known methods and procedures of metrological verification of measuring instruments software is carried out. The advantages and disadvantages of these methods and the appropriateness of their use are analysed.*

### Вступ

При проектуванні та розробленні сучасних засобів вимірювання спостерігається тенденція зменшення аналогової частини та розширення цифрової частини приладів. Також, переважно, як цифрова частина використовуються мікроконтролери, програмовані логічні матриці тощо. Тому «вага» програмного забезпечення (ПЗ) у сучасних засобах вимірювання (ЗВ) постійно зростає. Невідповідність ПЗ вимірювальній задачі приладу, випадкова або навмисна зміна функцій ПЗ може призвести до виникнення некоректних результатів вимірювання. Тому доцільно проводити перевірку програмного забезпечення засобів вимірювання для визначення його впливу на метрологічні характеристики ЗВ та можливості подальшого використання цього програмного забезпечення у складі ЗВ. Програмне забезпечення ЗВ не має метрологічних характеристик, але воно визначає метрологічні характеристики ЗВ, а зміна в ПЗ ЗВ може впливати на ці характеристики [1].

Отже, виникає необхідність приділяти більшу увагу саме програмному забезпеченню та вирішувати проблему перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання для визначення рівня впливу програмного забезпечення на результати вимірювань.

Під програмним забезпеченням засобів вимірювальної техніки розуміють набір програм та процедур, що призначені для реєстрації, опрацювання, відображення та збереження результатів вимірювань, і є функціональною частиною ЗВ та постачається з комплектом програмних документів [2]. Проблематикою метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки займаються міжнародні метрологічні організації WELMEC, COOMET, OIML, національні метрологічні інститути PTB, NPL, ВНИИМС та ін.

### Постановка задачі

При метрологічній перевірці ПЗ ЗВ постає проблема вибору методів перевірки. Результатом метрологічної перевірки має бути підтверджено або спростовано, що ПЗ ЗВ відповідає вимогам, які описані у нормативних документах та має характеристики, які описані в документації до даного ПЗ. У статті розглядаються процедури та методи перевірки ПЗ ЗВ, їх переваги і недоліки.

### Процедури перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання

Перевірка програмного забезпечення ЗВ проводиться для встановлення відповідності ПЗ ЗВ певним вимогам. Важливо зазначити, що метрологічній перевірці підлягає на все програмне забезпечення, а та його частина, яка може впливати на метрологічні характеристики ЗВ. До неї відносяться програми і програмні модулі, що виконують функції збору, передавання, опрацювання, зберігання та представлення вимірювальної інформації [3].

За матеріалами роботи [3] до ПЗ, яке може впливати на метрологічні характеристики ЗВ відносяться:

1. програми і програмні модулі, які беруть участь в опрацюванні результатів вимірювань;

2. параметри ПЗ ЗВ, що беруть участь в обчисленнях і впливають на результат вимірювань;
3. програми і програмні модулі, що здійснюють представлення вимірювальної інформації, її зберігання та передавання, ідентифікацію та оновлення ПЗ, захист ПЗ і даних;
4. компоненти захищеного інтерфейсу для обміну даними між програмними модулями ЗВ.

Пункти 3 і 4 даної класифікації доцільніше віднести до загальної перевірки ПЗ, а не метрологічної, тому що ніяких вимірювальних чи обчислювальних дій, які впливають на результати вимірювання, вони не виконують. Дані пункти характеризують правильність функціонування програмного забезпечення в цілому.

Дослідження програмного забезпечення є процедурою встановлення правильності і однозначності контрольованих функцій ПЗ та даних, що генеруються. На рис. 1 представлено класифікацію процедур перевірки ПЗ ЗВ [4].



Рис. 1. Процедури перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання

Вибір процедури досліджень визначається вимогами законодавчих та нормативних документів, а також бажанням розробника або користувача програмного забезпечення ЗВ підтвердити його відповідність встановленим вимогам.

Процедура *випробувань з метою затвердження типу ЗВ* повинна передбачати ідентифікацію та оцінку впливу програми на метрологічні характеристики ЗВ, а також аналіз конструкції з метою запобігання несанкціонованих налаштувань програмного забезпечення ЗВ та втручань, які можуть призвести до отримання некоректних результатів вимірювань. Розроблений за результатами випробувань проект опису типу засобу вимірювань, крім характеристик ЗВ, повинен містити також опис програмного забезпечення, ідентифікаційні дані,

кількісні характеристики оцінки впливу на метрологічні характеристики ЗВ і рівень захисту від ненавмисних і навмисних змін.

*Атестація ПЗ ЗВ* – це дослідження програмного забезпечення з метою визначення його характеристик, властивостей та ідентифікаційних даних, а також підтвердження відповідності поставленим вимогам. При атестації програмного забезпечення проводять його тестування з метою визначення однієї або декількох характеристик у відповідності з методикою атестації (аналіз документації, функціональні перевірки програми при контрольованих умовах, аналіз вихідного коду тощо) [4].

Розрізняють два види атестації: загальну і метрологічну [5]. Об'єктом загальної атестації є повне програмне забезпечення ЗВ, дослідження якого проводяться для обґрунтування застосування алгоритму (програми) в конкретних завданнях. Метрологічна атестація досліджує ПЗ, яке є складовою частиною програмного забезпечення конкретних вимірювальних пристроїв, вимірювально-обчислювальних комплексів, вимірювальних систем з метою оцінки впливу ПЗ на похибку результатів вимірювань.

*Сертифікація ПЗ ЗВ* – це підтвердження відповідності програмного забезпечення та апаратно-програмних комплексів вимогам технічних регламентів та стандартів.

Проведення атестації та випробувань ПЗ при затвердженні типу ЗВ регламентується переважно вимогами законодавчих і нормативних документів, а також низкою спеціальних документів на засоби вимірювань, що застосовуються в різних областях. Сертифікація ПЗ ЗВ є переважно добровільною за винятком ПЗ, що виконують особливо відповідальні функції, в яких недостатня якість, помилки або відмови можуть завдати великої шкоди, або є небезпечними для життя і здоров'я людей (авіація, атомна енергетика, системи управління органами влади, банківські системи тощо) [6]. Добровільна сертифікація визначається в основному бажанням розробників (користувачів) ПЗ ЗВ підтвердити його відповідність сучасним вимогам, підтвердити конкурентоспроможність, отримати додаткові економічні переваги тощо.

Отже, дані процедури охоплюють перевірку всього ПЗ, яке є складовою частиною певного ЗВ. У залежності від типу ЗВ та нормативних документів підбирається процедура перевірки ПЗ ЗВ. Дані процедури є важливими не тільки з законодавчого боку. Якщо ПЗ ЗВ пройшло метрологічну перевірку і отримало документ про підтвердження якості і відповідності ПЗ документації, то це також суттєва перевага, яка підтверджує конкурентоспроможність та відповідність ЗВ сучасним вимогам.

#### **Методи метрологічної перевірки програмного забезпечення засобів вимірювання**

При метрологічній перевірці ПЗ ЗВ важливо підібрати правильний метод перевірки. При виборі методу береться до уваги насамперед можливість його реалізації, затрати на реалізацію, якість проведеної перевірки тощо. На рис. 2 наведено класифікацію методів перевірки ПЗ ЗВ [3].

Метод *порівняльного тестування із застосуванням опорного ПЗ* використовується при наявності ПЗ, яке допомагає ідентифікувати функції ПЗ, що перевіряється. В якості опорного ПЗ може бути застосоване:

- атестоване або/і сертифіковане ПЗ ЗВ, функціональне призначення якого аналогічне ПЗ, що перевіряється;
- спеціально розроблене ПЗ з функціями, ідентичними ПЗ, що перевіряється;
- ПЗ для вирішення завдань технічних обчислень (наприклад, електронні таблиці, ПЗ для математичних та статистичних обчислень тощо).

До розробки опорного ПЗ вдаються у тих випадках, коли ПЗ, що випробовується є не дуже складним і реалізація його алгоритмів є простою. Опорне ПЗ не повинно відтворювати усі функціональні можливості ПЗ, яке перевіряється, а може містити тільки функції і параметри, що впливають на метрологічні характеристики ЗВ. У деяких випадках не враховуються особливості графічного інтерфейсу користувача, а також функції, що не беруть участь в опрацюванні результатів вимірювань (наприклад, функції відображення, зберігання даних тощо).

Даний метод дає можливість максимально враховувати особливості ПЗ, що перевіряється, та метрологічні характеристики ЗВ. *Недоліком* методу є те, що часто складність ПЗ робить реалізацію даного методу недоцільною через значні затрати на розробку опорного ПЗ.

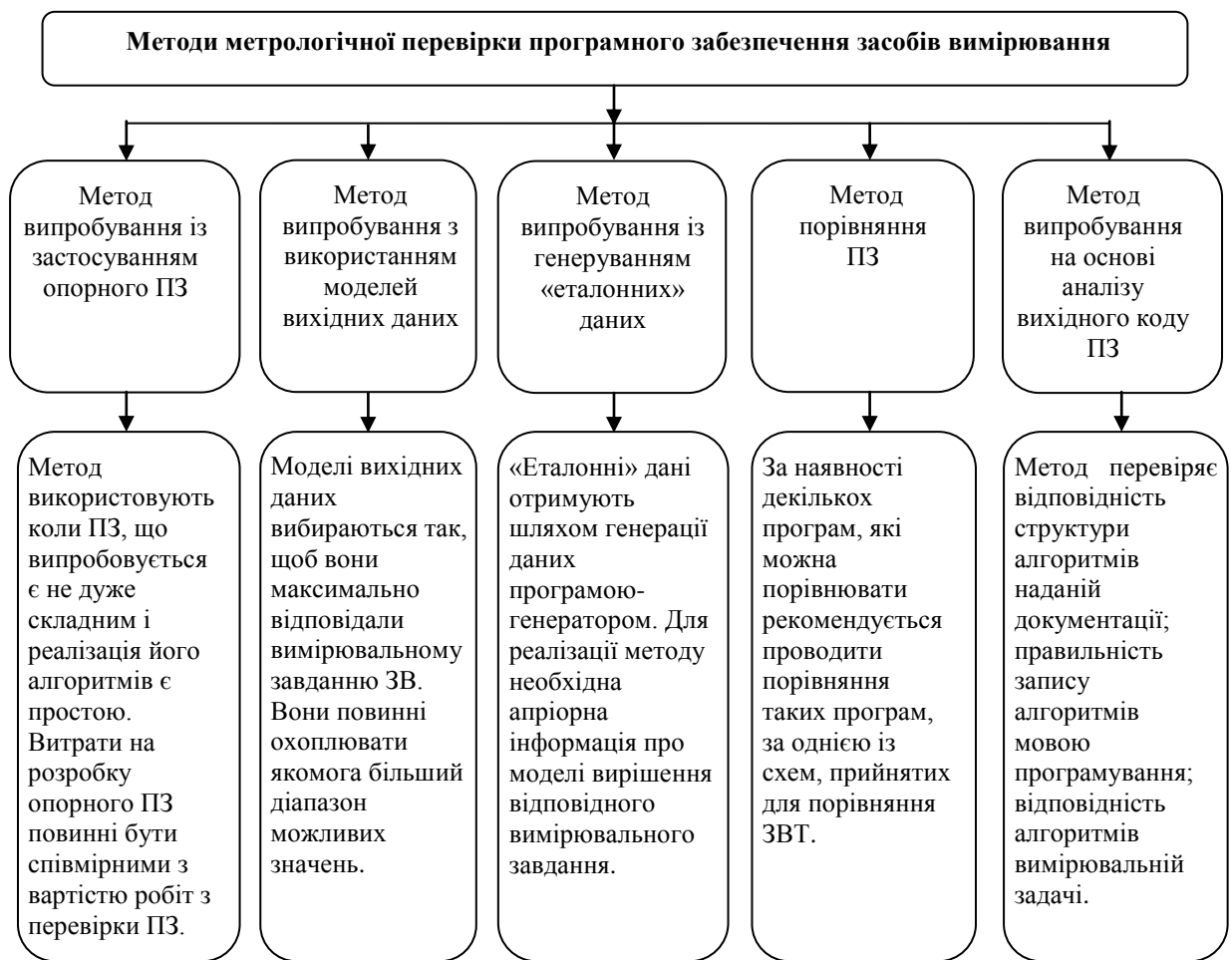


Рис.2. Методи метрологічної перевірки ПЗ ЗВ

За відсутності опорного ПЗ пріоритет надається методу порівняльних випробувань з використанням моделей вихідних даних та порівняльних випробувань із генеруванням «еталонних» даних.

Метод *порівняльних випробувань з використанням моделей вихідних даних* рекомендований для атестації алгоритмів опрацювання результатів вимірювань. Метод дозволяє оцінювати можливості алгоритмів порівнянням результатів опрацювання моделей вихідних даних алгоритмами, які тестуються, із заданими параметрами цих моделей. Метод моделей вихідних даних є різновидом методу генерування «еталонних» даних, тільки дані не генеруються спеціально розробленими програмами, а програмно задаються на вході ПЗ, яке тестується. Моделі вихідних даних вибираються таким чином, щоб вони максимально відповідали вимірювальному завданню. При цьому моделі вихідних даних повинні охоплювати якомога більший діапазон можливих значень. До моделей вихідних даних можуть бути включені:

- дані, які повністю перекривають діапазон можливих значень;
- дані, близькі до найбільших і найменших значень, а також ряд проміжних значень;
- особливі значення вхідних змінних – точки різкого зростання або розриву похідних, нульові, одиничні, гранично малі чисельні значення змінних тощо.

Якщо значення деякої змінної залежать від значень іншої змінної, то тестування проводять для певних поєднань цих змінних, наприклад рівність обох змінних, мала і велика їх відмінність, нульові значення змінних. Метод тестування з використанням моделей вихідних даних є простішим в реалізації, ніж класичний метод генерування «еталонних» даних. Проте, для розроблення даного методу необхідна апріорна інформація про алгоритми роботи ПЗ та їх програмну реалізацію, а вона не завжди відома.

Метод генерування «еталонних» даних, як і метод моделей вихідних даних, застосовується як альтернатива використанню опорного ПЗ в разі його відсутності, або неможливості використання при перевірці окремих функцій, що реалізуються ПЗ. Однією з необхідних умов застосування методу генерування «еталонних» даних є наявність апріорної інформації про відповідне вимірювальне завдання. «Еталонні» дані отримують шляхом генерування даних за допомогою спеціально розробленої програми – генератора «еталонних» даних на основі заданих вихідних даних. Генератор «еталонних» даних реалізують на одній з мов програмування або за допомогою стандартного математичного або статистичного програмного пакету. Вихідні дані для тестування, в тому числі і для генерування «еталонних» даних, формуються з урахуванням властивостей алгоритмів ПЗ, які перевіряються. Метод генерування «еталонних» даних є альтернативою методу з використанням опорного ПЗ. З іншого боку, розробка генератора «еталонних» даних є доцільною, коли вона є дешевшою, ніж реалізація інших методів.

За наявності декількох реалізацій програм одного і того ж вимірювального алгоритму та за відсутності опорного ПЗ доцільним є проводити перевірку *методом порівняння* (на входи програмних продуктів подаються однакові набори «еталонних» даних і проводиться порівняння відповідних тестових результатів). Метод порівняння ПЗ є простий в реалізації і не потребує написання додаткових програм. Проте ЗВ, що мають однакові функції ПЗ, зустрічаються доволі рідко.

При тестуванні на основі аналізу вихідного коду ПЗ перевіряється:

- відповідність структури алгоритмів наданій документації;
- правильність запису алгоритмів обраною мовою програмування;
- відповідність вибраних алгоритмів вимірювальній задачі (виявлення нестійких алгоритмів).

При перевірці відповідності структури алгоритмів наданій документації за текстом програми можуть бути складені блок-схеми алгоритмів, які порівнюються з алгоритмами, описаними в документації. У разі знаходження відмінностей в структурі алгоритмів проводиться додатковий аналіз елементів блок-схем. При перевірці правильності запису алгоритмів обраною мовою програмування встановлюється відповідність коду правилам програмування, наявність невизначених змінних і операторів, правильність організації циклів тощо. Відповідність вибраних алгоритмів вимірювальному завданню може бути оцінена шляхом математичного аналізу програмно реалізованих алгоритмів. При цьому можуть досліджуватися різні характеристики реалізованих алгоритмів, зокрема, може проводитися аналіз оптимальності чисельних методів розв'язання вимірювального завдання.

Даний метод забезпечує можливість проведення детальної оцінки ПЗ ЗВ. Проте, для реалізації методу тестування на основі аналізу вихідного коду необхідно задіяти спеціалістів з галузі програмування та метрології. Затрати на реалізацію даного методу є набагато вищими у порівнянні з іншими методами.

## **Висновки**

На основі проведеного аналітичного огляду процедур та методів перевірки ПЗ ЗВ, аналізу переваг і недоліків даних методів, пріоритет надається методу з використанням опорного ПЗ. Даний метод доцільно використовувати коли алгоритм ПЗ є простим у реалізації. У випадку, якщо застосування методу опорного ПЗ є економічно не вигідним, переважно використовуються методи порівняльних випробувань з використанням моделей вихідних даних та порівняльних випробувань із генеруванням «еталонних» даних.

Підбір «правильного» методу перевірки ПЗ ЗВ є важливим. При виборі методу береться до уваги насамперед можливість реалізації певного методу, затрати на реалізацію, доцільність використання та точність даного методу. Всі ці критерії є не однаковими для різних ЗВ. Від вибору методу перевірки залежить ціна та якість метрологічної перевірки ПЗ ЗВ.

1. Порядок атестації програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: [http://www.uazakon.com/documents/date\\_9k/pg\\_izcgxm.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_9k/pg_izcgxm.htm) 2. WELMEC 7.1, Видання 2, Інформаційний документ, Розробка вимог програмного забезпечення Відень 2005-48с. 3. МИ 3286 – 2010 «Проверка защиты программного обеспечения определение ее уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа», Москва 2010-33с. 4. Обобщенная модель процедуры испытаний измерительного программного обеспечения/Г.В. Злыгостева, С.В. Муравьев//Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 4, С 62-67. 5. МИ 2174 91 ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения. – М.:Изд во стандартов, 1993. – 27 с. 6. Метрология, качество и сертификация программного обеспечения/Е.В. Ковалевская//Москва, 2004, – 96 с.