

УДК 389:14:621.317:354
DOI: 10.15587/1729-4061.2018.125994

ВИПРОБУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА НАЦІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

О. М. Величко

Доктор технічних наук, професор, директор
Науково-виробничий інститут електромагнітних вимірювань
ДП “Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів” (ДП “Укрметртестстандарт”)
вул. Метрологічна, 4, м. Київ, Україна, 03143
E-mail: velychko@hotmail.com

Т. Б. Гордієнко

Доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри
Кафедра стандартизації, оцінювання відповідності та якості*
E-mail: t_gord@hotmail.com

О. В. Грабовський

Кандидат технічних наук, доцент, декан*
E-mail: gelond737@gmail.com
*Одеська державна академія технічного регулювання та якості
вул. Ковальська, 15, м. Одеса, Україна, 65020

Проведено порівняльний аналіз загальних вимог в документах та настановах міжнародних та регіональних організацій законодавчої метрології OIML і WELMEC щодо випробування програмного забезпечення (ПЗ) для засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Визначено основні фактори та встановлені алгоритми щодо випробування ПЗ для ЗВТ згідно з вимогами OIML і WELMEC. Запропоновано універсальний алгоритм випробування ПЗ для ЗВТ

Ключові слова: програмне забезпечення, засіб вимірювальної техніки, випробування, законодавча метрологія, нормативне забезпечення

Проведен сравнительный анализ общих требований в документах и руководствах международных и региональных организаций законодательной метрологии OIML и WELMEC по испытанию программного обеспечения (ПО) для средств измерительной техники (СИТ). Определены основные факторы и установлены алгоритмы испытания ПО для СИТ по требованиям OIML и WELMEC. Предложен универсальный алгоритм испытания ПО для СИТ

Ключевые слова: программное обеспечение, средство измерительной техники, испытание, законодательная метрология, нормативное обеспечение

1. Вступ

Спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) для засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) відіграє все більшу роль в умовах майже універсального використання інформаційних технологій (ІТ). Випробування ПЗ ЗВТ у певній формі

проводиться, особливо в тестах з метою підтвердження типу ЗВТ. Зазвичай таке випробування несистематичне, а розробники та користувачі автоматизованих ЗВТ, в основному, не мають інформації про стан нормативної бази в цій галузі. Тому актуальним є аналіз стану впровадження сучасних технологій у метрологічну практику та розроблення підходів до узгодження відповідних документів на національному рівні. При цьому необхідно враховувати рекомендації міжнародних та регіональних організацій, що займаються питаннями метрології, в тому числі законодавчої метрології.

Необхідно прийняти відповідні рішення в законодавчій метрології з огляду на загальне впровадження ІТ, особливо щодо спеціалізованого ПЗ. Ці теми обговорюються в документі [1] Міжнародної організації законодавчої метрології (OIML), а також у документах та рекомендаціях регіональних метрологічних організацій, зокрема у: рекомендаціях [2] Євразійського співробітництва державних метрологічних закладів (COOMET), документі [3] та настановах [4, 5] Європейської організації зі співробітництва в сфері законодавчої метрології (WELMEC).

Актуальність роботи підтверджується нагальною необхідністю здійснювати законодавчий контроль за ЗВТ перед використанням та проводити оцінювання відповідності згідно з вимогами європейських директив або національного законодавства. Оскільки ПЗ є одним з ключових компонентів таких ЗВТ, національні метрологічні інститути зацікавлені у появі дієвих методів оцінювання стану ПЗ ЗВТ, ризиків та існуючих загроз, пов'язаних з застосуванням. Це може бути корисним також для органів з оцінювання відповідності або промисловості та підтримує порівняльність результатів оцінювання ризику, перевірки і атестації ПЗ. Зважаючи на це, актуальним питанням є дослідження та розроблення гармонізованих підходів до оцінювання ПЗ ЗВТ з врахуванням вимог міжнародних та регіональних документів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для ефективного функціонування Глобальної метрологічної системи, насамперед, необхідна гармонізація на національному рівні метрологічного законодавства на основі відповідних документів, рекомендацій та стандартів різних зацікавлених міжнародних організацій. OIML була створена з метою сприяння глобальній гармонізації законодавчих метрологічних процедур. Важливим і складним завданням є трансформація національного метрологічного законодавства. Вона потребує ефективної адаптації діяльності Національної метрологічної служби (НМС) та приведення у відповідність із сучасними вимогами в рамках Глобальної метрологічної системи.

Нормативна база НМС, її правила та її технічна та організаційна база в Україні визначаються законодавством України про метрологію. Вимоги Європейської Директиви 2014/32/ЄС про вимірювальні прилади (MID) [6] є основою законодавства України щодо нормативно-правового метрологічного контролю за ЗВТ.

Грунтовний аналіз щодо ПЗ для ЗВТ було предметом попередніх досліджень авторів [7–10]. У роботах [7, 8] досліджено особливості нормативного

забезпечення та підтримки стандартизації для сертифікації ПЗ ЗВТ. Основні випробування, етапи та особливості моніторингу ПЗ ЗВТ відповідно до вимог [1, 4, 5] розглянуто в [9]. Використання перевіреного ПЗ для аналізу невизначеності обладнання у акредитованих лабораторіях представлено в [10].

У [11] розглянуті питання атестації ПЗ ЗВТ відповідно до вимог національних документів і стандартів. Однак, ці дослідження не враховують вимоги міжнародних та регіональних документів [1, 4, 5].

У роботах [12–14] розглянуті питання безпеки, оцінювання ризиків та поточних загроз, пов'язаних із застосуванням ПЗ ЗВТ, у т. ч. тих, які інтегровані в відкриті мережі. Ці дослідження зосереджені на методах, які враховують вимоги регіональних настанов [4, 5] та міжнародних стандартів. Однак у роботах не враховані вимоги міжнародного документа [1] та можливість застосування ПЗ для локальних ЗВТ.

У [15] розглянуто класи ризику ПЗ, настанова з підтвердження та деякі можливі методи перевірки ПЗ для локальних ЗВТ відповідно до вимог [1, 4, 5]. Однак у роботі не розглянуто можливість перевірки ПЗ ЗВТ, інтегрованих у відкриті мережі.

У [16] запропоновано підхід, спрямований на автоматичну перевірку параметрів для ПЗ, вбудованих у ЗВТ відповідно до вимог міжнародного документа [1]. Розглянуті загальні критерії для оцінювання безпеки та захисту компонентів ІТ. Однак робота не враховує вимоги регіональних настанов [4, 5].

Таким чином, можна зробити висновок, що у проведених раніше дослідженнях стосовно вимог міжнародних та регіональних документів [1, 4, 5] з випробування ПЗ для ЗВТ не аналізувались можливості адаптації або спільного застосування положень цих документів. Також не розглядались питання можливої інтеграції цих вимог у національні нормативні документи і стандарти.

Тому, практичне застосування згаданих вище керівних принципів та рекомендацій вимагає більш детального та критичного розгляду загальних вимог, встановлених у міжнародному документі [1] та регіональних рекомендаціях [4, 5]. Таке дослідження необхідно здійснити для гармонізації зазначених документів між собою та узгодження з національними нормативними документами щодо перевірки і атестації ПЗ ЗВТ.

3. Мета та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету розробити підходи щодо гармонізації вимог документів міжнародних та регіональних метрологічних організацій для випробування спеціального ПЗ ЗВТ на національному рівні.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– здійснити аналіз загальних вимог та визначити основні фактори щодо випробування якості ПЗ ЗВТ в документах міжнародних та регіональних організацій;

– встановити і дослідити алгоритми здійснення випробувань ПЗ ЗВТ за вимогами документів міжнародних та регіональних організацій;

– дослідити можливість розробки універсальних контрольних переліків з випробування ПЗ для всіх категорій ЗВТ. При цьому необхідно враховувати пі-

дходи, базовані на вимогах документів та керівних принципів міжнародних та регіональних метрологічних організацій.

4. Матеріали та методи дослідження щодо застосування програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки

Найсучасніші ЗВТ мають модулі мікросистем, які безпосередньо керують процесами вимірювання, обробки та розподілу даних вимірювань, й представляють користувачеві (оператору). Всі ці процеси виконуються чітко та правильно лише за умови, що ПЗ, розроблене виробником для ЗВТ, матиме відповідний метрологічний алгоритм і певний рівень захисту від зовнішнього втручання.

ПЗ – це складний технологічний продукт, який, за винятком видимих переваг, носить і певні приховані проблеми. Полонка, несанкціонований доступ, збій та неправильна робота користувачів – це лише частина відомих проблемних питань, які розробники ПЗ намагаються вирішити вже на етапі його розробки. Звичайне ущільнення ЗВТ із ПЗ або управління ПЗ не вирішує питання забезпечення точності вимірювань та безпеки вимірювання величини.

На рис. 1 представлена узагальнена структура ЗВТ із ПЗ. Перетворювач АС/DC перетворює кількісне значення фізичної вимірюваної величини в його цифровому еквіваленті відповідно до певної функції перетворення. Отримана цифрова послідовність обробляється на ПЗ, яка функціонує в певному середовищі ПЗ, на певному алгоритмі його роботи. Поточні результати вимірювання можуть бути представлені на дисплеї (індикаторі), написаному на носії інформації для зберігання, й відправлені по каналах зв'язку. Результати вимірювань можна розрахувати з носія інформації або довести до каналів зв'язку. Користувач, якщо це дозволено розробником ПЗ, може керувати роботою ЗВТ, змінити його налаштування тощо. ПЗ в такому ЗВТ, незалежно від його складності, виконує основну роль у процесі вимірювання.

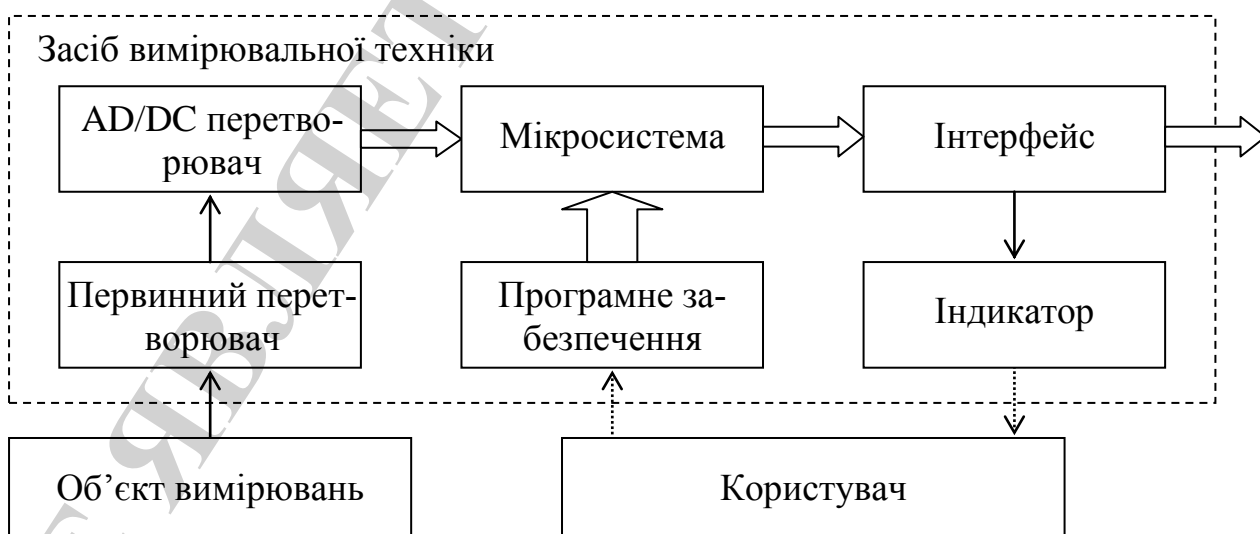


Рис. 1. Узагальнена структура ЗВТ з ПЗ

Основні вимоги стосуються: ідентифікації ПЗ, правильності алгоритмів та експлуатації, захисту ПЗ від навмисного та непередбачуваного викривлення, обслуговування ПЗ (діагностика). Основні вимоги до специфічних ПЗ: створення та вибір основних частин ПЗ та інтерфейсів, загальне представлення даних, зберігання даних та передача через системи зв'язку, сумісність операційної системи в цілому та компонентів, узгодження метрологічних вимог та ПЗ, технічне обслуговування та ре-конфігурація (переналагодження).

Для випробування ПЗ ЗВТ встановлені такі методи:

- аналіз документів та технічних вимог (планування випробування);
- функціональне випробування метрологічних та інших функцій ПЗ;
- аналіз потоків даних;
- покрокова перевірка кодів;
- тестування модулів.

Для реалізації цих методів необхідні фахівці з різною підготовкою та відповідним обладнанням. Вибір методу випробування залежить від класу ризику для застосованого ПЗ ЗВТ (табл. 1, 2).

Таблиця 1
Класифікація класів ризику ПЗ ЗВТ

Клас ризику	Захист ПЗ (1)	Перевірка ПЗ (2)	Ступінь відповідності ПЗ (3)
A	H	H	H
B	C	C	H
C	C	C	C
D	B	C	C
E	B	B	C
F	B	B	B

Примітки: H – низький рівень; C – середній рівень; B – високий рівень

Таблиця 2
Коротка характеристика класів ризику ПЗ ЗВТ

Призначення вимірювань	Види ЗВТ	Ризик підробки	1	2	3
Розрахунки із споживачем за допомогою ЗВТ із спеціальним ПЗ	Лічильники води, лічильники газу, лічильники електроенергії, вимірювальні трансформатори, лічильники тепла	C(C)	C	C	C
		B(D)	B	C	C
Комерційні угоди, сервіс	Вимірювальні системи повторюваних і динамічних вимірювань величин рідин, що відрізняються від води, автоматичні	C(B)	C	C	H
		B(D)	B	C	C

	засоби зважування, таксометри, засоби вимірювання довжини				
Прямі контрольні вимірювання	Аналізатори прямого виходу	-(F)	B	B	B
Охорона довкілля, безпека для здоров'я	Зовнішні аналізатори газів	C(B)	C	C	H

Примітки: 1 – рівень захисту ПЗ; 2 – рівень перевірки ПЗ; 3 – ступінь відповідності ПЗ; H – низький рівень; C – середній рівень; B – високий рівень

Для ПЗ ЗВТ визначено три рівні критичності:

– низький (ПЗ не спотворює результати вимірювань, має обмежене застосування тощо);

– середній (ПЗ може спотворити остаточний результат вимірювання, але його не використовують в ПЗ ЗВТ, функціонування якого має пряму економічну та соціальну значимість);

– високий (ПЗ може неправильно представити результат вимірювання, який використовується в ЗВТ, функціонування якого має високу економічну та соціальну значимість) [7].

Враховуючи це, потрібно перевірити наступні компоненти ПЗ ЗВТ: інтерфейс користувача, завантаження, структура, захист, виявлення несправностей, довготривале зберігання даних вимірювань.

Вбудований та автономний спеціальний ПЗ ЗВТ, який має функціональні функції та функції перевірки, відрізняються. Вбудований спеціальний ПЗ ЗВТ – це ПЗ від автономного ЗВТ, який, як правило, є спеціальним пристроєм, що має встановлений набір функцій вимірювання. Перетворення вимірюваного значення та обробка даних вимірювань у цьому випадку здійснюються за допомогою внутрішнього обладнання та ПЗ.

Автономне ПЗ, як правило, функціонує на базі універсального персонального комп'ютера, поділяється на два класи, залежно від з'єднань з ПЗ ЗВТ. Існують менш жорсткі вимоги до вбудованого ПЗ ЗВТ для всіх дослідницьких характеристик, що пов'язано, в більшості випадків, з обмеженим доступом до ПЗ та вимірювальними даними, тоді як для автономного ПЗ ЗВТ існують більш високі вимоги до рівня захисту і відповідності.

В цілому, випробування ПЗ ЗВТ складається з двох основних частин: оцінювання програмної документації та експериментальних досліджень ПЗ.

5. Загальні вимоги документа OIML до спеціального програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки

При виборі рівня жорсткості ПЗ для певної категорії ЗВТ і галузі застосування (розрахунки зі споживачем за допомогою ЗВТ, комерційні угоди і сервіс, прямі контрольні вимірювання, охорона довкілля, безпека для здоров'я) згідно з документом OIML D 31 [1] використовують такі показники:

- ризик підробки ПЗ (наслідки соціального і громадського впливу несправності; вартість товару, що підлягає вимірюванню; платформа, що використовується; вплив джерел потенційної підробки);
- відповідність ПЗ, що вимагається (практичні можливості виробництва для задоволення встановленого рівня);
- надійність ПЗ, що вимагається (умови оточуючого середовища; наслідки соціального і громадського впливу помилок);
- можливість підробки ПЗ (простота здійснення підробки може бути достатнім мотиваційним фактором);
- можливість повторення вимірювань чи припинення їх.

Під час оцінювання якості ПЗ ЗВТ згідно з вимогами документа OIML D 31 контролюють такі основні параметри ПЗ:

- загальна характеристика ПЗ (ідентифікація ПЗ; сумісність операційних систем і апаратних засобів, портативність; коректність алгоритмів і функцій; загальна індикація);
- захист ПЗ (запобігання неправильному застосуванню; захист від підробки);
- підтримка апаратних функцій (підтримка виявлення несправностей; підтримка надійного захисту);
- визначення і розділення відповідних частин ПЗ і інтерфейсу (розділення пристроїв і вузлів; розділення частин ПЗ);
- зберігання даних, передача через системи зв'язку (захист даних програмними засобами; застосування криптографічних методів; автоматичне збереження; затримка передачі; переривання передачі; часові мітки);
- технічне обслуговування і ре-конфігурація (перевірені оновлення; простежуваність оновлення).

Для виявлення і врахування всіх існуючих первинних, вторинних та інших складових, що впливають на результат оцінки якості ПЗ ЗВТ у відповідності до вимог документа OIML D 31, доцільно побудувати відповідну діаграму Ісікави (рис. 2):

1. Загальна характеристика ПЗ: 1.1 – ідентифікація ПЗ; 1.2 – сумісність програмних і апаратних засобів; 1.3 – коректність алгоритмів і функцій; 1.4 – загальна індикація.
2. Захист ПЗ: 2.1 – уникнення неправильного застосування; 2.2 – захист від підробки.
3. Підтримка апаратних функцій: 3.1 – підтримка виявлення несправностей; 3.2 – підтримка надійного захисту.
4. Розділення частин ПЗ: 4.1 – розділення пристроїв та вузлів; 4.2 – розділення частин ПЗ.
5. Зберігання та передача даних: 5.1 – захист даних програмними засобами; 5.2 – застосування криптографічних методів; 5.3 – автоматичне збереження; 5.4 – затримка передачі; 5.5 – переривання передачі; 5.6 – часові мітки.
6. Техобслуговування і ре-конфігурація: 6.1 – перевірка оновлень; 6.2 – простежуваність оновлень.

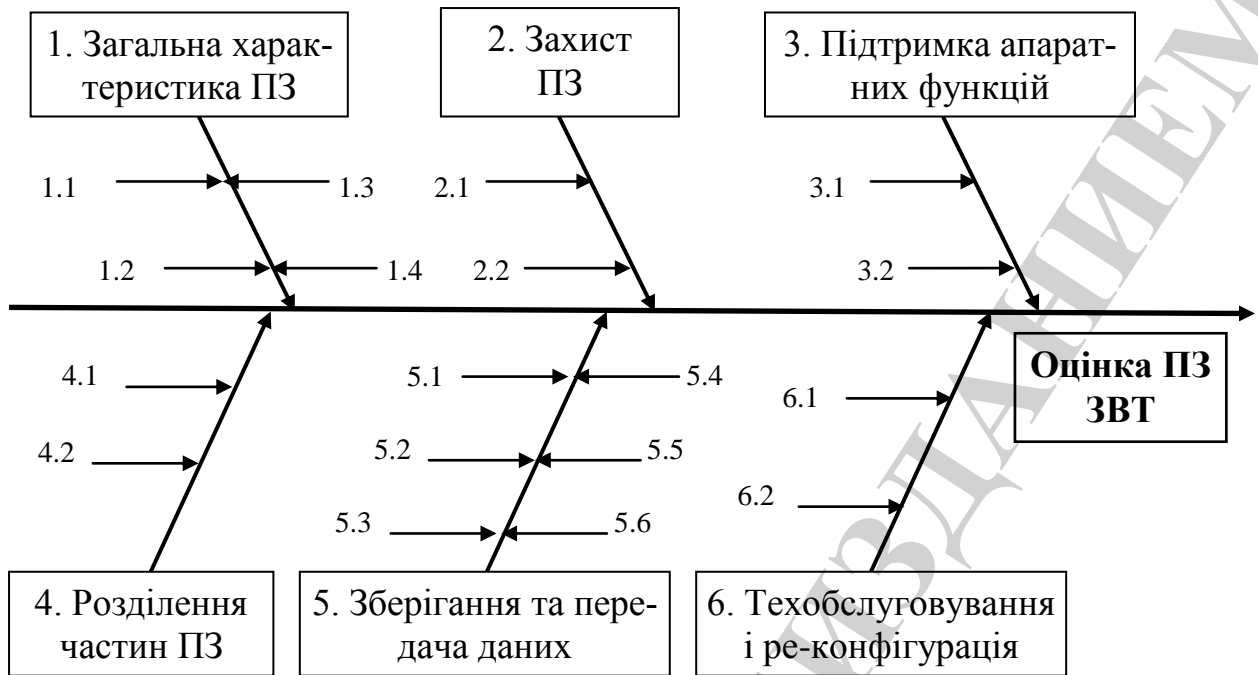


Рис. 2. Діаграма Ісікави для визначення складових оцінки якості ПЗ ЗВТ згідно з документом OIML D 31

Алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ за вимогами OIML наведений на рис. 3.

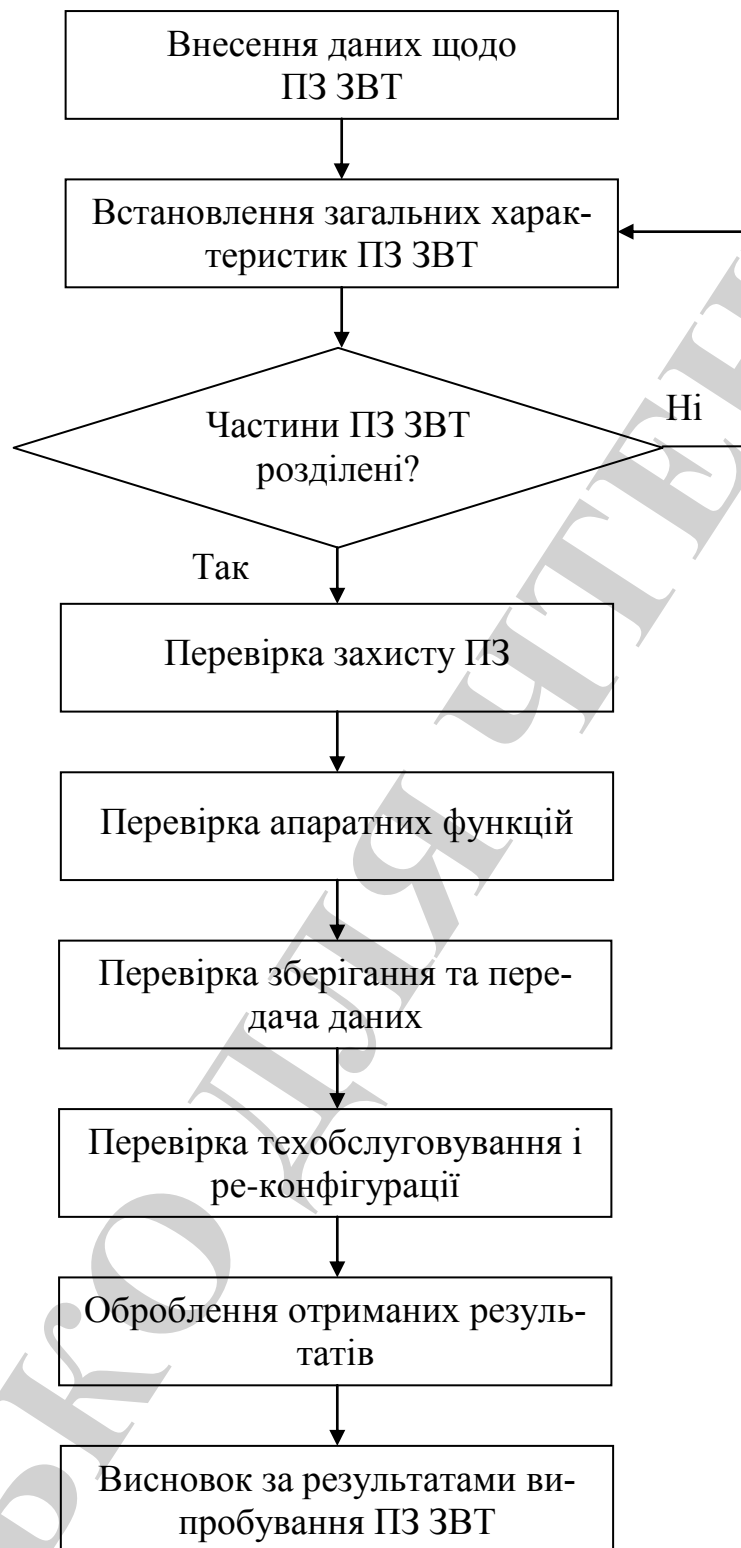


Рис. 3. Алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ за вимогами OIML

За результатами аналізу міжнародного документа OIML D 31 побудовано діаграму причинно-наслідкових зв'язків Ісікави та визначено основні фактори щодо підходів стосовно випробування якості ПЗ ЗВТ. На основі проведених досліджень встановлено алгоритм проведення випробування ПЗ для ЗВТ відповідно до вимог міжнародного документа OIML.

6. Загальні вимоги настанов WELMEC до спеціального програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки

З установлених у настановах WELMEC 7.2 [4] 5-ти класів ризику для оцінки ПЗ практичний інтерес мають тільки 4-ри (B, C, D і E) й охоплюють всі ЗВТ, що підпадають під регулювання Європейської директиви MID [6]. Ці класи ризику забезпечують достатню можливість для зміни рівня оцінки ризику за трьома основним складовими: стан захисту ПЗ; жорсткість перевірки ПЗ; ступінь відповідності ПЗ.

У вимогах MID встановлено такі значення [6]:

- ідентифікації безпеки та ПЗ (MID Додатки I, 8.3);
- передача даних та зберігання даних (MID Додатки I, 8.4);
- інтерфейси (MID Додатки I, 8.1);
- розділення ПЗ (MID Додатки I, 7.6).

Настанови WELMEC 7.2 побудовані як структурований набір блоків вимог. Загальна структура настанови пов'язана з класифікацією ЗВТ в основній конфігурації та класифікацією у так званих інформаційно-технічних конфігураціях. Набір вимог доповнюється спеціальними вимогами до ЗВТ. Виділено три типи вимог:

- вимоги до двох базових конфігурацій ЗВТ (так звані тип P і U);
- вимоги для чотирьох ІТ-конфігурацій (так звані розширення L, T, S і D);
- вимоги до конкретних типів ЗВТ (так звані розширення I.1, I.2, ...).

WELMEC 7.2 складається з двох основних частин: загальні вимоги до ПЗ, вбудованого у ЗВТ (частина P); загальні вимоги до ПЗ, встановленого на універсальних комп'ютерах (частина U).

Випробування ПЗ ЗВТ відповідно до вимог WELMEC 7.2 можна реалізувати за такими основними елементами (табл. 3):

- довготривале збереження даних вимірювань (L);
- передача даних вимірювань (T);
- завантаження ПЗ (D);
- рівень розділення ПЗ (S).

Кожен набір цих вимог застосовують тільки у тому випадку, якщо існує відповідна функція. З урахуванням вимог MID і настанови WELMEC 7.2 в цілому встановлені такі основні вимоги до ПЗ ЗВТ, наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Вимоги щодо випробування ПЗ ЗВТ за настановою WELMEC 7.2

Вимоги частини P (вмонтований комп'ютер)	Вимоги частини U (універсальний комп'ютер)
P1 – документація;	U1 – документація;
P2 – ідентифікація ПЗ;	U2 – ідентифікація ПЗ;
P3 – вплив через інтерфейси користувача;	U3 – вплив через інтерфейси користувача;
P4 – вплив через інтерфейси передачі;	U4 – вплив через інтерфейси передачі;
P5 – захист від змін;	U5 – захист від змін;
P6 – програмний захист від змін;	U6 – програмний захист від змін;
P7 – захист параметрів	U7 – захист параметрів;

	U8 – автентичність ПЗ і передача результатів; U9 – вплив іншого ПЗ
Перевірка запам'ятовуючих пристроїв (L)	Перевірка пристроїв передачі даних (T)
L1 – повнота збережених даних; L2 – захист проти випадкових чи свідомих змін; L3 – цілісність даних; L4 – автентичність збережених даних; L5 – конференційні ключі; L6 – відновлення збережених даних; L7 – автоматичне збереження; L8 – ємність і послідовність збереження	T1 – повнота переданих даних; T2 – захист проти випадкових чи свідомих змін; T3 – цілісність даних; T4 – автентичність переданих даних; T5 – конференційні ключі; T6 – обробка зіпсованих даних; T7 – затримка передавання; T8 – придатність послуг передачі
Перевірка зчитування (D)	Перевірка рівнів розділення ПЗ (S)
D1 – механізм зчитування; D2 – автентичність зчитаного ПЗ; D3 – цілісність зчитаного ПЗ; D4 – простежуваність зчитування законодавчо значимого ПЗ	S1 – реалізація розділення ПЗ; S2 – фіксована індикація; S3 – захист інтерфейсу ПЗ

Спеціальні вимоги до ПЗ ЗВТ (I): виявлення несправностей (I1-1, I2-1, I3-1, I4-1); засоби резервного копіювання (I1-2, I2-2, I3-2, I4-2); можливості “пробудження” і відновлення (I1-3, I2-3, I3-3, I4-3); внутрішній дозвіл (I1-4, I2-4, I3-4, I4-4); заборона скидання кумулятивних вимірних значень (I1-5, I2-5, I3-5, I4-5); індикація для клієнта (I1-6, I2-6, I3-6, I4-6); моніторинг терміну служби батареї (I2-7); випробування елементів (I2-9) і т. д.

Для виявлення і обліку всіх суттєвих первинних, вторинних та інших складових, що впливають на результат оцінки ПЗ ЗВТ у відповідності до вимог настанов WELMEC, доцільно побудувати відповідну діаграму Ісікави (рис. 4):

1. Базова конфігурація ЗВТ: 1.1 – настанова і технічні дані на ПЗ; 1.1.1 – P1; 1.1.2 – P2; 1.1.3 – P3; 1.1.4 – P4; 1.1.5 – P5; 1.1.6 – P6; 1.1.7 – P7; 1.2 – основна настанова для ПЗ; 1.2.1 – U1; 1.2.2 – U2; 1.2.3 – U3; 1.2.4 – U4; 1.2.5 – U5; 1.2.6 – U6; 1.2.7 – U7; 1.2.8 – U8; 1.2.9 – U9.

2. IT-конфігурації: 2.1 – довготривале збереження даних вимірювань; 2.1.1 – L1; 2.1.2 – L2; 2.1.3 – L3; 2.1.4 – L4; 2.1.5 – L5; 2.1.6 – L6; 2.1.7 – L7; 2.1.8 – L8; 2.2 – передача даних вимірювань; 2.2.1 – T1; 2.2.2 – T2; 2.2.3 – T3; 2.2.4 – T4; 2.2.5 – T5; 2.2.6 – T6; 2.2.7 – T7; 2.2.8 – T8; 2.3 – завантаження ПЗ; 2.3.1 – D1; 2.3.2 – D2; 2.3.3 – D3; 2.3.4 – D4; 2.3.5 – D5; 2.4 – розподіл ПЗ; 2.3.1 – S1; 2.3.1 – S2; 2.3.1 – S3.

3. Вимоги до конкретних типів ЗВТ: 3.1 – спеціальні вимоги до ПЗ ЗВТ; 3.1.1 – I1-1, I2-1, I3-1, I4-1; 3.1.2 – I1-2, I2-2, I3-2, I4-2; 3.1.3 – I1-3, I2-3, I3-3, I4-3; 3.1.4 – I1-4, I2-4, I3-4, I4-4; 3.1.5 – I1-5, I2-5, I3-5, I4-5; 3.1.6 – I1-6, I2-6, I3-6, I4-6; 3.1.7 – I2-7; 3.1.8 – I2-9; 3.1.9 – I6-1 і т. д.

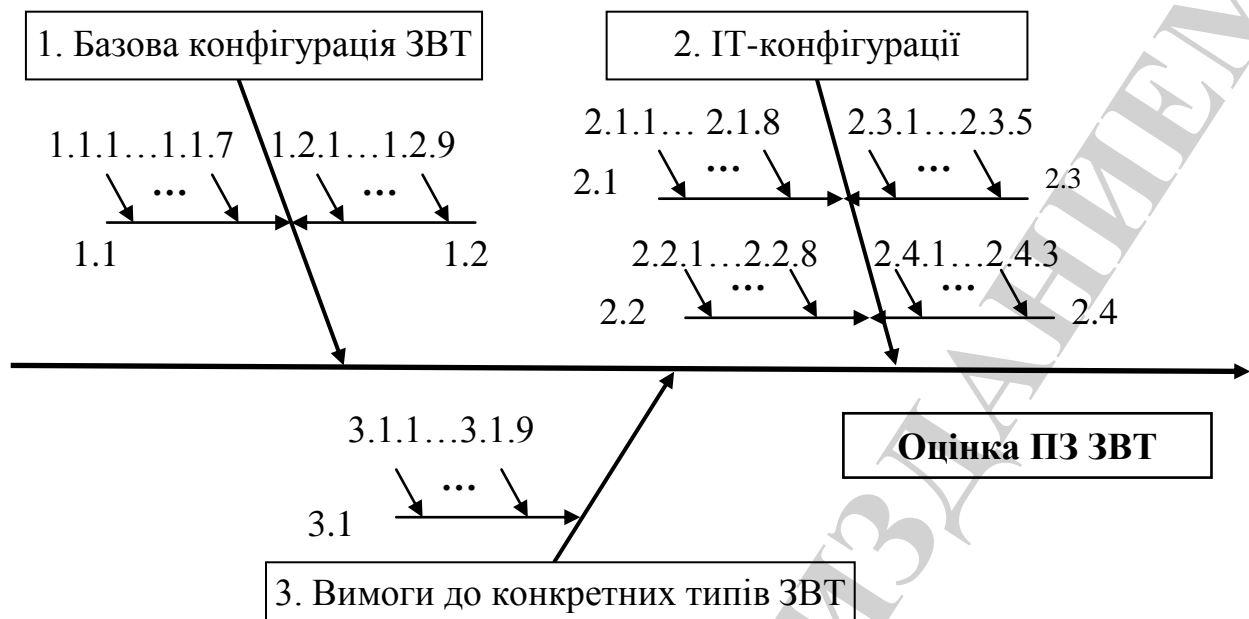


Рис. 4. Первинна діаграма Ісікаві для визначення складових оцінки якості ПЗ ЗВТ згідно з настановами WELMEC

Алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ за вимогами WELMEC наведений на рис. 5.



Рис. 5. Алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ за вимогами WELMEC

За результатами аналізу регіональних настанов WELMEC побудовано діаграму причинно-наслідкових зв'язків Ісікави та визначено основні фактори щодо підходів стосовно випробування якості ПЗ ЗВТ. На основі проведених досліджень встановлено алгоритм проведення випробування ПЗ для ЗВТ відповідно до вимог WELMEC.

7. Обговорення результатів щодо можливості спільного використання вимог міжнародних і регіональних документів на національному рівні

Доцільно розглянути можливість спільного використання вимог документа OIML та настанов WELMEC. Для цього проаналізуємо вторинні складові на діаграмах Ісікави на рис. 2 і 4. За наявності вторинних складових, які одночасно впливають на деякі первинні складові, переводять до рангу первинних. Враховуючи зазначене, можна перегрупувати ці складові в нову діаграму причинно-наслідкових зв'язків Ісікави (рис. 6).

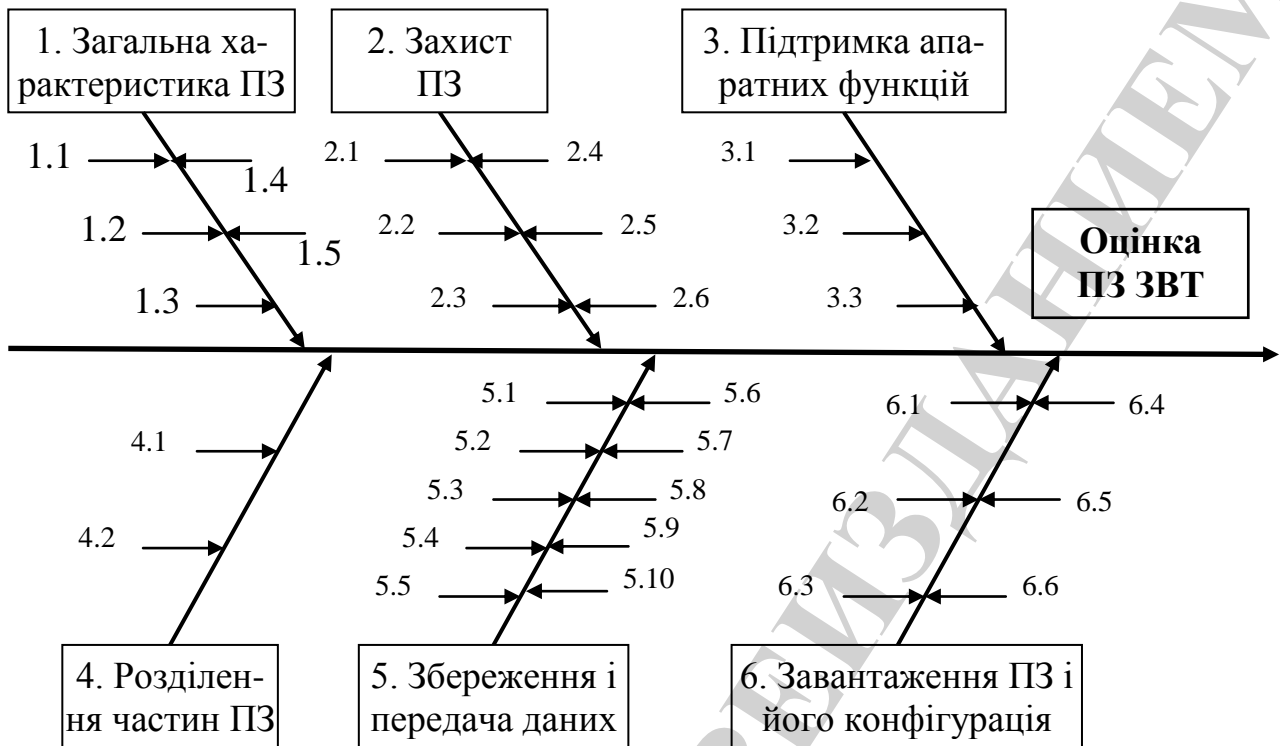


Рис. 6. Перетворена діаграма Ісікави для визначення складових оцінки якості ПЗ ЗВТ згідно з документом OIML D 31 і WELMEC 7.2

Отримана перетворена діаграма Ісікави (рис. 6) вже враховує первинні складові, аналогічні наведеним на рис. 2:

1. Загальна характеристика ПЗ ЗВТ: 1.1 – документація користувача ПЗ ЗВТ (P1, U1); 1.2 – ідентифікація ПЗ ЗВТ (P2, U2); 1.3 – забезпечення достовірності ПЗ ЗВТ і представлення результатів (U8); 1.4 – вплив іншого ПЗ ЗВТ (U9); 1.5 – індикація для клієнта (I1-6, I2-6, I3-6, I4-6).

2. Захист ПЗ ЗВТ: 2.1 – параметри захисту (P7, U7); 2.2 – конфіденційність ключів (L5, T5); 2.3 – захист від випадкових чи не навмисних змін (P5, P6, U5, U6, L2, T2); 2.4 – захист інтерфейсу ПЗ ЗВТ (S3); 2.5 – вплив через інтерфейс користувача (P3, U3); 2.6 – вплив через інтерфейс зв'язку (P4, U4).

3. Підтримка апаратних функцій: 3.1 – виявлення несправностей (I1-1, I2-1, I3-1, I4-1, I6-1); 3.2 – простежуваність законодавчо-контрольованих функцій (D4); 3.3 – випробування елементів (I2-9).

4. Розділення частин ПЗ ЗВТ: 4.1 – реалізація розділення ПЗ ЗВТ (S1); 4.2 – індикація змішення (S2).

5. Збереження і передача даних: 5.1 – автоматичне збереження (L7); 5.2 – повнота і цільність збережених даних (L1, L3, T3); 5.3 – відновлення збережених і обробка пошкоджених даних (L6, T6); 5.4 – ємність і неперервність збереження (L8); 5.5 – оригінальність даних, що зберігаються (передаються) (L4, T4); 5.6 – засоби резервного копіювання (I1-2, I2-2, I3-2, I4-2); 5.7 – затримка передачі (T7); 5.8 – повнота переданих даних (T1); 5.9 – доступність послуг з

передачі (T8); 5.10 – заборона скидання кумулятивних вимірних значень (I1-5, I2-5, I3-5, I4-5).

6. Завантаження ПЗ ЗВТ і його конфігурація: 6.1 – механізм завантаження ПЗ ЗВТ (D1); 6.2 – оригінальність завантаження ПЗ ЗВТ (D2); 6.3 – цілісність завантаженого ПЗ ЗВТ (D3); 6.4 – дозвіл на зчитування (D5); 6.5 – внутрішні дозволи (I1-4, I2-4, I3-4, I4-4); 6.6 – можливість “пробудження” і відновлення (I1-3, I2-3, I3-3, I4-3).

Пропонований алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ на основі спільного використання вимог документа OIML та настанов WELMЕС наведений на рис. 7.

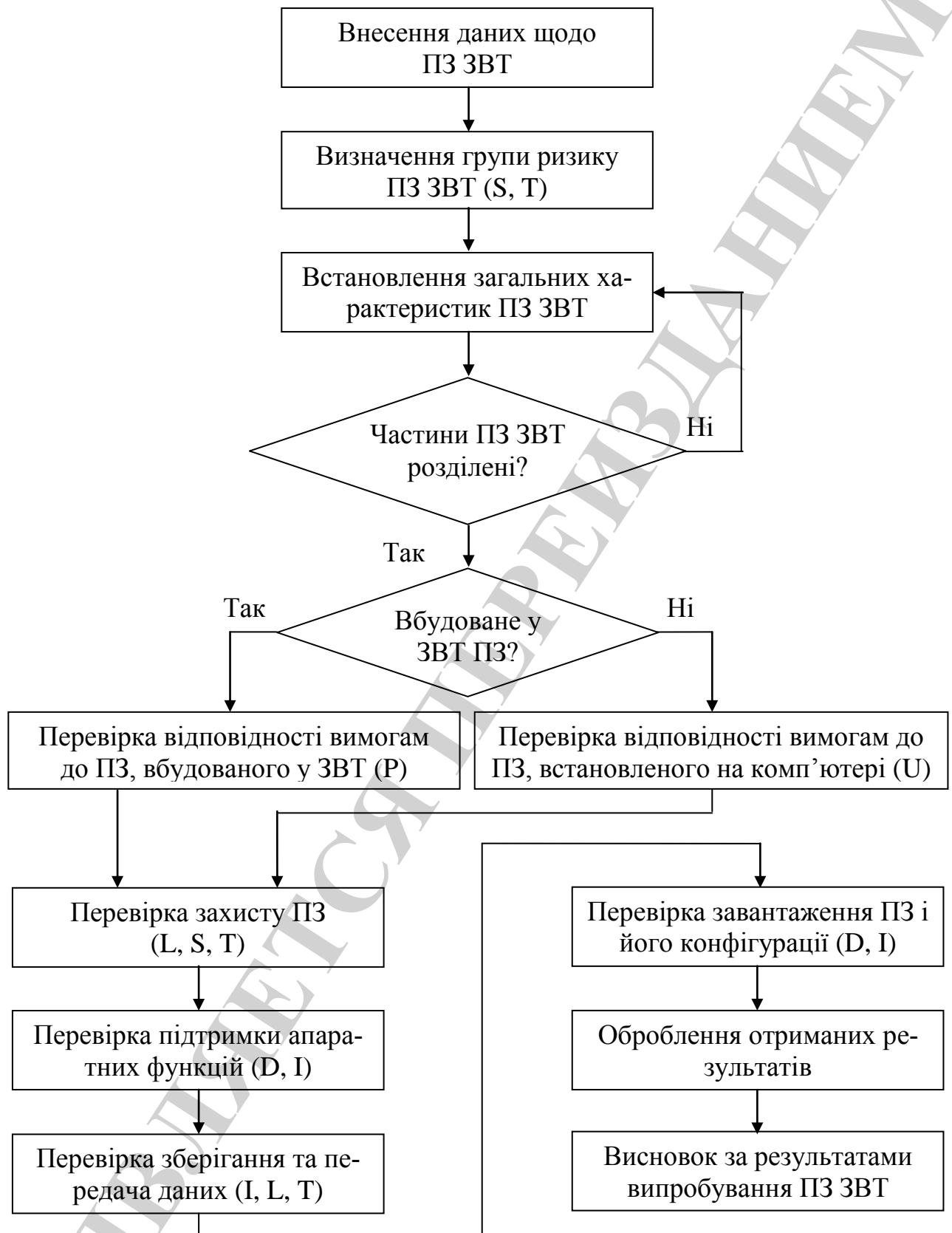


Рис. 7. Пропонований алгоритм проведення випробувань ПЗ ЗВТ

За результатами аналізу міжнародного документа OIML та регіональних настанов WELMЕС побудовано перетворену діаграму причинно-наслідкових зв'язків Ісікави (рис. 6) та визначено основні фактори щодо підходів стосовно

випробування якості ПЗ ЗВТ. На основі проведених досліджень запропоновано алгоритм проведення випробування ПЗ для ЗВТ відповідно до вимог OIML та WELMEC (рис. 7).

Документи та рекомендації міжнародних та регіональних метрологічних організацій OIML та WELMEC для випробування ПЗ ЗВТ широко використовують в сфері законодавчої метрології різних розвинених країн. Однак, вимоги документа OIML та настанов WELMEC повинні бути узгоджені. Тому доцільно враховувати положення цих документів на національному рівні шляхом прийняття спеціальних національних нормативних документів або стандартів щодо випробування ПЗ ЗВТ.

Для реалізації цих нормативних документів або стандартів необхідно розробити спеціальні контрольні списки щодо оцінювання ПЗ ЗВТ з урахуванням різних класів ризику (табл. 1 та 2). Для підготовки спеціальних контрольних списків можна використовувати відпрацьовані діаграми причинно-наслідкових зв'язків Ісікави (рис. 2, 4 та 6).

Таким чином, використовуючи оригінальну діаграму причинно-наслідкових зв'язків Ісікави, показану на рис. 4, можна підготувати спеціальні контрольні списки, які враховують вимоги настанови WELMEC для всіх категорій ЗВТ, які включені до Додатків MID [6].

У той же час, використовуючи трансформовану прив'язку до діаграми Ісікави (рис. 6) та запропонований алгоритм оцінювання ПЗ ЗВТ (рис. 7), можна підготувати спеціальні універсальні контрольні списки, які враховують спільні вимоги документа OIML та настанови WELMEC. Це дозволить проводити оцінювання ПЗ практично для всіх категорій ЗВТ.

8. Висновки

1. Проведено аналіз загальних вимог до випробування ПЗ ЗВТ, встановлених у документі OIML та настанові WELMEC. Визначена необхідність врахування вимог цих документів та керівних принципів на національному рівні як спеціальні національні нормативні документи або стандарти для випробування ПЗ ЗВТ. За результатами аналізу побудовані діаграми причинно-наслідкових зв'язків Ісікави та визначені основні фактори щодо підходів у документах OIML та WELMEC стосовно випробування якості ПЗ ЗВТ.

2. Встановлені та досліджені алгоритми здійснення випробувань ПЗ для ЗВТ відповідно до вимог документів міжнародних та регіональних організацій законодавчої метрології OIML та WELMEC. Запропоновано універсальний алгоритм випробування ПЗ для ЗВТ.

3. Досліджена можливість спільного використання вимог документа OIML та настанов WELMEC, для чого розроблена узагальнена діаграма причинно-наслідкових зв'язків Ісікави. Встановлено, що визначені за допомогою діаграми Ісікави основні фактори можуть бути використані для розробки спеціальних контрольних переліків з випробування ПЗ ЗВТ з урахуванням різних класів ризику. Ці спеціальні універсальні контрольні списки враховують спільні вимоги документа OIML та настанови WELMEC й дозволяють оцінити ПЗ практично

всіх категорій ЗВТ. Це дозволить підтвердити автентичність та якість проведених оцінок ПЗ ЗВТ.

Література

1. OIML D 31:2008. General Requirements for Software Controlled Measuring Instruments. OIML. Paris, 2008. 53 p.
2. COOMET R/LM/10:2004. COOMET Recommendation: Software for Measuring Instruments: General Technical Specifications. COOMET. 2004. 10 p.
3. WELMEC 7.1. Informative Document: Development of Software Requirements. URL: http://www.welmec.org/fileadmin/user_files/publications/WG_07/7-1_FRPO.pdf
4. WELMEC 7.2. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC). URL: http://www.welmec.org/fileadmin/user_files/publications/WG_07/Guide_7.2_2015_Software.pdf
5. WELMEC 2.3. Guide for Examining Software (Non-automatic Weighing Instruments). URL: http://www.welmec.org/fileadmin/user_files/publications/2-3.pdf
6. Directive 2014/32/EU on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of measurement instrument (recast), Official J. Europ. Union, L96/149 at 29.2.201. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014L0032>
7. Velichko O. N. Normative base for certification of measurement provision software // Measurement Techniques. 2007. Vol. 50, Issue 4. P. 364–371. doi: 10.1007/s11018-007-0076-5
8. Velychko O., Gordiyenko T. The implementation of general international guides and standards on regional level in the field of metrology // Journal of Physics: Conference Series. 2010. Vol. 238. P. 012044. doi: 10.1088/1742-6596/238/1/012044
9. Velichko O. N. Basic tests, stages, and features in monitoring measuring instrument software // Measurement Techniques. 2009. Vol. 52, Issue 6. P. 566–571. doi: 10.1007/s11018-009-9308-1
10. Velychko O. Using of Validated Software for Uncertainty Analyses Tools in Accredited Laboratories // Key Engineering Materials. 2008. Vol. 381-382. P. 599–602. doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.381-382.599
11. Самошина М. А., Баранов В. А. Методика аттестации программного обеспечения средств измерений // VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» – 2015. 2015. URL: <https://www.scienceforum.ru/2015/pdf/9003.pdf>
12. Achieving Software Security for Measuring Instruments under Legal Control / Peters D., Grottker U., Thiel F., Peter M., Seifert J.-P. // Position Papers of the 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2014. Vol. 3. P. 123–130. doi: 10.15439/2014f460
13. Esche M., Thiel F. Software Risk Assessment for Measuring Instruments in Legal Metrology // Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer

Science and Information Systems. 2015. Vol. 5. P. 1113–1123. doi: 10.15439/2015f127

14. Software risk assessment and evaluation process (SRAEP) using model based approach / Sadiq M., Md. Khalid Imam Rahmani Mohd. Wazih Ahmad, Jung S. // 2010 International Conference on Networking and Information Technology. 2010. doi: 10.1109/icnit.2010.5508535

15. Jacobson J. Validation of software in measuring instruments // Computer Standards & Interfaces. 2006. Vol. 28, Issue 3. P. 277–285. doi: 10.1016/j.csi.2005.07.006

16. Thiel F., Grottker U., Richter D. The challenge for legal metrology of operating systems embedded in measuring instruments // OIML Bull. 2011. Vol. 52, Issue 1. P. 5–14.

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ