

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 006.91:53.089.68

СИСТЕМА СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ АТЕСТАЦІЇ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ

¹Єременко В.С., ¹Мокийчук В.М., ¹Самойліченко О.В., ²Павленко Ж.О.

¹Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Запропонована система статистичної обробки даних, що використовується під час атестації стандартних зразків. В основу роботи системи покладені методи, які дозволяють підвищити точність оцінювання метрологічних характеристик стандартних зразків. Наведено структурну схему системи та опис її програмного забезпечення. Показано, що застосування системи дозволяє автоматизувати обчислення на всіх етапах атестації, підвищити достовірність оцінювання складових від неоднорідності та нестабільності, точність оцінювання розширеної невизначеності.

Ключові слова: система, стандартний зразок, статистична обробка, атестація, характеристика, невизначеність.

Вступ

Опрацювання результатів випробувань, отриманих під час атестації стандартних зразків (СЗ) у вимірювальних та випробувальних лабораторіях, потребує використання апаратних засобів обчислень, які реалізують затверджені методи проведення атестації. Дані до опрацювання надходять у вигляді масивів, які обробляють із застосуванням статистичних процедур, що передбачає наявність спеціальних знань. Створення спеціалізованих програмних продуктів викликане необхідністю опрацьовувати масиви експериментальних даних за умов, коли працівники лабораторії не мають спеціальних знань в сфері математичної статистики та метрології. Застосування таких систем значно полегшує роботу персоналу, дозволяє економити час та ресурси лабораторій.

Постановка задачі

Наразі розроблено декілька програмних продуктів, направлених на автоматизацію опрацювання результатів у сфері метрології, лабораторних вимірювань та випробувань. До них можна віднести автоматизовані системи та програмне забезпечення навчально-консультативного центру «Євроакадемія» м. Київ: автоматизовану систему управління лабораторією «Лабораторія», яка охоплює документообіг, ведення журналів; програмне забезпечення для автоматизації побудови і аналізу карт Шухарта при внутрішньолабораторному забезпеченні якості «Контрольні карти 3.2.»; програмне забезпечення для автоматизації обчислень під час оцінювання придатності (валідації) методів виконання вимірювань «Валідація 1.3»; програмне забезпечення для автоматизації обчислень оцінок невизначеності вимірювань «Невизначеність 1.6», програмне

забезпечення ТОВ «Галич», м. Київ: програма «Сплاین» та «ЛабМенеджер» призначених для практичного використання вимог стандарту ДСТУ ГОСТ ISO 5725 для оцінки якості лабораторних і міжлабораторних вимірювань.

Представлені вище програмні продукти реалізують основні статистичні методи, рекомендовані стандартами. Їх застосування для опрацювання даних атестації СЗ цілком виправдане для тих випадків, коли кількість отриманих даних не менша за рекомендовану стандартами кількість для забезпечення необхідної достовірності результатів. Як відомо [1], для забезпечення єдності випробувань отримувані оцінки повинні бути точними, якість результату випробування має характеризуватися високою достовірністю. Атестацію СЗ зазвичай проводять за допомогою міжлабораторних досліджень, при цьому слід задіяти не менш ніж 10 лабораторій [2], кожна з яких надасть від двох до п'яти результатів випробування (вимірювання) показника складу чи властивості речовини або матеріалу. Отже, до опрацювання надходить вибірка, обсягом від 20 до 50 значень, що не розподілена за гауссівським законом розподілу, однак застосовуються статистичні критерії та методи, достатня потужність та точність яких передбачає обсяги вибірок, більші за 100 значень, та достатню наближеність закону розподілу даних до гауссівського. У зв'язку з цим порушуватиметься одна із важливих складових забезпечення єдності випробувань у вимірювальних та випробувальних лабораторіях. У цій роботі запропоновано варіант системи статистичної обробки даних атестації СЗ, яка дозволяє уникати отримання недостовірних оцінок та реалізує методи, що дозволяють підвищити точність оцінювання метрологічних характеристик СЗ.

Основними метрологічними характеристиками, що визначають під час атестації СЗ, є атестоване значення та його невизначеність, оцінювання яких називають характеристизацією [2]. Іншими важливими характеристиками є складові сумарної невизначеності, обумовлені неоднорідністю та нестабільністю СЗ. Розробці та дослідженню методів підвищення точності оцінювання зазначених метрологічних характеристик присвячені роботи [3 - 5].

Прикладом системи, що дозволяє оцінювати розширену невизначеність, є система, описана в [6]. Вона ґрунтується на застосуванні чисельного методу Монте-Карло. Для випадку атестації СЗ, коли основний вклад у розширену невизначеність вносить складова за типом А, і обсяг досліджуваних даних не перевищує 100 значень (результати міжлабораторної атестації), при цьому не виключені складові за типом В (викликані, наприклад, класом точності засобів вимірювань) використання чисельного методу Монте-Карло можливо лише за точного оцінювання закону розподілу складової, за типом А, проте система [6] не дозволяє це зробити.

У запропонованій системі реалізовано метод оцінювання розширеної невизначеності з використанням нормалізуючого перетворення Джонсона, описаний в [3 - 4]. Метод ґрунтується на оцінюванні квантилів, які визначають інтервал розширеної невизначеності. В роботах [3 - 4] показано високу точність методу для випадку комбінацій складових невизначеності за типом А, В та широкого

класу розподілів, навіть двомодальних. Також в системі реалізовано метод, який дозволяє підвищити точність оцінювання складових невизначеності від неоднорідності та нестабільності внаслідок використання статистичних оцінок потужності статистичних критеріїв, що при цьому використовуються [7].

Досягнуті результати

Система побудована на базі персонального комп'ютера в середовищі розробки лабораторних віртуальних приладів LabVIEW 8.0 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) для виконання програм, створених на графічній вбудованій мові G, яка базується на архітектурі потоку даних. LabVIEW можна використовувати на комп'ютерах з операційними системами Windows, MacOS, Linux, UNIX в системах збору та обробки даних, а також управління технічними об'єктами та технологічними процесами.

Архітектура програмних засобів розробленої системи статистичної обробки даних атестації СЗ представлена на рис. 1.

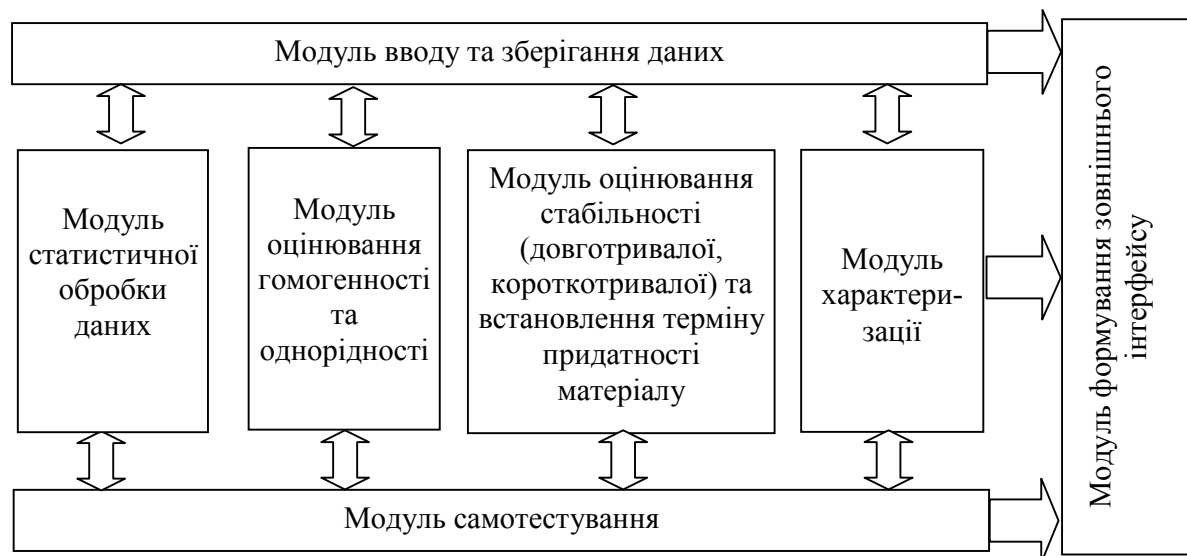


Рис. 1. Архітектура програмних засобів системи обробки даних атестації СЗ.

Опрацювання даних відбувається відповідно до порядку проведення атестації СЗ. Модуль вводу та зберігання даних є підпрограмою, що реалізує зчитування даних з файлів, розміщених на жорсткому диску, інших носіях інформації; введення даних з клавіатури безпосередньо у відповідні розділи інтерфейсу користувача, а також зберігання отриманих результатів. Модуль статистичної обробки даних дозволяє реалізувати наступні етапи первинного опрацювання результатів вимірювань: перевіряти результати спостережень на наявність грубої похибки; розраховувати точкові оцінки характеристик; будувати гістограму; перевіряти розподіл результатів спостережень на відповідність заданому закону розподілу; перевіряти закон розподілу даних на відповідність гауссівському закону.

Модуль оцінювання гомогенності матеріалу та однорідності зразків (рис. 2) є частиною математичного забезпечення системи і складається з підпрограми, що реалізує перевірку однорідності вибірок відносно математичних сподівань та дисперсій за допомогою статистичних критеріїв Фішера, Стьюдента (для встановлення гомогенності матеріалу для формування зразків); підпрограми однофакторного дисперсійного аналізу (для оцінювання однорідності СЗ); підпрограми оцінювання складових невизначеності, обумовлених неоднорідністю. Процедура дисперсійного аналізу, а також критерії Фішера, Стьюдента, реалізовані за допомогою вбудованих блоків LabVIEW. Для реалізації критерію Кохрена, який використовується про перевірку однорідності вибірок, що надходять для проведення дисперсійного аналізу, було розроблено спеціальну підпрограму.

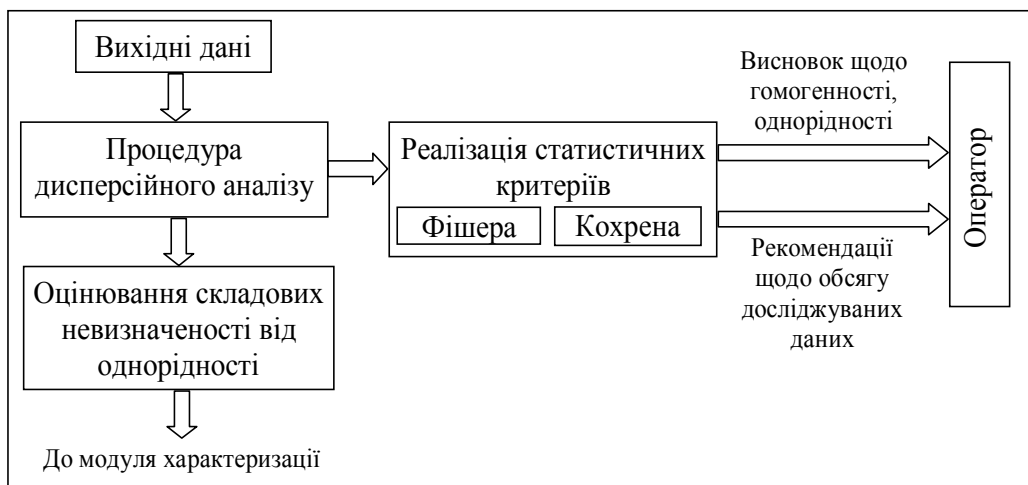


Рис.2. Модуль оцінювання гомогенності та однорідності.

Модуль оцінювання стабільності та встановлення терміну придатності є другою складовою математичного забезпечення системи, його структурна схема представлена на рис. 3.

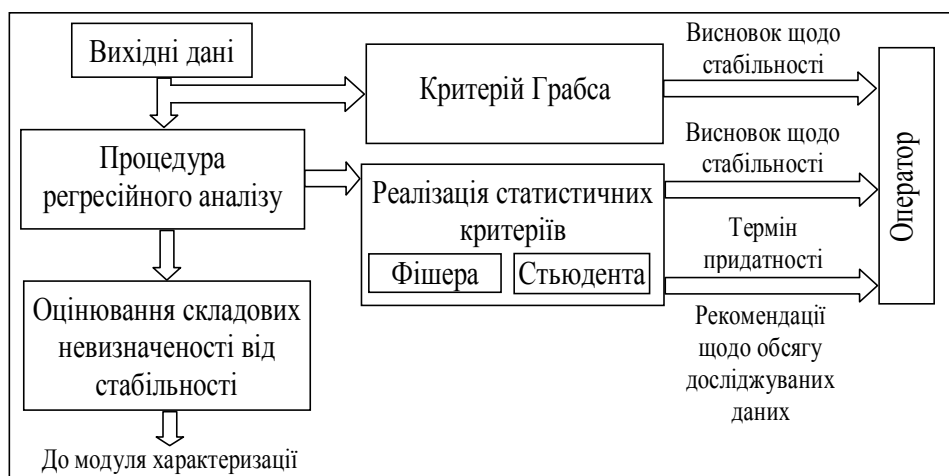


Рис. 3. Модуль оцінювання стабільності та встановлення терміну придатності.

Модуль виконує подальше опрацювання даних за допомогою регресійного аналізу (реалізовано за допомогою вбудованих блоків LabVIEW), а також проводить перевірку статистичної однорідності вибірок відносно математичних сподівань за допомогою критерію Грабса. За допомогою статистичного критерію Стюдента встановлюють статистичну значимість коефіцієнту регресії.

Якщо висновки щодо стабільності матеріалу отримані за допомогою критерію Грабса та регресійного аналізу позитивні, відповідні характеристики надходять до підпрограми оцінювання складових невизначеності, обумовлених нестабільністю. Оператор також отримує інформацію щодо терміну придатності СЗ, обсягу вибірки для забезпечення необхідної достовірності відповідно до підходу, розробленого в [5].

Модуль характеристики є третьою складовою математичного забезпечення системи і реалізує методику оцінювання розширеної невизначеності на основі нормалізуючого перетворення Джонсона [3 - 4] (рис. 4). Характеризація може проводитися паралельно з оцінюванням довготривалої стабільності.

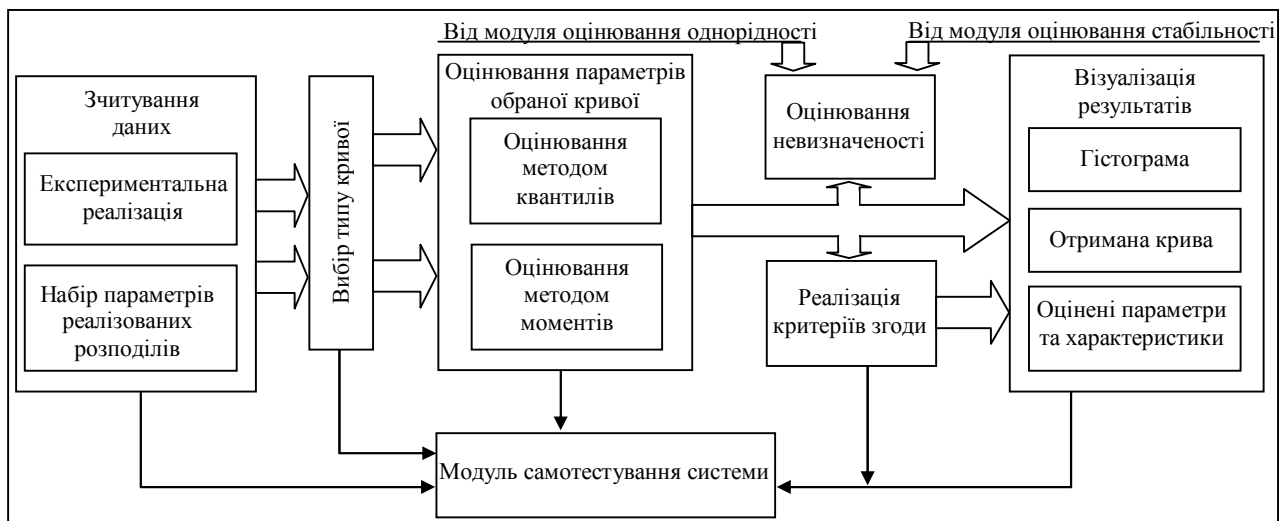


Рис. 4. Модуль характеристики.

Модуль самотестування є важливою складовою системи, що дозволяє проводити тестування та валідацію роботи розробленої системи. Даний модуль може використовуватись для генерування вибірки із заданим законом розподілу для її подальшого застосування під час тестуванні системи.

Зазначений блок також може зберігати еталонну вибірку даних, розбивати генеральну підсукупність на вибірки (якщо цього вимагає поставлена задача дослідження), зберігати значення оцінок всіх параметрів і характеристик (наприклад, обраний тип кривої Джонсона для даної вибірки). В якості еталонної вибірки використовують генеральну підсукупність, обсяг якої розраховується виходячи з бажаної достовірності отримуваних результатів, яку користувач може задавати в ручному режимі. Усі наведені характеристики використовуються в якості еталонних для валідації розробленої системи.

Зовнішній інтерфейс оператора дозволяє візуалізувати результати, отримані на будь-якому з етапів атестації у зручній для користувача формі, обирати довірчу ймовірність відповідно до поставлених задач тощо. Особливістю розробленої автоматизованої системи статистичної обробки даних вимірювального експерименту є те, що вона дозволяє уникати опрацювання результатів, які не відповідають проставленим вимогам достовірності відповідно до затвердженої методики атестації СЗ. Наприклад, якщо матеріал для формування СЗ за результатами опрацювання виявиться негомогенним, вкладки, що реалізують наступні кроки атестації, будуть неактивними. Якщо достовірність отриманих результатів не задовольняє поставленим вимогам, оператор може зупинити подальше опрацювання і прийняти рішення про проведення додаткових випробувань. Рекомендована кількість повторних спостережень розраховується на основі рекомендацій [5]. Завдяки цьому неможливо помилково направити результати атестації СЗ до подальшого опрацювання, а також зводить до мінімуму штучне внесення оператором невідповідних даних до наступного етапу атестації.

Формування інтерфейсу користувача, всіх необхідних органів керування та засобів відображення необхідної інформації виконує відповідний модуль інформаційного забезпечення. За допомогою органів керування користувач може вводити дані (зчитувати файл з робочого жорсткого диску або вводити безпосередньо в таблицю на інтерфейсі користувача (рис. 5)). Відповідно до порядку атестації СЗ на початку проведення атестації активним є лише перше вікно вводу даних «Дані гомогенізації до зберігання матеріалу».

The screenshot displays the 'Результати випробувань' (Test Results) tab of a software interface. It contains five sub-windows for data entry, each with a title, a file path input, a data table, and a date field.

- Дані гомогенізації до зберігання матеріалу** (Data homogenization before storage): File path 'G:\22.02.10gom1.txt', date '22.02.10'. The table contains 15 rows of numerical data.
- Дані гомогенізації після зберігання матеріалу** (Data homogenization after storage): File path 'G:\22.03.10gom2.txt', date '22.03.10'. The table is empty.
- Дані оцінювання однорідності СЗ** (Data evaluation of homogeneity): File path 'G:\23.03.10odn.txt', date '23.03.10'. The table contains 15 rows of numerical data.
- Дані міжлабораторної атестації** (Data for inter-laboratory testing): File path 'G:\18.04.10mejlab.txt', date '22.02.10'. The table contains 15 rows of numerical data.
- Дані оцінювання стабільності та визначення терміну придатності** (Data evaluation of stability and determination of shelf life): File path 'G:\22.02.10-22.08.10stabiln.txt', date '22.02.10 - 22.08.10'. The table contains 15 rows of numerical data.

Рис.5. Інтерфейс користувача. Вкладка «Результати випробувань».

Якщо гомогенність матеріалу встановлена, активним стає вікно вводу даних «Дані гомогенізації після зберігання матеріалу». У випадку, коли матеріал

після зберігання визнаний гомогенним відповідно до затверджених методик атестації, формують СЗ, експериментально отримують показники досліджуваної характеристик матеріалу, а дані вводять до відповідного розділу інтерфейсу, який стає активним. У випадку встановлення однорідності СЗ оператор має можливість вводити дані міжлабораторної атестації (отримані від різних лабораторій, що задіяні в проведенні міжлабораторних порівнянь), а також дані для оцінювання стабільності СЗ та визначення їх терміну придатності. На інтерфейсі відображається дата проведення випробувань, яка відображає дату створення файлів. Результати автоматичного опрацювання введених даних відображаються на наступних вкладках системи (рис.6).

На вкладці «Оцінювання однорідності зразків» також відображаються результати дисперсійного аналізу міжлабораторної атестації СЗ: відсоток однорідності СЗ, відсоток неоднорідності СЗ, розраховане значення статистики критерію Фішера, на основі якого робиться висновок щодо однорідності зразків. Також відображається відсоток однорідності від упаковки до упаковки (оцінене як міжгрупове середнє квадратичне відхилення), ступінь довіри до отриманого результату, та рекомендовану кількість повторних спостережень для досягнення достовірності 0,95. Останніх два результати розраховуються з використанням запропонованого в третьому розділі підходу.

1. Введення даних	2. Гомогенність та стабільн. матеріалу	3. Однорідність зразків	4. Характеризація СЗ (міжлабораторна)	5. Оцінювання стабільн. та терміну придатності
Результати оцінювання гомогенності до зберігання Однорідність, % 83,6 Не однорідність, % 16,4 Критерій Фішера 1,96 Матеріал гомогенний? Так, можна зберігати 1 міс. Достовірність, % 80,6 Рекомендована кількість повторних випробувань 12 Результати оцінювання гомогенності після зберігання Однорідність, % 89,5 Не однорідність, % 11,5 Критерій Фішера 1,86 Матеріал гомогенний? Так, перевірити стабільність. Достовірність, % 80,6 Рекомендована кількість повторних випробувань 12 Результати оцінювання стабільності матеріала Критерій Фішера 1,86 с.к.в. однорідні? Так, перевірте середні Достовірність, % 80,6 Рекомендована кількість повторних випробувань 15 Критерій Стьюдента 1,86 середні однорідні? Так, матеріал стабільний Достовірність, % 95,7 Рекомендована кількість повторних випробувань 15 Матеріал придатний для формування СЗ? Так				

Рис.6. Інтерфейс користувача. Вкладка «Оцінювання гомогенності та стабільності матеріалу».

Результати міжлабораторної атестації, отримані за допомогою запропонованої методики оцінювання, розширеної з використанням нормалізуючого перетворення Джонсона, приведені на вкладці «Характеризація СЗ» (рис.7). На інтерфейсі графічно відображається гістограма, побудована за результатами випробувань, наданих лабораторіями, а також підібрана апроксимуюча крива Джонсона.

При підрахунку розширеної невизначеності опрацьовуються складові від неоднорідності (вкладка «Оцінювання однорідності зразків»), нестабільності (вкладка «Оцінювання стабільності зразків»), а також власне результати, отримані під час характеристики СЗ.

Розширена невизначеність розраховується з використанням нормалізуючого перетворення Джонсона за моментного способу оцінювання параметрів перетворення.

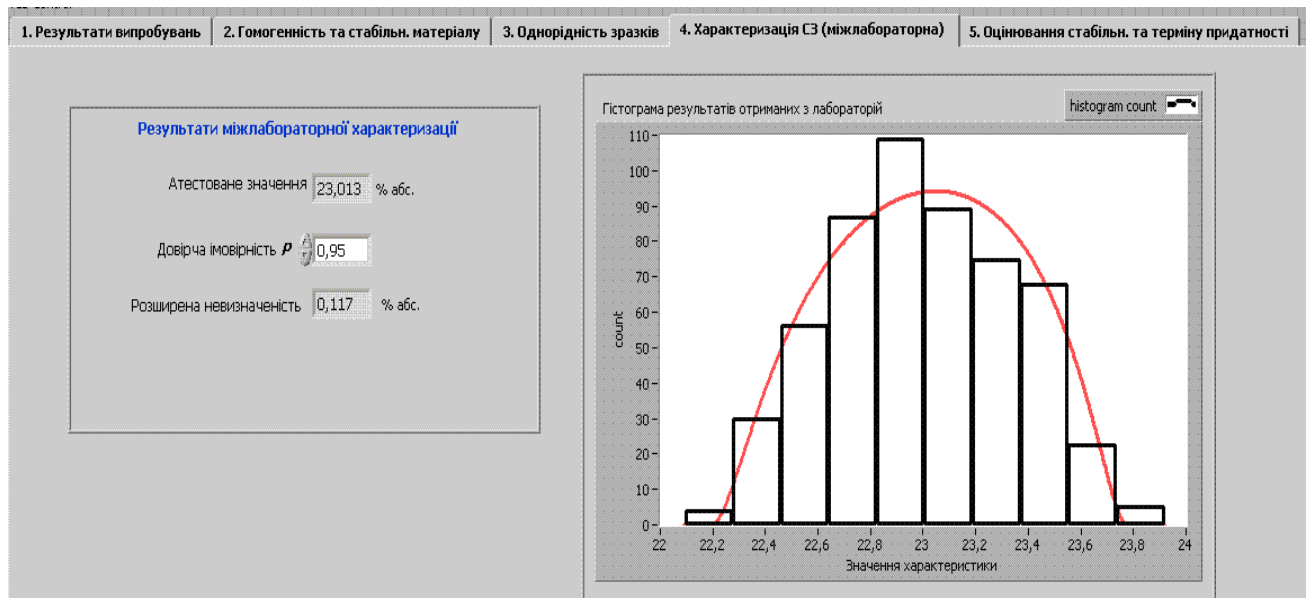


Рис. 7. Вкладка «Характеризація СЗ».

Висновки

Отже, система статистичної обробки даних атестації стандартних зразків вимірювального експерименту є закінченим програмним продуктом, що дозволить у подальшому проводити автоматичну обробку результатів випробувань, отриманих на основних етапах атестації СЗ.

Література

1. Кошечая Л.А. Обеспечение единства испытаний. Концептуальные основы: Монография / Л.А. Кошечая. – К.: НАУ-друк, 2009. – 176 с.
2. Атестація стандартних зразків. Загальні статистичні принципи (ISO GUIDE 35:1989, IDT): ДСТУ-Н ISO GUIDE 35:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держстандарт, 2006. – 64 с. – (Національний стандарт України).
3. Самойліченко О.В. Метод оцінювання розширеної невизначеності результатів вимірювань за допомогою перетворення Джонсона / О.В. Самойліченко, В.С. Єременко, В.М. Мокійчук, Ж.О. Павленко // Вісник нац. техн. ун-ту України «Київський політехнічний інститут». Серія Приладобудування. – 2009. – № 38. – С. 93-101.
4. Єременко В.С. Дослідження перетворення Джонсона для задач підвищення точності метрологічних характеристик стандартних зразків / В.С. Єременко, В.М. Мокійчук, О.В. Самойліченко // Системи обробки інформації. – 2010. – №4 (85). – С. 36-42.
5. Єременко В.С. Достовірність оцінювання складових невизначеності стандартних зразків, обумовлених неоднорідністю та нестабільністю / В.С. Єременко, В.М. Мокійчук, О.В. Самойліченко // Системи обробки інформації. – 2011. – №1 (91). – С.87-90.

6. Новіков В.В. Автоматизация процесса вычисления оценок неопределенности измерений / В.В. Новиков, А.Н. Коцюба // Системи обробки інформації. – 2006. – №7 (56). – С.59-61.
7. Еременко В.С. Определение статистических оценок мощности критериев однородности на выборках малого объема / В.С. Еременко, В.М. Мокийчук, О.В. Самойличенко // Системи обробки інформації. – 2008. – №4 (71). – С. 30-33.

References

1. Koshevaya L.A. Testing assurance. Conceptual fundamentals: Monograph / L.A. Koshevaya. – K.: HAU-print, 2009. – 176 p. [rus]
2. Reference materials -- General and statistical principles for certification (ISO GUIDE 35:1989, IDT): ДСТУ-Н ISO GUIDE 35:2006. – [Approved 2007-10-01]. – K.: Derzhstandart, 2006. – 64 p. – (National standard of Ukraine). [ukr]
3. Samoylichenko O.V. Method of measurement results expanded uncertainty estimation based on Johnson's conversion. / O.V. Samoylichenko, V.S. Yeremenko, V.M. Mokiychuk, Zh. O. Pavlenko // BULLETIN of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Series INSTRUMENT MAKING. – 2009. – N38. – P. 93-101. [ukr]
4. Yeremenko V.S. Johnson transformation researches to increase a reference materials metrological characteristics accuracy / V.S. Yeremenko, O.V. Samoylichenko, V.M. Mokiychuk // Data process systems. – 2010. – №4 (85). – P. 36-42. [ukr]
5. Yeremenko V.S. Reliability of reference standard uncertainty components arise from heterogeneity and instability / V.S. Yeremenko, O.V. Samoylichenko, V.M. Mokiychuk // Data process systems. – 2011. – №1 (91). – С. 87-90. [ukr]
6. Novikov V.V. Process of measurement uncertainty estimation automation / V.V. Novikov, A.N. Kotsiuba // Data process systems. – 2006. – №7 (56). – P. 59-61. [ukr]
7. Yeremenko V.S. Determination of power statistical estimation of homogeneity criteria on small sample size / V.S. Yeremenko, O.V. Samoylichenko, V.M. Mokiychuk // Data process systems. – 2008. – №4 (71). – P. 30-33. [rus]

¹⁾В.С. Еременко, ¹⁾В.М. Мокийчук, ¹⁾О.В. Самойличенко, ²⁾Ж.О. Павленко

¹⁾Национальный авиационный университет; ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

СИСТЕМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АТТЕСТАЦИИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ

Предложена система статистической обработки данных, используемая во время аттестации стандартных образцов. В основу работы системы положены методы, позволяющие повысить точность оценивания метрологических характеристик стандартных образцов. Приведено структурную схему системы и описание ее программного обеспечения. Показано, что использование системы позволяет автоматизировать расчеты на всех этапах аттестации, повысить достоверность оценивания составляющих от неоднородности и нестабильности, точность оценивания расширенной неопределенности.

Ключевые слова: система, стандартный образец, статистическая обработка аттестация, характеристика, неопределенность.

¹⁾V.S. Yremenko, ¹⁾V.M. Mokiychuk, ¹⁾O.V. Samoylichenko, ²⁾G.O. Pavlenko

¹⁾National aviation university, ²⁾National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

STATISTICAL DATA PROCESSING SYSTEM WHILE REFERENCE MATERIAL CERTIFICATION

A system of statistical data processing, used while reference material certification is introduced. System based on methods to increase the accuracy of metrological characteristics estimation. The

block scheme and software specification are given. A system using helps to automate the calculation in all stages of certification, to increase the confidence level of estimation the uncertainty components because of nonhomogeneity and instability, to increase the accuracy of expanded uncertainty estimation.

Keywords: system, reference material, statistical processing, certification, characterization, uncertainly.

*Надійшла до редакції
16 травня 2011 року*

УДК 65.011.56:681.5:621.643.2(045)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Шепель О.Ю.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

У статті наводиться автоматизована система контролю виявлення пошкоджень магістральних трубопроводів. Показано, що автоматизована система контролю внаслідок збереження точної та достовірно отриманої інформації, дозволяє проводити визначення пошкоджень трубопроводної системи порівнянням фактичного стану розрахункового робочого ресурсу. При незначному збільшенні числа зберігаючих даних та даних, що передаються на верхній рівень результатів вимірювання, засіб контролю дозволяє обробляти інформацію з меншими об'ємами пам'яті, та при цьому підвищувати ефективність роботи автоматизованої системи управління процесом.

Ключові слова: автоматизована система, засіб контролю, магістральні трубопроводи.

Постановка проблеми

Однією з найважливіших науково-технічних проблем сьогодення є проблема надійної та ефективної експлуатації конструкцій довготривалого призначення, до яких відносяться, наприклад, нафтогазопроводи. Особливо це є актуальним для трубопроводів, що функціонують у складних природних умовах і важкодоступних місцях: заглиблених у ґрунт, таких, що знаходяться під дном водотоків і водойм, проїжджою частиною шляхів сполучення та в місцях, які представляють собою загрозу для здоров'я і життя людини.

Актуальність розробки засобу контролю в автоматизованій системі дозволить в мінімальний термін виявляти дефекти різноманітного походження, визначити їх характер і розмір, відповідно класифікувати їх за ступенем небезпеки та встановлювати черговість проведення ремонтів. При цьому можна значно скоротити загальні обсяги ремонтних робіт, оскільки ремонти повинні виконуватись вибірково (власне визначеної ділянки) [1].

Стан проблеми

Широкого розповсюдження для вирішення питання діагностування та контролю стану конструкцій трубопроводів набули автоматизована та автономна системи [2, 3]. Це пов'язано з тим фактом, що класичні методи визначення пошко-