

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Бубели Івонни Василівни «Опрацювання результатів вимірювання при відхиленні їх статистичних властивостей від типових», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 - стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Сьогодення наукових чи промислових досліджень в різних галузях науки, техніки чи виробництва зумовлює необхідність вдосконалення методик опрацювання результатів вимірювань, які забезпечать належний рівень якості продукції. Згідно з існуючою нормативною документацією при контрольних вимірюваннях властивостей параметрів певної категорії виробів на відповідність допустимим значенням слід встановлювати не за середніми значеннями, а за екстремальними (максимальними або мінімальними), які в подальшому слід порівнювати із допустимими значеннями. Екстремальні результати характеризуються статистичними властивостями, які істотно відрізняються від типово прийнятих, і тому до них неможливо безпосередньо застосувати типові методики оцінювання їх непевності. Поряд з цим є необхідність врахування, того що у вимірювальній практиці розподіл зареєстрованих спостережень може бути відомим лише наближено, і він може бути комбінацією кількох інших розподілів. Таким чином актуальним є врахування властивостей таких вимірювань, тобто:

- розроблення методики оцінювання непевності результатів вимірювань, якими є екстремальні спостереження, яка забезпечить отримання коректного результату контролю, у якій порівняння з допустимими значеннями виконуватиметься із урахування непевності відповідних екстремальних спостережень;
 - створення простої і надійної методики опрацювання результатів вимірювань з метою визначення найкращих оцінок результатів, які би враховували діапазон можливих відхилень розподілів спостережень від нормального;
- що і є актуальністю дисертаційної роботи, яка стосується технічних наук з аспектом на стандартизацію, сертифікацію та метрологічне забезпечення.

2. Наукова новизна.

Наукова новизна одержаних у дисертаційній роботі результатів полягає у тому, що:

Запропоновано та опрацьовано нову методику оцінювання непевності екстремальних спостережень, яка полягає на попередньому обчисленні теоретичних параметрів першої чи останньої порядкових статистик, а також експериментальних характеристиках зареєстрованих спостережень, та дає можливість встановлювати результат контролю на основі порівняння з допустимим значенням не самих екстремальних значень, які є випадковими величинами, а з урахуванням їх непевності.

Показано, що при невеликій кількості спостережень розширена непевність екстремальних значень вибірок з широкого класу відмінних від нормального розподілів може бути обчислена з використанням коефіцієнта розширення для екстремальних спостережень з нормально розподілених вибірок. Тому ця методика за невеликої кількості спостережень ($n = 5 - 10$) може бути застосована без аналізу розподілу самих спостережень.

Встановлено, що систематичні та випадкові відхилення у результатах вимірювань по різному впливають на непевність екстремальних спостережень, а саме якщо стандартні відхилення цих впливів не перевищують приблизно $1/3$ від стандартного відхилення самих спостережень, то зміну розширеної непевності від цих впливів можна обчислювати за спрощеними виразами, для яких потрібне знання лише стандартних відхилень цих впливів.

Удосконалено метод порядкових статистик у якому запропоновано використати прості залежності для безпосереднього обчислення зразкових спостережень та коваріаційної функції, на основі якого можна визначити найкращі параметри розташування та ширини вибірки випадкових спостережень з апіорі невідомим розподілом, а лише відомим набором можливих розподілів. Модифікований метод порядкових статистик застосовано для опрацювання спостережень з плоско-нормальним розподілом.

3. Практична цінність дисертаційної роботи.

1. Результати, одержані у дисертаційній роботі, дають можливість вдосконалити метрологічне забезпечення контролю якості продукції, для якої критичним параметром є найменше чи найбільше з виміряних значень.

2. Вперше нову методику оцінювання непевності екстремальних спостережень застосовано у експериментальних дослідженнях з контролю параметрів пластмасових виробів.

3. Розроблена нова методика доведена до рівня практичного застосування у формі алгоритму.

4. Одержані результати та запропоновану методику опрацювання результатів вимірювання використано при контролі параметрів (відносного видовження та межі плинності) виробів із пластмаси згідно з договором про науково-технічну співпрацю між ТзОВ «Ельпласт-Львів» і Національним університетом «Львівська політехніка».

5. Розроблено та доведено до рівня практичного застосування спосіб безпосереднього обчислення коваріаційної матриці впорядкованих спостережень, яка необхідна для використання методу порядкових статистик, і який забезпечує підвищення швидкості та точності обчислень необхідних матричних компонентів.

Отримані результати дисертації впроваджені на ТзОВ «Ельпласт-Львів», що засвідчено актом впровадження результатів роботи.

Основні результати роботи використовуються у навчальному процесі для студентів кафедр «Інформаційно-вимірювальні технології» та «Метрологія, стандартизація та сертифікація» Національного університету «Львівська політехніка», зокрема при вивченні дисциплін: «Опрацювання результатів

вимірювання», «Комп'ютерне опрацювання вимірювальної інформації», «Кваліметрія», «Методи та засоби вимірювань, випробувань і контролю», «Опрацювання результатів вимірювань, випробувань та контролю», «Метрологія та інженерія якості продукції» та «Метрологічне забезпечення виробництва».

4. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні теоретичні положення роботи, які захищаються здобувачем *обґрунтовані* та підтверджені коректністю постановки і вирішення завдань дисертаційної роботи з використанням основних положень теорії похибок і непевності результатів вимірювань, теорії ймовірності та математичної статистики, теоретичних основ вимірювальної техніки, які необхідні при дослідженні екстремальних спостережень, спостережень з розподілами, які відрізняються від нормального. При цьому застосовувалися методи опрацювання результатів вимірювань з багаторазовими випадковими спостереженнями, зокрема при дослідженні екстремальних спостережень, а також симуляційний метод Монте-Карло при дослідженні ефективності запропонованих методик оцінювання результату вимірювання та його непевності. Отримані автором наукові результати у відповідності до поставлених задач дослідження є логічними, не суперечать фундаментальним математичним та фізичним закономірностям, повністю відображають отримані автором результати, а також підтверджуються достатньою апробацією основних положень і висновків на конференціях міжнародного рівня.

Достовірність отриманих в роботі положень і наукових результатів підтверджується коректністю застосування припущень і формулювання умов досліджень екстремальних спостережень та спостережень з розподілами, відмінними від нормального. Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами експериментальних досліджень, які проводилися у метрологічній лабораторії ТзОВ «Ельпласт-Львів» із застосуванням сучасних вимірювальних приладів та з використанням стандартних і опрацьованих методик виконання досліджень під час контролю якості пластмасових труб.

5. Структура та обсяг дисертації.

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 127 найменувань та 5 додатків, викладена на 168 сторінках друкованого тексту, у тому числі основний зміст дисертації представлений на 137 сторінках тексту, робота містить 50 рисунків та 25 таблиць.

Структура дисертації підпорядкована розв'язанню поставлених завдань, а її розділи логічно між собою пов'язані.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження. Наведено зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Дана характеристика наукової новизни та практичної цінності

отриманих результатів. Наведені дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів досліджень та публікації щодо роботи.

У першому розділі дисертації здійснений огляд існуючих методів опрацювання результатів вимірювань. На основі проведеного аналізу широко використовуваних методів до опрацювання результатів спостережень встановлено їх основні проблеми, які пов'язані з тим, що існуючі методи дають оптимальні (з погляду мінімального значення стандартної непевності) результати лише при нормальному, або близькому до нормального розподілу спостережень. Зокрема, у вимірювальній практиці результатом вимірювання може бути інший ніж середнє значення параметр вибірки. Тоді цей параметр може мати інший розподіл, ніж нормальний, навіть якщо самі спостереження підпорядковані нормальному розподілу. Виконано огляд поетапного застосування методу порядкових статистик, який забезпечує мінімальну стандартну непевність результату за відомої густини розподілу, що на практиці завжди є можливим та встановлену основну проблему практичної реалізації даного методу. Сформульовано напрями та завдання дослідження, які необхідно вирішити у роботі.

У другому розділі розроблено методикку оцінювання стандартної та розширеної непевності екстремальних (мінімального чи максимального) спостережень, яка базується на властивостях порядкових статистик та дослідження її ефективності метод Монте-Карло. Зокрема, параметри непевності максимального значення (із врахуванням протилежного знаку) можна обчислити так само, як і для мінімального значення, оскільки функція густини розподілу максимального спостереження є симетрична до функції густини розподілу мінімального. На основі обчислених значень коефіцієнтів розширення екстремального (мінімального) спостереження для кількості спостережень від 3 до 10 при нормальному, рівномірному, Лапласа та арксинусоїдному розподілах встановлено, що у випадку відсутності даних про розподіл спостережень за невеликої їх кількості для обчислення розширеної непевності можна використати значення коефіцієнта розширення для нормального розподілу. Досліджено випадкові та систематичні впливи у результатах вимірювань на непевність екстремальних спостережень.

Третій розділ присвячено вдосконаленню методу порядкових статистик для опрацювання спостережень з апріорі невідомим розподілом спостережень, який забезпечує найкращі оцінки параметрів розташування та ширини розкиду. Отримано залежності для наближеного обчислення коваріаційної матриці порядкових статистик, яка є необхідною для реалізації опрацювання спостережень методом порядкових статистик. Досліджено характеристики точності наближеного формування матричних компонентів для методу порядкових статистик. Встановлено що, точність запропонованого методу зростає зі збільшенням кількості спостережень. Крім підвищення точності обчислення запропонований метод забезпечує істотне (приблизно у кількість спостережень) збільшення швидкості обчислень, що є важливим при підготовці матричних компонентів до заздалегідь незаданої кількості спостережень та наперед незаданого набору можливих густин розподілу. Методом Монте-Карло

досліджено ефективність методу порядкових статистик до опрацювання спостережень із наперед невідомим розподілом. Отримано залежності для застосування матричних компонентів порядкових статистик при опрацюванні спостережень з плоско-нормальним розподілом та досліджено ефективність методу порядкових статистик до опрацювання таких спостережень методом Монте-Карло.

У **четвертому розділі** представлено результати апробації, опрацьованої у 2 розділі методики оцінювання непевності екстремальних спостережень стосовно результатів, отриманих під час контролю якості пластмасових труб, що використовуються для будівництва газових та водяних мереж чи інших потреб. Виконано всі необхідні (згідно з нормативних документів) підготовчі операції до виконання досліджень. На підставі метрологічних властивостей використовуваних ЗВТ та результатів вимірювань параметрів досліджуваних лопаток за методом типу В обчислено інструментальну складову непевності контрольованих параметрів лопаток. Методом Монте-Карло перевірено ефективність запропонованого методу та встановлено, що стандартна непевність відносного видовження та межі плинності при розриві пластмасових труб, які розраховані за експериментальними даними, є дуже близькі до результатів за симуляційним ММК. На основі порівняння мінімальних значень відносного видовження та межі плинності з урахуванням їх лівосторонньої непевності з допустимими значеннями встановлено, що пластмасові труби (від ТзОВ «Ельпласт-Львів») у день контролю відповідають нормам і можуть бути використані споживачами.

У **висновках** наведені найбільш важливі наукові та практичні результати, які були отримані при проведених дослідженнях.

Додатки містять: 1) договір про науково-технічну співпрацю; 2) документи, що підтверджують впровадження отриманих результатів дисертаційної роботи; 3) результати виконаних обчислень при дослідженні екстремальних спостережень; 4) результати виконаних обчислень удосконаленим методом порядкових статистик для плоско-нормального розподілу спостережень; 5) характеристики засобів вимірювальної техніки при виконанні експериментальних досліджень пластмасових труб.

6. Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 12 наукових працях, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях України, 4 статті у наукових періодичних виданнях інших держав та 5 праць у матеріалах науково-технічних конференцій, із усіх вказаних друкованих наукових праць 2 публікації знаходяться у виданнях, що включені до науково-метричної бази SCOPUS.

Розглянутий перелік публікацій, їх зміст та обсяг відповідають темі дисертації, у повному обсязі відображають основні положення виконаних досліджень і не суперечать висновкам дисертації.

7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації.

1. В першому розділі наукової роботи проведено аналіз наукової літератури та сформульовано завдання досліджень, але є зауваження:

- відсутні посилання на фундаментальні наукові монографії, пов'язані з теорією порядкових статистик, адже екстремальні спостереження – об'єкт досліджень, наприклад:

- Введение в теорию порядковых статистик. Под ред. А.Я. Боярского.
- А.Н. Ефимов Порядковые статистики – их свойства и приложения.
- Г. Дейвид. Порядковые статистики.

- у переліку літературних джерел достатньо багато посилань на підручники та навчальні посібники.

2. Автор застосовує метод Монте – Карло для генерування різних законів розподілу, і на мій погляд це правильно, але при цьому не приводить недоліки цього методу, що було би доречно. Адже даний метод не являється ідеальним і його ефективність пов'язана з обсягом статистичної інформації.

3. Автор розглядає достатньо різні можливі закони розподілу випадкових величин, але на мій погляд цього не достатньо для застосування малої кількості результатів вимірювань, так як за таких умов необхідно ще мати незміщені та ефективні оцінки параметрів цих законів. У роботі відсутні такі дослідження або посилання на відомі.

4. Виклад наукової новизни отриманих результатів містить забагато пунктів, кількість яких за своєю суттю можна було би зменшити до чотирьох.

5. Зустрічаються неточності у назві однакових рисунків, зокрема рис. 2.9 дисертації і такий самий рис. 2 автореферату.

8. Оцінка мови та стилю дисертації та автореферату. Відповідність дисертацій визначеній спеціальності.

Матеріал дисертації викладно послідовно, стиль викладення чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому відображають суть виконаних досліджень і тісно пов'язані з їх змістом. Публікації автора достатньою мірою висвітлюють наукові положення і результати роботи. Текст автореферату повністю відповідає змісту дисертації.

В цілому дисертація є завершеною науковою роботою, що відповідає паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

9. Висновок про відповідність встановленим вимогам.

Зазначені вище міркування дають можливість стверджувати, що в цілому дисертаційна робота Бубели Іванни Василівни «Опрацювання результатів вимірювання при відхиленні їх статистичних властивостей від типових» є завершеною науково-дослідною роботою, а зроблені зауваження не ставлять під сумнів основні її результати та висновки і не зменшують наукову та практичну цінність.

За актуальністю, науковою новизною, практичним значенням, кількістю і якістю публікацій, дисертаційна робота «Опрацювання результатів

вимірювання при відхиленні їх статистичних властивостей від типових» повністю відповідає спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення та вимогам п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів» (постанова Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 року зі змінами та доповненнями) до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Бубела Іванна Василівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за зазначеною спеціальністю.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації
Української інженерно-педагогічної академії, м. Харків

Доктор технічних наук, професор

Трищ Р.М.



<i>Трищ Р.М.</i>	Завірюю
Інспектор ВК УІПА	<i>[Signature]</i>
_____	дата