

ВІДГУК офіційного опонента

на дисертаційну роботу Бубели Іванни Василівни
«Опрацювання результатів вимірювань при відхиленні їх статистичних
властивостей від типових»,
представлену до захисту на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Обрана тема роботи є достатньо «нетиповою», але приваблює неординарним поглядом на відомий стан речей в оцінюванні результатів вимірювань. Актуальність теми підтверджується відсутністю в Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM – ISO, 1993), рекомендацій щодо оцінювання непевності саме екстремальних значень спостережень, хоча там встановлена така необхідність. У роботі основна увага зосереджена на обробленні вимірювальної інформації, а саме метрологічна складова цього процесу є **актуальною** науковою темою і з успіхом розвинута дисертантом.

Метою роботи «Опрацювання результатів вимірювань при відхиленні їх статистичних властивостей від типових» є вдосконалення та дослідження ефективності методик опрацювання та оцінювання непевності результатів спостережень екстремального порядку стосовно належних до різних законів розподілу або їх комбінації.

Обрання предметом дослідження методів аналізу результатів спостережень показників якості виробів з метою контролю відповідності їх значень до критичних меж, на відміну від встановлення непевності результату вимірювання у довільних межах, поширює застосування розроблених методик і отриманих залежностей для контролю технологічних процесів і, особливо, параметрів безпеки.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків.

У першому розділі автор провела огляд існуючих методик опрацювання результатів спостережень та вимог до них і обмежень, які з них випливають. На підставі визначення основних недоліків розширеного методу порядкових статистик через складність обчислень матричних компонентів та погіршенні точності і тривалості їх обчислень при збільшенні кількості спостережень обґрунтовано застосування методу Монте-Карло для виконання досліджень при різних моделях розподілів з отриманням точних аналітичних залежностей оцінок параметрів розташування і ширини та їх непевності.

Аналіз, виконаний у першому розділі, є підставою для вибору напряму й умов досліджень, а отже, і їх результатів. Перший розділ написаний ґрунтовно і ґрамотно і має важливе методичне значення в даній роботі.

У другому розділі автор зосередила увагу на розробленні методики опрацювання результатів вимірювання з екстремальними значеннями спостережень як з нормальним законом розподілу, так і з іншими, для яких встановлено відхилення коефіцієнта розширення мінімального спостереження від 3 до 14 %. Застосовано метод Монте-Карло для перевірки ефективності оцінювання їх непевності для кількох розподілів спостережень, чим отримано добру збіжність теоретично отриманих результатів для нормального розподілу.

Також виконано теоретичний аналіз і дослідження впливу систематичних і випадкових впливів на параметри результатів спостережень. Встановлено спрощену залежність для отримання розширеної непевності з врахуванням систематичних впливів на результати спостережень.

Усі формули розділу (75), як і в наступних розділах, подані з посиланнями на джерела, за винятком самостійно виведених і застосованих.

У третьому розділі запропоновано розроблення методики застосування наближеного методу порядкових статистик для опрацювання спостережень з апіорі невідомими розподілами. Проведено дослідження її ефективності на прикладі спостережень з плоско-нормальним розподілом.

У результаті отримано залежності для наближеного обчислення коваріаційної матриці порядкових статистик та встановлено вищу точність обчислення їх елементів, яка зростає із збільшенням кількості спостережень, а так само забезпечено істотне скорочення часу обчислень. Досліджено ефективність методу при широкому діапазоні зміни параметру розподілу від нормального до рівномірного закону.

Четвертий розділ є практичним запровадженням розроблених методик покращання метрологічних характеристик для опрацювання результатів спостережень з апробацією на виробничому підприємстві при контролі якості виробів. На основі статистичного опрацювання експериментальних даних обчислено стандартну та розширену непевності відносного видовження та межі плинності пластикових труб, а також їх значення з урахуванням інструментальної складової непевності.

Достовірність наукових результатів даної роботи забезпечується комплексними теоретичними та експериментальними дослідженнями методів аналізу систематичної і випадкової складових інструментальної похибки, використанням атестованого вимірювального обладнання, збіжністю

результатів оцінювання похибки за розробленою математичною моделлю та їх узгодженням з експериментальними даними, отриманими при дослідженні іншими методами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку метрологічного забезпечення методів опрацювання результатів вимірювань. **Уперше** запропоновано методику оцінювання непевності екстремальних результатів спостережень, яка заснована на попередньому обчисленні теоретичних параметрів першої або останньої порядкових статистик, за якою висновок контролю ґрунтується на порівнянні з допустимим значенням екстремальних результатів вимірювань з урахуванням їх непевності (п.1).

За результатами аналізу інструментальної складової непевності **уперше** встановлено різний вплив систематичних та випадкових відхилень на непевність екстремальних спостережень. При цьому визначено межі розміру стандартних відхилень цих впливів, для обчислення яких достатнє їх знання (п.4).

Модифіковано і спрощено (п.5) залежності для безпосереднього обчислення зразкових спостережень та коваріаційної функції, які дозволяють визначити параметри розташування та ширини вибірки з апіорі невідомим розподілом при відомому наборі з кількох можливих розподілів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у вдосконаленні метрологічного забезпечення процесів оцінювання результатів спостережень при контролі якості продукції, для якої критичним є найбільше чи найменше значення параметру. Також покращить практичне застосування запропонованої методики скорочення часу обчислення коваріаційної матриці впорядкованих спостережень у декілька разів. Одночасно це дозволяє підвищити точність інтерпретованого результату при збільшенні кількості спостережень понад 50.

Таким чином, *наукова новизна* роботи ґрунтується на науковому підході до розроблення і впровадження методів і засобів покращання метрологічного забезпечення опрацювання результатів вимірювань.

До роботи можна зробити такі **зауваження**:

1. Стосовно визначення наукової новизни отриманих результатів убачається деяке їх змішування з практичним значенням: у п.2 перша частина є розкриттям зазначеного в п.1 «врахування ймовірнісних властивостей екстремальних спостережень», а друга частина визначає практичне значення у «спрощенні обчислення характеристик...»; також п.п. 3 і 6 мають ознаки більше практичного значення і впровадження запропонованої методики і залежностей та описують умови і параметри

їх застосування.

2. Формули 1.1-1.17 не обов'язкові для відтворення у роботі як загальновідомі.
3. Матеріал глав 2.4 – 2.8 не містить посилань на опубліковані праці.
4. Наявні деякі помилки редагування: у тексті роботи відсутнє посилання на рис. 1.6; у формулі (1.28) не підписано матрицю **A**; на С.36 має бути посилання на рис. 1.8 а не 1.6; на С.103 має бути не рис.3.6, а 3.5 і в занадто дрібному масштабі; у табл. 4.1 значення робочих умов за вологістю для зразків і для машини не відповідають діапазону нормальних умов;
5. У п.4.5.4 вибір нормальної моделі розподілу для оцінювання стандартної непевності обґрунтовано посиланням на попередні дослідження, а у виборі рівномірного розподілу для її оцінювання за методом типу В у п.4.5.2 не зазначено.
6. Наведені у таблицях 4.4 і 4.7 дані експериментальних результатів лише частково співпадають стосовно тих самих позицій (вісім з дванадцяти); що понижує повноту сприйняття послідовності їх опрацювання.

Вказані зауваження не применшують значення роботи, **як закінченого наукового дослідження у галузі розроблення і впровадження методів і засобів покращання метрологічного забезпечення опрацювання результатів вимірювань.**

За результатами виконаної роботи автором опубліковано 12 наукових праць, із яких три у фахових виданнях, що відповідають вимогам АК України, два у виданнях, що входять у міжнародні наукометричні бази. Результати роботи також доповідалися на відомих наукових конференціях. Поданий разом з дисертацією автореферат написаний у відповідності з вимогами МОН України і за змістом ідентичний дисертаційній роботі.

Результати дисертації мають **практичне методологічне значення** у стислому викладенні рекомендацій для вибору кращого з меншою стандартною непевністю результату спостережень. Запропонований модифікований метод порядкових статистик застосований до опрацювання спостережень, які є сумою нормально і рівномірно розподілених спостережень, що забезпечує спрощене і швидше обчислення результату і його непевності разом із зростанням точності при достатній кількості спостережень.

З наукової точки зору ці результати розвивають методологію оцінювання систематичної та випадкової складових інструментальної похибки та оцінювання відповідності до контрольних вимірних показників якості виробів так і технологічних процесів.

Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України. Не зважаючи на ряд вказаних зауважень, дисертація Бубели Іванни Василівни є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що є теоретичним напрацюванням для розвитку метрологічного забезпечення контролю та випробовувань в результаті удосконалення методу опрацювання результатів вимірювань, а застосування отриманих залежностей також дозволить підвищити якість виробів та швидкість отримання інтерпретації результатів контролю якості.

Підсумовуючи вищесказане, вважаю, що за **своїм змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю** дисертаційна робота Бубели Іванни Василівни повністю відповідає вимогам МОН України згідно з п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент

Головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, к.т.н., доцент



Рудик Юрій Іванович

Підпис засвідчую:

Вчений секретар

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
д.с.-г.н., проф.



А. Д. Кузик