

Дослідження за актуальними проблемами АПК

УДК 621.3.088.3

Лебедев С., канд. техн. наук, Коробко А., канд. техн. наук, доц., п. н. с., Козлов Ю., інженер 1-ї категорії
(Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

До питання оцінювання точності вимірювань під час випробувань сільськогосподарських машин

Підвищення точності вимірювань є однією з найважливіших проблем сучасної метрології. Один із шляхів вирішення цієї проблеми – удосконалення методів оброблення і оцінювання точності результатів вимірювань. Розглянуто підходи до оцінювання точності вимірювань під час випробування сільськогосподарських машин. Наведено аналіз вимірювань, які виконуються у випробувальних лабораторіях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філіях. Зроблено порівняльний аналіз підходів до оцінювання точності вимірювань за видами випробувань. Проведений аналіз свідчить про те, що розрахунок невизначеності вимірювання є обов'язковим елементом оцінювання їх точності. Розподіл показників, вимірювання яких проводиться у випробувальних лабораторіях, за методами вимірювання і видами фізичних величин дасть змогу розробити комплект нормативних документів з оцінювання невизначеності вимірювання за кожним показником, враховуючи методи, в яких ці вимірювання здійснюються.

Ключові слова: вимірювання, випробування, невизначеність, похибка, метод вимірювання, метод випробування.

© Лебедев С., Коробко А., Козлов Ю. 2017

Вступ. Вимірювання є невід'ємним елементом у переважній більшості сфер практичної діяльності людини. При цьому достовірність рішень, прийнятих на основі результатів вимірювань, залежить від точності останніх. Підвищення точності метрологічних робіт в умовах ринкової економіки є не стільки технічним, скільки матеріальним фактором. Крім того, точність вимірювань найчастіше визначає рівень матеріальних витрат у виробничих і невиробничих сферах. Саме тому підвищення точності вимірювань є однією з найважливіших проблем сучасної метрології.

У статті наведено порівняльний аналіз підходів до оцінювання точності вимірювань під час випробувань, розглянуто результати узагальнення сфер акредитації випробувальних лабораторій (ВЛ) УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філій за видами випробувань і вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення точності вимірювань є однією з найважливіших проблем сучасної метрології. Один із шляхів вирішення цієї проблеми – удосконалення методів оброблення і оцінювання точності результатів вимірювань. Прийняття Україною міждержавного документа РМГ 43-2001 [1], введення в дію ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 [2], а також підписання Угоди про взаємне визнання (MRA) національних еталонів одиниць і протоколів калібрування і вимірювань, які видаються національними метрологічними інститутами, стало початком законодавчого використання підходу невизначеності (ПН) на території України.

На сьогодні в метрології існують два підходи до оцінювання точності вимірювань: класичний підхід на основі похибки і підхід на основі невизначеності.

В основі класичного підходу лежить поняття істинного значення вимірюваної величини [3]. Підхід на основі невизначеності опирається на результат вимірювання. У цьому сенсі відмінність між похибкою і невизначеністю вимірювань зводиться до відмінності систем координат, щодо яких розглядають істинне значення вимірюваної величини і результат вимірювання.

Найбільш повним документом у цій сфері на сьогоднішній день є «Керівництво з вираження невизначеності вимірювань» (GUM) [4]. Створення GUM було продиктовано гострою практичною необхідністю. Одним з приводів його розробки послужила невідповідність метрологічних характеристик однорідних еталонів різних країн під час міжнародних звірень.

Мета і постановка завдання дослідження. Метою статті є аналіз підходів до оцінювання точності вимірювань.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- зробити порівняльний аналіз підходів до оцінювання точності вимірювань;
- узагальнити сфери акредитації ВЛ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філій за видами випробувань і вимірювань.

Порівняння підходів до оцінювання точності вимірювання. Розглядаючи похибки вимірювань Δ , систему координат прив'язують до істинного значення вимірюваної величини, спостерігаючи розсіювання результату вимірювань.

У цьому випадку вимірювана величина є перемінною і варіація результату вимірювання дорівнює варіації похибки.

Нормативні документи класичного підходу переназначені термінами, що описують характеристики точності і носять як якісний, так і кількісний характер. Частина характеристик класичного підходу фізично неможливо визначити. Тому в класичному підході введено додаткове поняття умовно істинного (дійсного) значення. Похибкою називають відхилення результату вимірювання від істинного значення (величина, яка не може бути визначена).

Термінологічна основа підходу за невизначеністю істотно більш певна і лаконічна. Крім того, класифікація характеристик точності не за характером мінливості (випадкова і систематична), а за способом їх оцінювання (А і В), набагато природніша, оскільки позбавляє від плутанини в оцінюванні випадкової похибки одноразових вимірювань.

Рівняння точності в класичному підході засноване на методі лінеаризації, а в підході за невизначеністю – на законі поширення невизначеності. Обидва рівняння представляють собою перший член у розкладанні в ряд Тейлора модельного рівняння (рівняння вимірювання). Відмінність у рівняннях точності спостерігається під час урахування вищих членів розкладання за використання істотно нелінійних моделей.

У табл. 1 наведено результати аналізування і порівняння підходів до оцінювання точності [1, 3, 5-9].

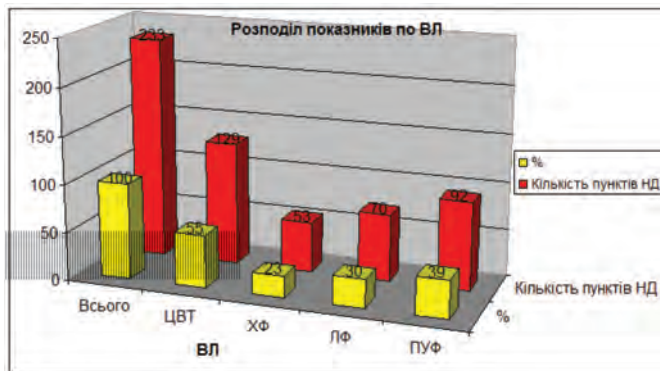
Таблиця 1 – Порівняльний аналіз двох підходів до оцінювання точності

	Класичний підхід	Підхід невизначеності
Постулати	а) існує істинне значення вимірюваної величини y_0 ; б) істинне значення визначити неможливо; в) істинне значення – величина не випадкова	результат вимірювання y – величина не випадкова.
Характеристики точності	якісні	невизначеність
	точність; істинність (правильність); прецизійність	
Характеристики точності	кількісні	стандартна невизначеність типу А; стандартна невизначеність типу В; сумарна стандартна невизначеність (невизначеність вихідної величини) розширена невизначеність
	невизначувані похибка $\Delta = y - y_0$; систематична похибка $\Delta = y - y_0$	
Характеристики точності	Визначаються випадкова похибка: оцінка стандартного відхилення; довірчі межі; невиключена систематична похибка (НСП): межі НСП; СКВ НСП; сумарна похибка: СКВ сумарної похибки; довірчі межі сумарної похибки	
Рівняння точності	метод лінеаризації	закон поширення невизначеності
Підсумовування складових	різними способами для різних видів вимірювань	єдине правило сумування дисперсії і коваріації
Інтервальна оцінка	залежно від способу сумування складових	добуток сумарної невизначеності на коефіцієнт охоплення

Узагальнення сфер акредитації випробувальних лабораторій УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філій

за видами випробувань і вимірювань. Аналіз сфер акредитації ВЛ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філій за видами випробувань і вимірювань показав таке.

Загалом ВЛ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і його філій проводять вимірювання показників за 233 пунктами нормативних документів (НД). При цьому самих нормативних документів – 97. Розподіл кількості вимірюваних показників за лабораторіями показано на рис. 1. Проводячи випробування, використовують міждержавні стандарти, національні, міжнародні (прийняті як національні) і галузеві стандарти. Розподіл стандартів показано на рис. 2.



ЦВТ – центр випробувань техніки; ХФ – Харківська філія; ЛФ – Львівська філія; ПУФ – Південно-Українська філія
Рис. 1 – Розподіл кількості показників за лабораторіями

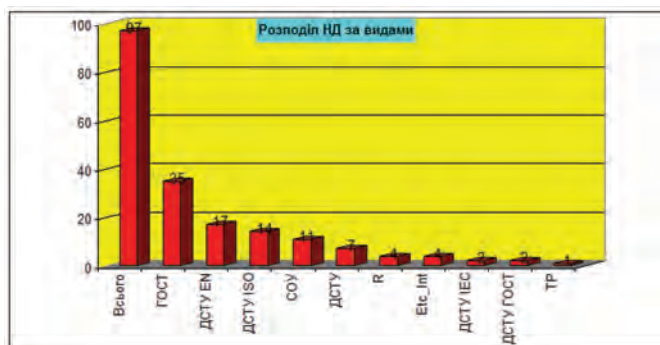


Рис. 2 – Розподіл НД на методи випробувань за видами

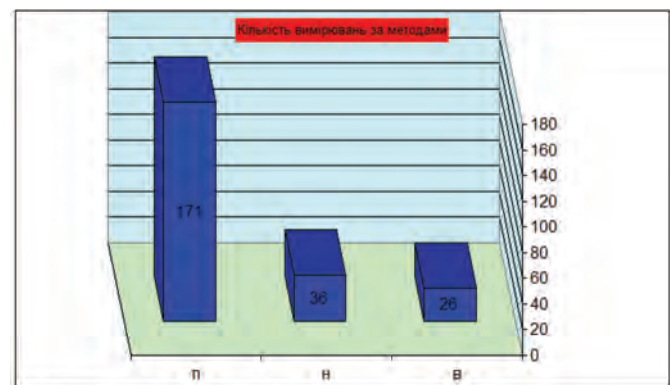
Як видно з рис. 2, більше третини (35 із 97) показників визначаються за методами, встановленими в НД, розробленими до 1992 р. Це досить значний відсоток, враховуючи ту ситуацію, що майже усі ці НД мають бути скасовані впродовж декількох наступних років відповідно до Державної політики в галузі технічного регулювання. Така ситуація склалась через те, що ВЛ проводили роботу з підготовки до акредитації у 2009-2014 роках. На той час ще діяв «Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні».

Усі методи випробувань, якими користуються ВЛ, є стандартизованими, легалізованими (валідованими) і їхня ефективність підтверджена тривалим часом їх використання. Майже 3/4 показників під час випробувань вимірюються прямим методом, тобто не потребують застосування будь-якого обчислення. Це є перевагою методу вимірювання, оскільки забезпечується необхідна похибка результату. Крім цього, усі методи вимірювань, які застосовуються ВЛ, передбачають проведення трьох, а в окремих випадках і п'яти, спостережень. Тому самі методи випробувань

сприяють обґрунтованому встановленню усіх джерел невизначеності, а сам розрахунок невизначеності таких вимірювань не супроводжується складними математичними операціями.

Оцінювання невизначеності вимірювання, яке проводиться непрямыми методами, ускладнене через необхідність розрахунку впливу кожної вхідної величини на сумарну невизначеність і пошук ефективного числа ступенів свободи [4].

Суттєвим недоліком методів випробувань, які регламентовані чинними НД, є відсутність будь-яких вказівок про невизначеність вимірювання. Це дещо ускладнює саму процедуру оцінювання невизначеності. Відповідно до останніх вимог, паспорти ВЛ не містять вказівок про те, яка повинна бути похибка у засобу вимірювальної техніки, а вказується невизначеність його калібрування. Це на початковому етапі може стати перешкодою у виборі засобу вимірювальної техніки. Оскільки незрозуміло, чи відповідає вказаний діапазон невизначеності значенню похибки, яке наведено у паспорті засобу вимірювальної техніки.



п – прямі вимірювання; н – непрямі вимірювання; в – візуальне оцінювання

Рис. 3 – Розподіл вимірювань за методами

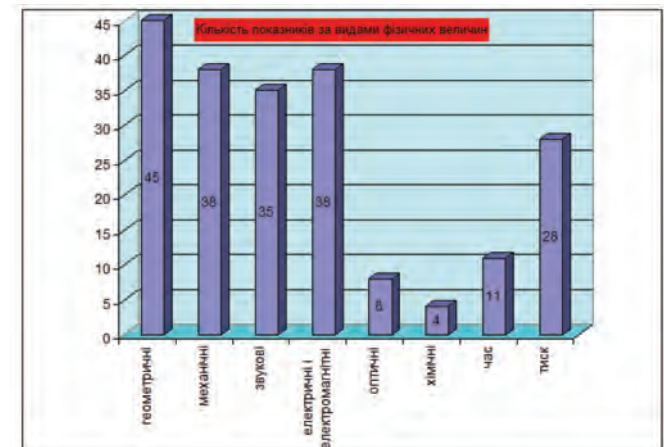


Рис. 4 – Розподіл показників за видами фізичних величин

Висновки. Проведений аналіз свідчить про те, що розрахунок невизначеності вимірювання є обов'язковим елементом оцінювання їх точності. На сьогоднішній день виникають деякі труднощі із суперечливістю вимог методу випробувань і вимог до оцінювання точності вимірювань. Розподіл показників, вимірювання яких проводиться у ВЛ, за методами вимірювання і видами фізичних величин (рис. 3, рис. 4) дасть змогу розробити комплект нормативних документів з оціню-

вання невизначеності вимірювання за кожним показником, враховуючи методи, за якими ці вимірювання виконуються.

Література

1. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений": РМГ 43-2001. – [Дата введения 2003-07-01]. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 43 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – VI, 26 с. – (Національний стандарт України).
3. Захаров И.П. Оценивание точности измерений: состояние, проблемы, перспективы / Захаров И.П. // АСУ и приборы автоматики. – 2005. – Вып. 131. – С. 176-181.
4. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – Geneva: ISO, 1993. – 101 p.
5. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей: МИ 2083-90. ГСИ. – [Введен в действие 1.01.1991 г.]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 9 с. (Методика).
6. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений: ГОСТ 8.207-76. – [Введен в действие 1.01.1978 г.]. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 11 с. (Межгосударственный стандарт).
7. Применение «Руководство по выражению неопределенности измерений»: МИ 2552-99. Рекомендация. ГСИ. – [Введен в действие 1.01.1999 г.]. – С.-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999. – 26 с. (Методика).
8. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»: РМГ 43-2001. ГСИ. – [Введен в действие 1.01.2003 г.]. – Минск: Издательство стандартов, 2003. – 19 с. (Методика).
9. Мачехин Ю.П. Руководство по выражению неопределенности измерения и условия его применения. // 4 Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2004)»: Наукові праці конференції. – Харків: ННЦ

«Інститут метрології», 2004. – Т.І. – С. 73-75.

Аннотация. Повышение точности измерений является одной из важнейших проблем современной метрологии. Один из путей решения этой проблемы - совершенствование методов обработки и оценки точности результатов измерений. Рассмотрены подходы к оценке точности измерений при испытаниях сельскохозяйственных машин. Приведен анализ измерений, выполняемых в испытательных лабораториях УкрНДИПВТ им. Л. Погорелого и его филиалах. Сделан сравнительный анализ подходов к оценке точности измерений по видам испытаний. Проведенный анализ свидетельствует о том, что расчет неопределенности измерения является обязательным элементом оценки их точности. Распределение показателей, измерение которых проводится в испытательных лабораториях, по методам измерения и видам физических величин позволит разработать комплект нормативных документов по оценке неопределенности измерения по каждому показателю, учитывая методы, в которых эти измерения осуществляются.

Summary. Increasing the accuracy of measurements is one of the most important problems of modern metrology. One way to solve this problem is to improve the methods of processing and to evaluate the accuracy of the measurement results. Approaches to estimation of accuracy of measurements at tests of agricultural machines are considered. The analysis of measurements carried out in test laboratories of UkrNDIPVT L. Pogorilyy and his branches. The comparative analysis of approaches to the estimation of accuracy of measurements by types of tests is made. The analysis carried out shows that the calculation of measurement uncertainty is an indispensable element in assessing their accuracy. The distribution of indicators measured in the testing laboratories by measurement methods and types of physical variables will allow the development of a set of normative documents for estimating the uncertainty of measurement for each indicator, taking into account the methods in which these measurements are carried out. When testing agricultural machines, approaches to estimating the accuracy of measurements are considered. The measurements analysis results carried out in testing laboratories of L. Pogorilyy UkrNDIPVT and its branches are cited.

Стаття надійшла до редакції 10 серпня 2017 р.