

Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

## **НОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ**

*В статті запропоновано метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань, з урахуванням допуску на похибку і невизначеність вимірювання. Суть методики заключається в попередньому розрахунку значень невизначеності і похибки, що виникають при вимірюванні, проведення попередньої серії вимірювання, встановлення точнісних характеристик попередньої серії, визначення необхідної кількості вимірювань для основної серії, встановлення нормативних і допустимих значень.*

**Ключові слова:** *нормування показника, попередня серія вимірювань, основна серія вимірювань, допустиме значення, метод випробування, невизначеність вимірювання, похибка вимірювання, допустимий інтервал.*

**Постановка проблеми.** Однією з основних (першочергових) задач в умовах технічного регулювання є розробка нових (сучасних) методів випробувань. Ця умова витікає із умов науково-технічного прогресу та сучасного розвитку техніки і засобів контролю її технічного стану. Існуючі методи випробувань є надійними. Проте, в деяких випадках, застосовувані засоби вимірювальної техніки, випробувальне устаткування і сама методика випробувань не відповідають об'єкту випробувань. Тому особливу увагу необхідно приділяти розробці нових методів і методик, а також питанням нормування визначуваних показників, тобто встановлення їхніх номінальних значень, а також метрологічного допуску на ці значення.

В статті запропоновано метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань, з урахуванням метрологічного допуску на похибку і невизначеність вимірювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При розробці нових методів випробувань і, відповідно, розробці нових показників ефективності, за якими буде оцінюватись фактичний стан об'єктів випробувань, постає питання встановлення інтервалу значень в якому значення показника, що контролюється буде відповідати певному рівню [1]. Ця задача стає актуальною, оскільки усі вимірювання супроводжуються певними похибками і невизначеністю.

З введенням в дію Технічного регламенту [2] постало питання розробки нових методів випробувань машин, а також розробки прискорених методів випробування (діагностування) які дозволять без втручання у конструкцію машини дати попередній висновок про технічний стан її вузлів і надати рекомендації про направлення машини на подальше конкретне обстеження. Крім цього, в галузі випробувань набувають популярності так звані «фокус-тести». Це випробування по визначенню конкретного показника (погодженого із замовником), з метою висвітлення споживчих якостей машини або її безпечності. Актуальність цього напрямку розвитку випробувань підтверджується і Тематичним планом науково-випробувальних робіт Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого «Наукові засади розвитку технічної політики та модернізації агропромислового комплексу України в умовах Євроінтеграції» на 2017-2019 роки, затвердженим Міністерством аграрної політики України. Слід зауважити, що фокус-тести, здебільшого, проводяться за незастандартизованими методами і методиками.

На сьогоднішній день перспективним напрямком розвитку випробувань машин є метод парціальних прискорень [3]. Цей метод відносно простий у використанні і базується на принципах кінемодинаміки. Крім цього реалізація методу парціальних прискорень проводиться із використанням сучасних засобів вимірювальної техніки на основі MEMS-технологій [4].

У відомій літературі питанням нормування показників при розробці нових методів випробувань приділено мало уваги. Основна увага приділялась питання підвищення точності вимірювань при діагностуванні і випробуванні уже відомими методами [5, 6]. Також значна увага приділена конструюванню випробувального устаткування, на основі існуючих методів випробувань.

**Виділення невирішеної проблеми.** Об'єктивна кількісна оцінка технічного стану

об'єкту випробувань за поточними значеннями контрольованих параметрів може бути отримана в тому випадку, якщо правильно і обґрунтовано встановлені їхні номінальні і допустимі значення. Метод парціальних прискорень [3] є дієвим інструментом у розвитку нових методів динамічних випробувань мобільних машин (автомобілів і тракторів). Не вирішеними залишаються питання встановлення нормативних значень показників, які визначаються при випробуваннях і встановлення метрологічного допуску на ці значення з урахуванням похибки і невизначеності вимірювання. Крім цього окремого вирішення потребує питання встановлення граничних значень запропонованих показників.

**Мета і постановка задач дослідження.** Метою дослідження є розробка методу встановлення нормативних значень показників при розробці нових методів випробувань і метрологічного допуску на їх величину з урахування похибки і невизначеності вимірювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити алгоритм нормування показника і встановлення метрологічного допуску на його величину з урахуванням похибки і невизначеності вимірювання.

**Результати дослідження. Алгоритм встановлення нормативного значення показника і метрологічного допуску.** Експлуатація мобільних машин в різних галузях супроводжується високими затратами на підтримання їх працездатного стану протягом усього терміну служби. Для підвищення ефективності використання мобільних машин розроблені методи і засоби випробувань, які застосовують як при технічному обслуговуванні і після ремонту, так і в якості самостійного технологічного процесу при підтвердженні відповідності.

Важливим етапом розробки системи підтвердження відповідності шляхом випробувань є обґрунтування і визначення нормативних значень показників технічного стану машини в цілому і її окремих елементів, що забезпечують постановку діагнозу технічного стану. До нормативних значень відносять номінальні, граничні і допустимі значення [7]. Номінальні значення [7] відповідають новим, технічно-справним машинам, агрегатам, вузлам, елементам. Граничне значення параметра [7] відповідає такому стану, коли подальша експлуатація стає технічно неможливою або економічно недоцільною. Допустимі значення [7] являють собою граничне значення, при якому забезпечується заданий або економічно оптимальний рівень ймовірності відмови за міжконтрольного напрацювання. Номінальні і граничні значення структурних параметрів елементів машин встановлюються виробниками в галузевій нормативній документації.

Кожне вимірювання супроводжується певною похибкою і невизначеністю. Причини їх виникнення достатньо добре описані у відомій літературі. Невизначеність вимірювання – це параметр вимірювання, характеризує інтервал значень вимірюваного показника, які обґрунтовано можуть, з певною ймовірністю, можуть бути приписані вимірюваній величині [8] (рис. 1). При встановленні нормативного значення показника, необхідно жадати, щоб невизначеність була якнайменшою. Проте, в силу дію випадкових об'єктивних і суб'єктивних причин, невизначеність завжди залишається. Суб'єктивною основною причиною невизначеності (розкиду виміряних значень від досліду до досліду), при проведенні випробувань є «випробувач». Тобто людина, що проводить випробування із своїми індивідуальними фізіологічними можливостями і досвідом при приведенні в дію органів керування машини. Менш впливовим фактором на невизначеність при динамічних випробуваннях мобільних машин є дорога або фон на яких проводяться випробування та стан коліс машини. Обґрунтувати вимоги до дороги і коліс можливо, проте незавжди можливо забезпечити повну відтворюваність цих вимог.

Введемо поняття – метрологічний допуск – це інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню.

Алгоритм встановлення нормативного значення показника і метрологічного допуску на його визначення наступний:

- обґрунтування методу і методики його реалізації;
- попередня серія вимірювань: експериментальне встановлення попередніх даних про точнісні характеристики методу (невизначеність вимірювання, оцінка результату вимірювання і її похибка, середньоквадратичне відхилення результату вимірювання і його похибка, коефіцієнт варіації) шляхом проведення серії попередніх випробувань за розробленою методикою, аналітичне визначення необхідного числа вимірювань для встановлення нормативного значення із заданою невизначеністю;

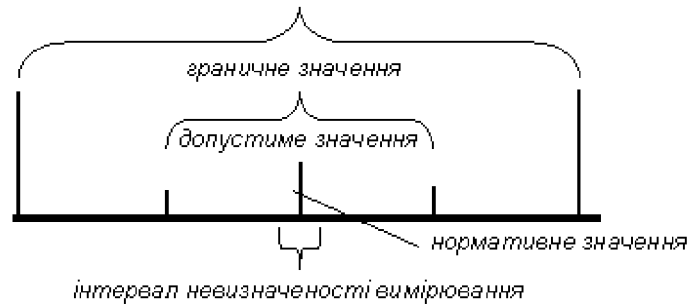


Рис. 1. Невизначеність вимірювання і значення контролюючого показника

– основна серія вимірювань: експериментально-аналітичне визначення нормативного значення показника, визначення метрологічного допуску на контрольований показник;

– коригування (за необхідності) вимог до методу випробувань в частині похибки (невизначеності) засобу вимірювальної техніки. Що використовується при випробуваннях.

**Обґрунтування методу і методики його реалізації.** Обґрунтування методу випробувань і методики його здійснення проводиться шляхом наукових досліджень і аналізування закономірностей зміни технічного стану за досліджуванним параметром. На цьому етапі встановлюється рівняння вимірювання, залежність зміни вихідної величини від зміни вхідної. Проводяться аналітичні розрахунки з використанням теорії чутливості [9]. На основі цих розрахунків встановлюються орієнтовні значення довірчого інтервалу і невизначеності вимірювання.

**Попередня серія вимірювань.** Попередня серія вимірювань проводиться з метою встановлення попередніх даних про метод, його чутливість до випадкових впливаючих факторів. Дані про точнісні характеристики методу визначаються шляхом проведення серії випробувань за розробленою методикою. Випробування проводяться на технічно-справному (новому) об'єкті, що підтверджено результатами випробувань іншими (стандартизованими) методами. На цьому етапі нормування, в наявності у випробувача є лише дані про похибку засобу вимірювальної техніки, яким проводиться вимірювання, або про невизначеність його калібрування.

Попередня серія вимірювання складається з одного або декількох етапів. На кожному етапі отримується певна група даних. Кількість вимірювань на першому етапі залежить від кількості перемінних факторів, що призводять до випадкової похибки вимірювання, які можна врахувати. Орієнтовно на першому етапі проводиться 10-20 вимірювань. Результати вимірювання перевіряються на наявність викидів [10]. Критерієм придатності попередньої серії є виконання умови, за якої похибка середньоарифметичного значення показника повинна бути меншою систематичної похибки вимірювання  $\Delta_c$

$$\Delta \bar{x}_{i1} < \Delta_c . \quad (1)$$

де [8]

$$\Delta \bar{x}_{i1} = \pm t \frac{\sigma_{i1}}{\sqrt{n_{i1}}} , \quad (2)$$

$t$  – коефіцієнт Стьюдента, що залежить від числа вимірювань при довірчій ймовірності  $P=0,95$ ;  $\sigma_{i1}$ ,  $n_{i1}$  – середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань і число вимірювань в попередній серії на першому етапі, відповідно.

Умова (1) буде виконана, якщо  $\Delta \bar{x}_{i1} = 1/3 \Delta_c$  [11]. У разі невиконання умови (1), необхідно здійснити ще один етап вимірювань в кількості  $n_{i2}=10-20$ . Провести розрахунки по (1) і (2) з урахуванням вимірювань першої групи. Такий критерій допустимий, оскільки в результаті вимірювання контрольованого параметра об'єкта випробувань переважає випадкова похибка.

На наступному етапі проводяться розрахунки коефіцієнту варіації  $v_n$  [12] та розширеної невизначеності  $U_n$  [8]. Коефіцієнт варіації використовується в якості додаткової перевірки. Його значення не повинно перевищувати 15 %. У разі перевищення коефіцієнтом варіації допустимого значення, проводять нові вимірювання попередньої серії випробувань.

У разі виконання умови (1) та відповідності коефіцієнту варіації  $v_n$ , робиться висновок про те, що запропонований метод випробувань є дієвим і дає надійні результати.

**Основна серія вимірювань.** Нормативне значення показника, розраховане за попередньою серією вимірювань, з однаковою ймовірністю може знаходитись в інтервалі  $\pm U_n$ . При номінальному значенні нормованого показника, формулювання висновку про рівень

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

об'єкту випробувань не викликає ніяких труднощів. Проте, із наближенням його значення до допустимого або граничного значення, виникають певні труднощі із формулюванням висновку. Для звуження інтервалу, в якому може знаходитись нормативне значення показника необхідно провести основну серію вимірювань.

Кількість вимірювань  $n_0$  в основній серії визначається виходячи із значень середньоквадратичного відхилення і коефіцієнту варіації при довірчій ймовірності  $P=0,99$  (таке посилення вимог до точності дає змогу звужити інтервал у якому буде знаходитись нормативне значення показника).

Визначимо із (2) необхідну кількість вимірювань основної серії:

$$n_i = \frac{t^2 \sigma_i^2}{\Delta \bar{x}_i^2}, \quad (3)$$

де  $\sigma_i$ ,  $\Delta \bar{x}_i$  – середньоквадратичне відхилення і похибка визначення середнього значення показника у попередній серії вимірювань, відповідно.

Провівши основну серію вимірювань в кількості  $n_0$ , результати перевіряються на наявність викидів [10]. Потім розраховується розширена невизначеність вимірювання основної серії  $U_0$  [8].

Метрологічний допуск на контрольований параметр доцільно встановити в межах  $\pm 2U_0$ , але не більше ніж  $\pm U_n$ . Це забезпечить врахування невизначеності від факторів, що змінюються від досліду до досліду. При реалізації нового методу, невизначеність вимірювання не повинна перевищувати  $U_0$ .

**Коригування вимог до методу випробувань** проводиться за необхідності. Наприклад, якщо в результаті вимірювання показника даним засобом вимірювальної техніки не може бути отримане значення невизначеності  $U_0$ , то необхідно обґрунтувати вибір нового засобу вимірювальної техніки з меншим значенням систематичної похибки, що в свою чергу зменшить невизначеність вимірювання типу В і, як наслідок, зменшить значення розширеної невизначеності [8].

За результатами нормування складається звіт.

**Висновки.** Розроблений метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань базується на використанні похибок і невизначеності вимірювання. Введено поняття метрологічного допуску, суть якого інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню. Окремого дослідження потребують питання обґрунтування взаємозв'язку точності і невизначеності вимірювання та фактичних числових значень результатів вимірювання та обґрунтування показників валідації методу.

### Інформаційні джерела

1. Bolychevtsev A. D. Some methodological aspects of the problem of increasing the quality of technical supervision / A. D. Bolychevtsev, L. A. Bolychevtseva // Measurement Techniques. –2006. – № 11. – Р 1079-1084.
2. Постанова КМУ Про затвердження Технічного регламенту щодо складових частин і характеристик сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів від 28.12.2011 № 1368.
3. Метод парциальных ускорений и его приложение в динамике мобильных машин / [Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С. Полянский и др.]. – Х.: «Міськдрук», 2012. – 220 с.
4. Коробко А. І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» / А. І. Коробко. – Харків, 2013. – 20 с.
5. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобиля / А.Г. Сергеев. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.
6. Сергеев А. Г. Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта / А. Г. Сергеев. – М. : Транспорт, 1988. – 247 с.
7. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов / под общ. ред. В. М. Михлина. – М. : Колос, 1978. – 287 с.
8. Захаров И. П. Неопределенность измерений. Для чайников и... начальников. Учебное пособие. Издание 3-е переработанное и дополненное / И. П. Захаров. – Харьков : ФЛП Андреев К. В., 2015. – 51 с.

9. Томович Р. Общая теория чувствительности / Р. Томович, М. Вукобратович. [Пер. с сербск. и англ., под ред. Ципкина Я. З.]. – М. : Изд-во «Советское радио», 1972. – 240 с.
10. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення: ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1:2005 (ГОСТ ISO 5725-1:2003, IDT). — [Чинний від 2006-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2005. — VIII, 29 с. — (Національний стандарт України).
11. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения : ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 — [Чинний від 2008-10-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — 18 с. — (Державний стандарт України).
12. Вентцель Е. В. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. / Вентцель Е. В., Овчарова Л. А. – М. : 2000. – 383 с.

**Коробко А.И., к.т.н.**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; Харьковский филиал Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого

#### **НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ**

*В статье предложен метод установления нормативных (номинальных) значений показателей при разработке новых методов испытаний, с учетом допуска на погрешность неопределенность измерения. Суть метода заключается в предварительном расчете значений неопределенности и погрешности, возникающих при измерении, проведении предварительной серии измерений, установления точностных характеристик предварительной серии, определения необходимого количества измерений для основной серии, установления нормативных и допустимых значений.*

**Ключевые слова:** *нормирование показателя, предварительная серия измерений, основная серия измерений, допустимое значение, метод испытаний, неопределенность измерения, погрешность измерения, допустимый интервал.*

**Korobko A., Ph. D., Associate Professor**

Kharkiv national automobile and highway University; "Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production" Kharkiv branch

#### **RATIONING OF INDICATORS IN THE FORMULATION NEW TEST METHODS**

*The article proposed a method of establishing normative and acceptable standard values of indicators in the development of new test methods. The method consists in the preliminary calculation of the uncertainty values and the uncertainty in the measurement, the preliminary measurement series, the establishment of precision characteristics of the pre-series, determining the required number of measurements for the main series, the establishment of regulatory and acceptable values.*

**Keywords:** *rationing indicator, a preliminary series of measurements, the main series of measurements, the valid value, test method, the uncertainty of the measurement, the error of measurement, the valid interval.*