

© О. Ф. Волков, канд. техн. наук, доцент, завідувач відділу нормативного забезпечення та управління якістю ВЦ (ВЗЯ),  
e-mail: ovolkov@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0003-4863-3643;  
© Н. О. Науменко, заступник завідувача ВЗЯ,  
e-mail: nnaumenko@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0002-3856-2645  
(ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут")

© А. Ф. Волков, канд. техн. наук, доцент, заведуючий відделом нормативного обеспечення и управления качеством ИЦ (ООК),  
e-mail: ovolkov@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0003-4863-3643;  
© Н. О. Науменко, заместитель заведующего ООК,  
e-mail: nnaumenko@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0002-3856-2645  
(ГП "Государственный автотранспортный научно-исследовательский и проектный институт")

© Oleksandr Volkov, Ph.D., Associate Professor, Head of Department of Regulatory Support and Quality Management of TC (DSQ),  
e-mail: ovolkov@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0003-4863-3643;  
© Nila Naumenko, Deputy Head DSQ,  
e-mail: nnaumenko@insat.org.ua,  
ORCID: 0000-0002-3856-2645  
(State Enterprise "State Road Transport Research Institute")

# МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ РЕКОМЕНДАЦІЙ ILAC-G8:09/2019

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ ILAC-G8:09/2019

### METHOD OF CALCULATING UNCERTAINTY OF MEASUREMENT TAKING INTO ACCOUNT RECOMMENDATIONS ILAC-G8:09/2019

**Анотація.** Розроблено методику і програмний продукт для розрахунку непевності вимірювання, а також правила прийняття органами з оцінки відповідності рішень і висновків щодо відповідності об'єктів оцінки відповідності вимогам, регламентованим нормативними документами, що дозволяє органам з оцінки відповідності проводити необхідні розрахунки невизначеності вимірювання та усувати проблемні питання, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог нормативних документів.

**Ключові слова:** непевність вимірювання, стандартна, сумарна, розширена невизначеності, розрахунок, правило прийняття рішення.

**Аннотація.** Разработаны методика и программный продукт для расчета неопределенности измерения, а также правила принятия органами по оценке соответствия решений и выводов относительно соответствия объектов оценки соответствия требованиям, регламентированным нормативными документами, что позволяет органам по оценке соответствия проводить необходимые расчеты неопределенности измерения и устранять проблемные вопросы, возникающие при оценке соответствия вследствие разногласий требований нормативных документов.

**Ключевые слова:** неопределенность измерения, стандартная, суммарная, расширенная неопределенности, расчет, правило принятия решения.

**Abstract.** It is developed a methodology and software product for calculating measurement uncertainty, as well as rules for conformity assessment bodies on making decisions and conclusions concerning compliance of conformity assessment objects with the requirements stated by the regulation, which enables the conformity assessment bodies to perform necessary calculations of measurement uncertainty and eliminate problematic issues which arise during the conformity assessment due to disparity in the requirements of regulatory documents.

**Keywords:** measuring uncertainty, standard vagueness, total vagueness, extended vagueness, calculation, decision-making rule.

## Вступ

У роботі проаналізовано проблеми суттєвих розбіжностей між вимогами нормативних документів (далі – НД), які регламентують діяльність органів з оцінки відповідності (далі – ООВ), та рекомендаціями ІЛАС-G8:09/2019 щодо правил прийняття ООВ рішень з урахуванням невизначеності (непевності) вимірювання (далі – НВ) засобами вимірювальної техніки (далі – ЗВТ) та випробувальним устаткуванням із вимірювальними функціями (далі – ВУ), а також розглянуто на прикладі ООВ ДП "ДержавтотрансНДІпроект" застосування розроблених авторським колективом методики і програмного продукту для розрахунку НВ та правил прийняття ООВ рішень і висновків щодо відповідності об'єктів оцінки відповідності вимогам, регламентованим НД, що дозволяє ООВ проводити необхідні розрахунки НВ та усувати проблемні питання, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог НД.

## Постановка проблеми

Випробувальний центр колісних транспортних засобів ДП "ДержавтотрансНДІпроект" (далі – ВЦ КТЗ) є нотифікованою за "Угодою про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів" технічною службою України (Е46/В), діяльність якого у частині вимог до акредитації ООВ регламентує ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1].

Діяльність Органу з інспектування ДП "ДержавтотрансНДІпроект" (далі – ІО) у частині вимог до акредитації ООВ регламентує акредитованого згідно з вимогами ДСТУ EN ISO/IEC 17020 [2]. Для національних стандартів [1, 2] далі застосовано скорочення **Нда**.

Для НД з вимогами до методів випробування/інспектування колісних транспортних засобів, їхніх складових частин та обладнання (далі – КТЗ) зі сфер акредитації ВЦ КТЗ/ІО [3...8] і ще понад 100 Правил ООН, Директив та Регламентів ЄС, інших технічних регламентів та національних стандартів (ДСТУ) далі застосовано скорочення **НДв**.

Для НД, які визначають вимоги до точності вимірювання [9...15] із використанням ЗВТ/ВУ, далі застосовано скорочення **НДн**.

Проблема полягає в тому, що Нда, НДв та НДн мають значних відмінностей вимог до не-

певності вимірювання (похибки/невизначеності), а Нда та НДв взагалі не містять вимог та рекомендацій щодо оцінювання НВ. Усі ці НД, окрім ІЛАС-G8:09/2019 [16], не містять вимог та рекомендацій щодо опрацювання із замовником можливих правил прийняття рішень для вибору одного з них, визначення рівня ризику, пов'язаного з висновком щодо відповідності об'єкта оцінювання. Певні відмінності вимог зазначених НД проаналізовано нижче.

## Метою роботи є:

– аналізування розбіжностей між вимогами НД (Нда, НДв та НДн), які регламентують діяльність ООВ, та рекомендаціями ІЛАС-G8:09/2019 стосовно правил прийняття ООВ рішень щодо відповідності об'єктів оцінювання з урахуванням НВ, отриманих із використанням ЗВТ/ВУ;

– розроблення методики розрахунку НВ та правил прийняття ООВ рішень і висновків щодо відповідності об'єкта оцінки відповідності вимогам, регламентованим НД, що дозволяє ООВ проводити необхідні розрахунки НВ та ризику прийняття хибного рішення;

– на основі вище зазначеної методики розроблення вдосконаленого програмного продукту для практичного розрахунку НВ за недостатності вхідної інформації для кожного із 5 встановлених у методиці видів правил прийняття рішень щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД та розрахунку ризику прийняття ООВ хибного рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання за обраним замовником правилом прийняття рішення;

– усунення проблемних питань, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог НД, завдяки запровадженню розроблених авторським колективом методики розрахунку НВ, правил прийняття ООВ рішень щодо відповідності об'єкта оцінки відповідності, а також удосконаленого програмного продукту для практичного розрахунку НВ та ризику прийняття ООВ хибного рішення.

## Основна частина

### 1. Правила прийняття рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання

1.1 ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1] у пункті 3.7 визначає правило прийняття рішення як "правило, що описує, як ураховують непевність вимірів, роблячи висновок щодо відповідності установленим вимогам", пункт 7.1.3 вимагає: "Правило прийняття рішення повинно бути чітко визначене, повідомлене та узгоджене із замовни-

ком", а пункт 7.8.6.1 – "Коли надають висновок щодо відповідності, необхідно задокументувати застосоване правило прийняття рішення, що враховує рівень ризику".

**1.2.** Інші НДа, НДв, НДн, окрім ІЛАС-G8:09/2019 [16], взагалі не згадують правила прийняття рішення та не містять можливих видів правил прийняття рішень і ризиків, пов'язаних із висновком щодо відповідності об'єктів оцінювання.

**1.3.** Однак ІЛАС-G8:09/2019 [16] містить лише три види правил прийняття рішення з урахуванням НВ із рекомендаціями щодо визначення та встановлення запобіжних інтервалів для двох видів цих правил і визначає ризик, що ґрунтується на вимірюванні одного об'єкта як конкретний (Specific Risk), деякі величини якого надані в табличній формі, але відсутня методика розрахунку конкретного ризику для реального одноразового вимірювання.

**1.4.** До розробленої авторським колективом методики, призначеної для ВЦ КТЗ/ІО, включено, враховуючи рекомендації ІЛАС-G8:09/2019, п'ять видів правил прийняття рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання, яким надані порядкові номери, та передбачено для кожного з цих видів розрахунок конкретного ризику прийняття ООВ хибного рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД (див. 4).

**1.5. ПРАВИЛО 1.** Просте, бінарне правило (просте прийняття).

ІЛАС-G8:09/2019 не містить цього правила, але постійно застосовується у діяльності ВЦ КТЗ/ІО як складова цієї методики.

За одноразового чи кількарізного вимірювання (відповідно до вимог, установлених у відповідному НД на метод випробування/інспектування) виміряну величину зазначають у тих самих одиницях, що й межу прийнятності (граничне нормативне значення, встановлене у цьому НД), непевність вимірів – похибкою ЗВТ/ВУ, ризик прийняття хибного рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання не визначають, але за потреби, наприклад на вимогу замовника, може бути розрахований за методикою ВЦ КТЗ/ІО, а висновки щодо відповідності/невідповідності об'єкта оцінювання в такому разі надаватимуть так:

"Відповідає" – виміряне значення перебуває в межах прийнятності;

"Не відповідає" – виміряне значення перебуває поза межами прийнятності.

**1.6. ПРАВИЛО 2.** Бінарне правило з НВ, обчисленою за методикою ВЦ КТЗ/ІО.

ІЛАС-G8:09/2019 не містить цього правила, але за потреби, наприклад, на вимогу замовни-

ка, може бути застосована, оскільки методика ВЦ КТЗ/ІО забезпечує таку можливість.

Відрізняється від Правила 1 тим, що за одноразового вимірювання за методикою ВЦ КТЗ/ІО непевність вимірів розраховують і подають як НВ (див. 3) та ризик прийняття хибного рішення обчислюють і подають як конкретний ризик (див. 4.2).

**1.7. ПРАВИЛО 3.** Бінарне правило з НВ, обчисленою згідно з НДн.

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ІЛАС-G8:09/2019 (приклад 1), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні  $< 50\%$ , а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик розраховують (див. 4.3). Висновки щодо відповідності бінарні – "Відповідає", "Не відповідає".

**1.8. ПРАВИЛО 4.** Небінарне правило з НВ згідно з НДн і запобіжним інтервалом  $U$ ,

де:  $U$  – розширена невизначеність вимірів, обчислена згідно з НДн (див. 3.7).

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ІЛАС-G8:09/2019 (приклад 2), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні  $< 2,5\%$ , а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик із запобіжним інтервалом  $U$  розраховують (див. 4.4).

Висновки щодо відповідності багатоваріантні – "Відповідає", "Умовно відповідає", "Умовно не відповідає", "Не відповідає".

**1.9. ПРАВИЛО 5.** Бінарне правило з НВ згідно з НДн і запобіжним інтервалом  $W$

де:  $W$  – запобіжний інтервал, обчислений за формулою ІЛАС-G8:09/2019 (приклад 3).

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ІЛАС-G8:09/2019 (приклад 3), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні  $\geq 2,0\%$ , а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик із запобіжним інтервалом  $W$  розраховують (див. 4.5).

Висновки щодо відповідності бінарні – "Відповідає", "Не відповідає".

## **2. Процедура узгодження із замовником правила прийняття рішення**

**2.1.** НДа, НДв та НДн взагалі не містять посилань на правила прийняття рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання та на процедуру його узгодження із замовником, лише у пункті 7.1.3 [1] зазначена вимога: "Правило прийняття рішення повинно бути чітко визначено, повідомлене та узгоджене із замовником".

2.2. На виконання вимог пункту 7.1.3 ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1], згідно з рекомендаціями ІЛАС-G8:09/2019 [4], у ВЦ КТЗ/ІО замовників інформують оголошеннями (див. **рис.1**), які розміщені на сайті підприємства та у приміщеннях будівлі підприємства.

#### ПРАВИЛА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

Випробувальний центр колісних транспортних засобів (далі – ВЦ) та Орган з інспектування (далі – ІО) ДП "ДержавтотрансНДІпроект" працюють у законодавчо регульованій сфері. Нормативні документи на методи випробовування чи інспектування об'єктів (далі – НД), що зазначені у сферах акредитації ВЦ та ІО, не мають окремих розділів щодо правил прийняття рішення.

Враховуючи рекомендації ІЛАС-G8:09/2019, у ВЦ та ІО застосовують **просте (бінарне) правило прийняття рішення** і висновків щодо відповідності об'єктів вимогам, встановленим у НД, а саме вимірюючи величину зазначають у тих самих одиницях, що й межу прийнятності (граничне нормативне значення, встановлене у відповідному НД), а висновки щодо відповідності надають так:

"Відповідає" – вимірне значення перебуває в межах прийнятності;

"Не відповідає" – вимірне значення перебуває поза межами прийнятності.

На вимогу замовника може бути обрано **правило прийняття рішення з розрахунком непевності (невизначеності) вимірювання** (далі – **правило НВ**).

У такому разі замовник має опрацювати з підрозділом, який надає йому послугу, питання щодо:

- вибору та узгодження **правила НВ**;
- підписання та оплати договору, у який буде внесено вказане замовником **правило НВ**.

*Примітка.* У разі застосування **правила НВ** стандартну вартість робіт буде збільшено згідно з нормами, які діють у ДП "ДержавтотрансНДІпроект".

**Рис. 1.** Оголошення щодо правил прийняття рішення для замовників ВЦ КТЗ/ІО

2.3. Далі у ВЦ КТЗ/ІО діють за такою процедурою:

а) замовників ознайомлюють із записом, наприклад, "З простим (бінарним) правилом прийняття рішення (відповідає/не відповідає) ознайомлений і згоден з його застосуванням" або "З непростим правилом прийняття рішення (відповідає/умовно відповідає/умовно не відповідає/не відповідає) із запобіжним інтервалом у розраховану розширену невизначеність вимірювання, ознайомлений і згоден з його застосуванням" чи іншим текстом, який чітко визначає прийняте для замовника правило прийняття рішення із ПРАВИЛ 1...5 (див. 1);

б) одержують письмову згоду замовника (підпис на заяві чи договорі або іншому документі, примірник що залишається у підрозділі ВЦ КТЗ/ІО, який надає послугу з випробовування/інспектування і визначає відповідність об'єкта оцінювання вимогам НД.

#### 3. Розрахунок невизначеності вимірювання

3.1. Для оцінювання і розрахунку НВ у ВЦ КТЗ/ІО застосовують розроблену авторським колективом методикою, в основу якої покладені рекомендації ІЛАС-G8:09 та положення НДн, зокрема ДСТУ-Н РМГ 43, а проблемні чи не охоплені цими НД питання вирішені на підставі набутого у сталій практиці досвіду ВЦ КТЗ/ІО.

3.2. За цією методикою авторами розроблено програмний продукт на базі стандартної програми Microsoft Office Excel (далі – ппН), який автоматизує проведення розрахунків та автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою формою.

3.3. Особливості методики та програмного продукту ппН викладені нижче.

#### 3.4. Оцінювання стандартної невизначеності за типом А

Для оцінювання стандартної невизначеності  $u_A$  за типом А, якщо виконані багаторазові вимірювання фізичної величини  $X$ , застосовують формулу 5 із ДСТУ-Н РМГ 43 (1):

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (1)$$

де:

$x_i$  – кожен  $i$ -й результат, отриманий під час вимірювання;

$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  – середнє арифметичне результатів вимірювання;

$n$  – кількість проведених вимірювань.

У разі одноразового вимірювання фізичної величини  $X$  відмова від розрахунку невизначеності за типом А буде втрачена і не використана інформація про результат  $x_1$ .

Тому за розробленою методикою ВЦ КТЗ/ІО результат одноразового вимірювання  $x_1$  не відкидають, а доповнюють двома числами – збільшеним ( $x_1 + U_n$ ) та зменшеним ( $x_1 - U_n$ ) на величину  $U_n$ , яка є відомою і зазначена компетентною метрологічною організацією у свідоцтві про калібрування, як розширена НВ використаного для цього вимірювання ЗВТ/ВУ. Далі  $u_A$  розраховують за формулою 5 із ДСТУ-Н РМГ 43.

### 3.5. Оцінювання стандартної невизначеності за типом В

Більшість вимірювань, які здійснюються у ВЦ КТЗ/ІО за вимогами НДв, є одноразовими. Навіть за багаторазових вимірювань їх число зазвичай є відносно невеликим, тому стандартну невизначеність  $u_A$  не вважають надійною та обов'язково доповнюють стандартною невизначеністю  $u_B$  за типом В, яку оцінюють ймовірнісними методами аналізу результату вимірювання.

Термін "стандартна невизначеність" стосується лише окремих джерел невизначеності, які здійснюють внесок в повну невизначеність результату вимірювання.

Для оцінювання стандартної невизначеності  $u_B$  за типом В зазвичай необхідні дані щодо:

- закону розподілу вірогідностей значень вимірюваної фізичної величини  $X$ ;
- граничних меж (верхньої та нижньої) розподілу можливих значень цієї величини;
- попередніх вимірювань цієї та інших величин, що входять у рівняння вимірювання;
- особливості дії та роботи ЗВТ/ВУ за документами виробника і практичним досвідом;
- невизначеність  $U_n$ , яка зазначена у свідоцтві про калібрування відповідного ЗВТ/ВУ;
- невизначеності констант, коефіцієнтів, поправок, довідкових та інших даних.

Встановлення виду реального закону розподілу вимірюваного параметра вимагає значних затрат часу та матеріальних ресурсів, і не завжди це є можливим через певні причини.

Тому за методикою ВЦ КТЗ/ІО для розрахунку стандартної невизначеності  $u_B$  приймають "найгірший" щодо точності вимірювання рівномірний закон розподілу і розраховують  $u_B$  за формулою 7 ДСТУ-Н РМГ 43 (2), тобто свідомо занижують точність вимірювання, оскільки це зменшує ризик хибного прийняття рішення порівняно з її завищенням.

$$u_B = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Величину  $b$  формують з урахуванням числового значення  $U_n$  (розширена НВ вимірювання зі свідоцтва про калібрування цього ЗВТ/ВУ) та складності рівняння вимірювання. Чим більше число складових  $\epsilon$  у рівнянні вимірювання, тим більший приймають цей коефіцієнт від 1,1 до 1,5. У ппН величина  $b$  внесена у випадне меню, з якого під час розрахунку  $u_B$  вибирають числове значення  $b$  із ряду:  $1,0U_n$ ;  $1,1U_n$ ;  $1,2U_n$ ;  $1,3U_n$ ;  $1,4U_n$ ;  $1,5U_n$ .

Для прямого вимірювання, наприклад,  $L = L$  або в разі замовчування ппН автоматично бере для розрахунків  $b = 1,0U_n$ .

### 3.6. Оцінювання сумарної стандартної невизначеності $u_C$

Після визначення числових значень  $u_A$  та  $u_B$  для прямого вимірювання і некорельованих оцінок за методикою ВЦ КТЗ/ІО розраховують сумарну стандартну невизначеність  $u_C$ , якщо відомі коефіцієнти вагомості за формулою 9 ДСТУ-Н РМГ 43, якщо не відомі – за В.15 (3):

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot u^2(x_i)} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

де:

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$  – коефіцієнт вагомості вимірюваної величини.

У разі опосередкованого вимірювання та корельованих вхідних величин за методикою ВЦ КТЗ/ІО  $u_C$  розраховують, якщо відомі коефіцієнти вагомості та кореляції  $r(x_i, x_j)$  за формулою 10, якщо не відомі – формулу В.15 ДСТУ-Н РМГ 43 доповнюють коефіцієнтом  $I$  (4):

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot u^2(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot r(x_i, x_j) \cdot u(x_i) \cdot u(x_j)} = \sqrt{I \cdot (u_A^2 + u_B^2)} \quad (4)$$

де:

$I$  – коефіцієнт, який враховує наявність та кількість взаємно корельованих величин і вплив на вимірювану величину  $X$  інших параметрів, що входять у рівняння вимірювання.

У ппН величина  $I$  внесена у випадне меню, із якого під час розрахунку  $u_C$  вибирають числове значення  $I$  із ряду: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5. Вибір  $I$  здійснюють, спираючись на набутий практичний досвід проведення такого виду вимірювання із застосуванням певного ЗВТ/ВУ. Зазвичай чим складніше рівняння вимірювання та чим більше число взаємно корельованих величин у цьому рівнянні, тим більшим беруть значення  $I$ .

Числове значення показника  $I$  враховує вплив усіх без винятку компонентів і параметрів, незалежно від їхнього походження і розмірності, на сумарну стандартну невизначеність  $u_C$ .

За некорельованих вхідних величин та в разі замовчування ппН автоматично приймає для розрахунків  $I = 1,0$ .

Сумарну стандартну невизначеність  $u_c$  розраховують для прямого вимірювання і некорельованих оцінок, якщо відомі коефіцієнти вагомості за формулою 9, якщо не відомі – за формулою 10 або спрощено за формулою В.15 ДСТУ-Н РМГ 43.

### 3.7. Оцінювання розширеної невизначеності $U$

Розширена невизначеність  $U$  – величина, що визначає інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого ймовірно перебуває більша частина розподілу значень, які можуть бути приписані вимірюваній величині. Величина розширеної невизначеності  $U$  (ширина інтервалу) залежить від вибраного під час розрахунку рівня довіри  $p$ , який менший за одиницю або дорівнює їй.

За методикою ВЦ КТЗ/ІО розраховують розширену невизначеність  $U$  за формулою В.18 ДСТУ-Н РМГ 43 (5).

$$U = k u_c \quad (5)$$

де:

$k$  – коефіцієнт охоплення, величина якого залежить від необхідної довірчої вірогідності (рівня довіри)  $p$  та закону розподілу можливих значень вимірюваної величини  $X$ .

За методикою ВЦ КТЗ/ІО для розрахунку приймають "найгірший" щодо точності вимірювання рівномірний закон розподілу, тобто свідомо знижують точність вимірювання, оскільки це зменшує ризик хибного прийняття рішення.

У ппН величина  $k$  внесена у випадне меню, з якого, під час розрахунку  $U$ , може бути вибрана з **табл. 1** необхідна довірча вірогідність  $p$  та відповідне числове значення  $k$ . У разі замовчуванням ппН автоматично приймає для розрахунків  $k = 1,65$  для вірогідності  $p \approx 0,95$

### 4. Розрахунок ризиків, пов'язаних із невизначеністю вимірювання

**4.1.** Настанова ІЛАС-G8:09/2019 не надає чітких рекомендацій щодо розрахунку конкретного ризику і не містить опису особливостей ПРАВИЛ 1...2, лише у розділі 5 надано орієнтовні величини ризику прийняття рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання для ПРАВИЛ 3...5.

**4.2.** За методикою ВЦ КТЗ/ІО програмний продукт ппН використовує обчислену розширену невизначеність  $U$  (див. 3.7) для ПРАВИЛ 2...5 у розрахунках числа конкретного ризику  $R$  та для визначення запобіжних інтервалів для ПРАВИЛ 4...5.

**4.3.** Для ПРАВИЛ 2 та 3, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН обчислює:

а) за формулами 6 відстань (інтервал) до нижньої  $A_H$  та верхньої  $A_B$  меж прийнятності і вибирає з цих двох чисел мінімальне  $A_{min}$ , а показник рівня ризику  $J$  (кількість кроків до межі) знаходить за формулою 7:

$$A_H = TL_n - (x_1 + U) \text{ та } A_B = TL_v - (x_1 + U) \quad (6)$$

де:

$TL_n$  та  $TL_v$  – числове значення відповідно нижньої та верхньої меж прийнятності (граничних нормативних значень вимірюваного параметра, встановленого у відповідному НДв на цей вид випробовування/інспектування);

$x_1$  – результат одноразового вимірювання або середньоарифметичне багаторазових вимірювань фізичної величини  $X$ ;

$U$  – розширена НВ, визначена безпосередньо для цього вимірювання.

**Примітка.** Якщо в НД не встановлені межі прийнятності, наприклад, визначення витрати палива КТЗ за Правилами ООН № 101, ппН дозволяє встановити діапазон, який обґрунтовано може бути приписаний вимірюваній величині, з урахуванням розсіяння значень витрати палива КТЗ за довірчої вірогідності  $p$  та обчисленої  $U$ .

б) за формулою 7 розраховує показник рівня ризику  $J$ , який є фактичною кількістю кроків розміром в обчислену розширену НВ  $U$  до найближчої межі прийнятності  $A_{min}$ :

$$J = A_{min} / U \quad (7)$$

в) за обчисленим числом показника рівня ризику  $J$  із **табл. 2** ппН самостійно вибирає і запам'ятовує значення конкретного ризику  $R$  та очікувану кількість можливих виходів зі 100 спроб результатів вимірювання  $N$  за допустимі межі, тобто ймовірне число одержання негативних результатів вимірювання оцінюваного параметра.

**Примітка.** Числові значення **табл. 2** ураховують рекомендації та дані, які надано у ІЛАС-G8:09/2019.

Таблиця 1

Рівномірний закон розподілу випадкової величини

Довірча вірогідність, $p$	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,999
Квантилі розподілення Стьюдента, $k$	1,39	1,65	1,69	1,71	2,33	2,91

г) на завершення дій ппН автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою для ПРАВИЛ 2...3 формою, до якого вносить вхідні та обчислені дані ( $u_A, u_B, u_C, U, N, R$ ) та застосоване правило прийняття рішення і висновок (див. 1.7) щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НДв.

**4.4.** Для ПРАВИЛА 4, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН виконує таке:

а) обчислює та вибирає  $A_{min}$  згідно з процедурою, зазначеною у 4.3 а);

б) за формулою 8 розраховує для ПРАВИЛА 4 показник рівня ризику  $J_4$  із запобіжним інтервалом, рекомендованим у ІЛАС-G8:09/2019:

$$J_4 = A_{min} - U \quad (8)$$

в) якщо розрахований показник  $J_4$  менший за 1, тобто ризик прийняття хибного рішення перевищує 2,5 %, ппН формує негативний протокол оцінювання НВ, у якому зазначено, що вимога ПРАВИЛА 4 не виконана;

г) у разі, якщо розрахований показник  $J_4 \geq 1$ , тобто ризик хибного рішення  $\leq 2,5\%$ , далі ппН виконує дії, зазначені у 4.3 в) з використанням даних табл. 2 та автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою для ПРАВИЛА 4 формою з позитивним висновком.

**4.5.** Для ПРАВИЛА 5, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН виконує таке:

а) обчислює та вибирає  $A_{min}$  згідно з процедурою, зазначеною у 4.3 а);

б) за формулою 9 розраховує для ПРАВИЛА 5 показник рівня ризику  $J_5$  із запобіжним інтервалом, рекомендованим у ІЛАС-G8:09/2019:

$$J_5 = \sqrt{A_{min}^2 - U^2} \quad (9)$$

в) подальші дії ппН виконує аналогічно до 4.4 в) та 4.4 г), але з урахуванням вимог ПРАВИЛА 5, тобто ризик прийняття хибного рішення має бути  $\leq 2,5\%$ .

## Основні результати та висновки

1. Розроблена авторським колективом оригінальна методика, яку запроваджують у ВЦ КТЗ/ІО, дозволяє практично вирішувати такі проблемні питання:

а) враховує положення ІЛАС-G8:09/2019, встановлює п'ять видів правил прийняття рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД, містить процедуру погодження із замовником вибраного ним правила прийняття рішення, забезпечує надійне оцінювання НВ за одноразового вимірювання чи відсутності необхідної вхідної інформації та забезпечує розрахунок конкретного ризику прийняття хибного рішення;

б) не відкидає, а використовує відомий результат одноразового вимірювання для визначення невизначеності за типом А і подальшого розрахунку розширеної НВ  $U$ ;

в) спрощує обчислення та забезпечує коректне оцінювання НВ за типом В, оскільки не потребує приведення різних розмірностей до безрозмірних величин через відносну НВ, а зміна числових значень  $b$  дозволяє врахувати складність застосованого рівняння вимірювання;

г) виключає складне, часом практично неможливе, визначення числових значень дисперсії, коефіцієнтів (вагомості, кореляції, коваріації, охоплення) вхідних величин у рівнянні вимірювання, інших оцінених чи не оцінених параметрів, та спрощує обчислення сумарної  $u_C$  і розширеної невизначеності  $U$  шляхом вибору і застосування коефіцієнтів  $I$  та  $k$ ;

д) містить показник рівня ризику  $J$ , на підставі якого розраховують величину конкретного ризику  $R$  прийняття рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання за результатами проведеного вимірювання та визначають очікувану кількість можливих виходів результатів вимірювань із 100 спроб за межу прийнятності  $N$ .

**5.1.** На основі створеної методики авторами розроблено оригінальний програмний продукт ппН, який забезпечує:

а) моделювання і розрахунок числових значень невизначеностей  $u_A, u_B, u_C, U$  для багаторазових та одноразових вимірювань;

Таблиця 2

### Конкретний ризик $R$ та число негативних результатів вимірювання $N$ (зі 100 спроб)

Показник рівня ризику, $J$	- 0,5	0	0,5	0,83	1	1,5	$3 \geq$
Очікувані виходи за межі, $N$	98	50	10	5	2,5	0,15	0,01
Конкретний ризик, $R$ , %	$\leq 100$	$\leq 50$	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 2,5$	$\leq 0,15$	$\leq 0,01$

б) обчислення показника рівня ризику  $J$  і на його базі розраховує величину конкретного ризику  $R$  прийняття хибного рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД;

в) автоматично формує і вносить до протоколу певної форми оцінювання НВ розрахункові формули, всі вхідні та обчислені дані, а саме  $u_A$ ,  $u_B$ ,  $u_C$ ,  $U$ , очікувану кількість можливих виходів результатів вимірювань зі 100 спроб за межу прийнятності  $N$ , конкретний ризик  $R$  та застосоване правило прийняття рішення з висновком щодо відповідності/невідповідності об'єкта вимогам НД.

### Література

1. ДСТУ EN ISO/IEC 17020:2019 (EN ISO/IEC 17020:2012, IDT; ISO/IEC 17020:2012, IDT) Оцінка відповідності. Вимоги до роботи різних типів органів з інспектування. [Чинний від 2021-01-01]. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2020. 14 с. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=89192](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89192).
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT) Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. [Чинний від 2021-01-01]. Київ: ТОВ Видавництво "Форт", 2020. 24 с. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=88724](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=88724).
3. Правила ООН № 13 Єдинообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf>.
4. Правила ООН № 48 Єдинообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении установки устройств освещения и световой сигнализации. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R048r6r.pdf>.
5. Правила ООН № 67 Єдинообразные предписания, касающиеся: I. Официального утверждения специального оборудования механических транспортных средств, двигатели которых работают на сжиженном нефтяном газе; II. Официального утверждения транспортного средства, оснащенного специальным оборудованием для использования сжиженного нефтяного газа в качестве топлива, в отношении установки такого оборудования. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2014/R067r4e.pdf>.
6. Правила ООН № 83 Єдинообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R083r5e.pdf>.
7. Правила ООН № 100 Єдинообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении особых требований к электрическому приводу. Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R100r2e.pdf>.
8. СТП 10-0401:2021 Система управління якістю. Випробування продукції. ДП "ДержавтотрансНДПроект", 16 с.
9. Політика НААУ щодо простежуваності вимірювання, що проводять органи з оцінки відповідності відповідно до заявленої сфери акредитації (ред. 08 від 27.12.2019 ЗД-08.00.09), схвалена і рекомендована до застосування рішенням Ради з акредитації НААУ від 27.12.2019. Режим доступу: <https://naau.org.ua/polityka-naau-shhodo-prostezhuvanosti-vimiryuvannya>

prostezhuvanosti-vimiryuvannya-shho-provodyat-organy-z-otsinky-vidpovidnosti-vidpovidno-do-zayavlenoyi-sfery-akredytatsiyi .

10. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. Режим доступу: <http://docplayer.net/95808616-ILAC-p14-12-2010-ilac-policy-for-uncertainty-in-calibration.html> .
11. JCGM 100:2008, (GUM), Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM, 2008. 90 p. Режим доступу: [https://ncesdis.noaa.gov/documentation/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](https://ncesdis.noaa.gov/documentation/JCGM_100_2008_E.pdf) .
12. ДСТУ-Н РМГ 43-2006 Метрологія. Застосування "Настанови з оцінювання невизначеності у вимірюваннях" (РМГ 43:2001, IDT). [Чинний з 2007-01-01]. – К.: ДП "УкрНДНЦ", 2007. – 27 с. – (Національний стандарт України). Режим доступу: <https://www.dsns.gov.ua/files/2011/6/24/648.pdf> .
13. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-6:2005 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 54 с. – (Національний стандарт України). Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=84938](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=84938).
14. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. М.: Стандартиформ, 2011. – 11 с. Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200037562>.
15. СТП 06-0308:2021 Система управління якістю. Метрологія. Виразення невизначеності вимірювань. ДП "ДержавтотрансНДПроект", 15 с.
16. ILAC-G8:09/2019 Настанова щодо правил прийняття рішення та висновків щодо відповідності. Переклад на українську мову ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ", 22 с. Режим доступу: [https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC\\_G8\\_09\\_2019\\_Nast-anova-shhodo-pravy%60l-pry%60jnyattya-rishen%60.pdf](https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC_G8_09_2019_Nast-anova-shhodo-pravy%60l-pry%60jnyattya-rishen%60.pdf).

### References

1. Conformity assessment – Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection. DSTU EN ISO/IEC 17020:2019 (EN ISO/IEC 17020:2012, IDT; ISO/IEC 17020:2012, IDT). [Chynnyy vid 2021-01-01]. Kyiv: DP "UkrNDNTs", 2020. 14 s. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=89192](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89192) .
2. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT). [Chynnyy vid 2021-01-01]. Kyiv: TOV Vydavnytstvo "Fort", 2020. 24 s. Retrieved from [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=88724](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=88724) .
3. UN Regulation № 13 Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf> .
4. UN Regulation № 48 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signaling devices. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R048r6r.pdf> .
5. UN Regulation № 67 Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system II. Vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2014/R067r4e.pdf> .
6. UN Regulation № 83 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements. Retrieved from <https://>

- unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R083r5e.pdf
7. UN Regulation № 100 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R100r2e.pdf>.
8. STP 10-0401:2021 Systema upravlinnya yakistyu. Vyprobuvannya produktsiyi. DP "DerzhavtotransNDIproekt", 16 s.
9. Polityka NAAU shhodo prostezhuvanosti vymiryuvannya, shcho provodyat' orhany z otsinky vidpovidnosti vidpovidno do zayavlenoyi sfery akredytatsiyi (red. 08 vid 27.12.2019 ZD-08.00.09), skhvalena i rekomendovana do zastosuvannya rishennyam Rady z akredytatsiyi NAAU vid 27.12.2019. Retrieved from <https://naau.org.ua/polityka-naau-shhodo-prostezhuvanosti-vymiryuvannya-shho-provodyat-organy-z-otsinky-vidpovidnosti-vidpovidno-do-zayavlenoyi-sfery-akredytatsiyi>.
10. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. Retrieved from <http://docplayer.net/95808616-Ilac-p14-12-2010-ilac-policy-for-uncertainty-in-calibration.html>.
11. JCGM100:2008, (GUM), Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM, 2008. 90 p. Retrieved from [https://ncc.nesdis.noaa.gov/documentation/JCG.\\_100\\_2008\\_E.pdf](https://ncc.nesdis.noaa.gov/documentation/JCG._100_2008_E.pdf).
12. Metrology. Applying the "Guide to Expression of Uncertainty in Measurement". DSTU N RMG 43: 2006 (RMG 43: 2001, IDT). [Chynnyy z 2007-01-01]. – K.: DP "UkrNDNTs", 2007. – 27 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy). Retrieved from <https://www.dsns.gov.ua/files/2011/6/24/648.pdf>.
13. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 6: Use in practice of accuracy values. DSTU GOST ISO 5725-6:2005. [Chynnyy z 2006-07-01]. – K.: Derzhspozhyvstandart, 2006. – 54 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy). Retrieved from [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=84938](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=84938)
14. R 50.2.038-2004 GSI Direct single measurements. Estimation of errors and uncertainty of measurements result. M.: Standartynform, 2011. – 11 s. Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200037562>.
15. STP 06-0308:2021 Systema upravlinnya yakistyu. Metrolohiya. Vyrzhennya nevyznachenosti vymiryuvan'. DP "DerzhavtotransNDIproekt", 15 s.
16. ILAC-G8:09/2019 Guidance on decision-making rules and conclusions of compliance. Pereklad na ukraïns'ku movu DP "UKRMETRTTESTSTANDART", 22 s. Retrieved from [https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC\\_G8\\_09\\_2019\\_Nast-anova-shhodo-pravy%60l-pry%60jnyattyarishen%60.pdf](https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC_G8_09_2019_Nast-anova-shhodo-pravy%60l-pry%60jnyattyarishen%60.pdf).