
Eurachem 



CITAC
Cooperation on International
Traceability in Analytical Chemistry

Настанова Eurachem / CITAC

**Застосування інформації
про непевність вимірів
під час оцінювання
відповідності**

**Друге видання
2021**

Застосування інформації про непевність вимірів під час оцінювання відповідності

Друге видання (2021)

Редактори

Alex Williams (Велика Британія)
Bertil Magnusson (Швеція)

Склад робочої групи*

Члени Eurachem

S. Ellison, голова групи	LGC, Велика Британія
B. Magnusson, секретар	Trollboken AB, Швеція
R. Bettencourt da Silva	Univ. Lisboa, Португалія
R. Becker	BAM, Німеччина
A. Brzyski	Eurachem Польща
E. Christie	Eurachem Ірландія
K. Darbinyan	Eurachem Вірменія
D. Ivanova	Eurachem Болгарія
M. Inkret	Eurachem Словенія
I. Leito	Univ Tartu, Естонія
R. Kaus	Eurachem Німеччина
O. Levbarg	Ukrmetrteststandart, Україна
T. Näykki	SYKE, Фінляндія
P. Pablo Morillas	EUROLAB-Еспраїа, Іспанія
O. Pellegrino	IPQ/DMET, Португалія
M. Rösslein	EMPA St. Gallen, Швейцарія
E. Sahlin	RISE, Швеція
M. Segal	INRIM, Італія
E. Theodorsson	LIU, Швеція
P. Thomas	SCK CEN, Бельгія
A. van der Veen	VSL, Нідерланди
A. Williams	Велика Британія
R. Wood	Велика Британія
P. Yolcu Omeroglu	Eurachem TR, Туреччина
V. Zonaras	VPI, Греція

Члени CITAC

F. Rebello Lourenço	Univ. São Paulo, Бразилія
F. Pennechi	INRIM, Італія

*На момент прийняття документа

Подяка

Це видання підготувала робоча група Eurachem/CITAC, склад якої подано вище. Редактори висловлюють подяку всім цим особам та організаціям, а також усім іншим, хто надав свої коментарі, поради та допомогу.

Цитування

На цю публікацію рекомендовано посилатися так*:
“A. Williams and B. Magnusson (eds.) Eurachem/CITAC Guide: Use of uncertainty information in compliance assessment (2nd ed. 2021). ISBN 978-0-948926-38-9. Available from www.eurachem.org.”

*З урахуванням вимог журналу

Переклад з англійської та науково-технічне редагування: ДП "Укрметртестстандарт", Технічний комітет України
ТК 122 "Аналіз газів, рідких та твердих речовин", Eurachem - Ukraine

Редактор М. Рожнов. Переклав О. Левбарг

Use of uncertainty information in compliance assessment
English edition

Second edition 2021
ISBN 978-0-948926-38-9

Copyright © 2021

Авторські права на цей документ належать авторам-розробникам. Усі запити щодо відтворення будь-якими засобами, включно з перекладом, треба надсилати до секретаріату Eurachem.

Застосування інформації про непевність вимірів під час оцінювання відповідності
Друге видання, 2021 рік
Переклад на українську мову, 2022 рік
Copyright © 2022 ДП "Укрметртестстандарт"

Зміст

Передмова	1
Скорочення та символи	2
1 Вступ.....	3
2 Сфера застосування.....	4
3 Терміни та визначення	4
4 Правила прийняття рішення	4
4.1 Загальні положення	4
4.2 Правило прийняття рішення за методом “простого прийняття”	5
4.3 Правило прийняття рішення із застосуванням запобіжного інтервалу	6
4.4 Правила прийняття рішення з умовними або неостаточними результатами	7
4.5 Правило прийняття рішення, що встановлює двоетапну процедуру	8
5 Установлення меж областей прийнятності та неприйнятності.....	9
6 Установлення прийнятного значення стандартної непевності	9
7 Рекомендації	9
Додаток А. Визначання ширини запобіжного інтервалу та межі прийнятності.....	11
Додаток В. Приклади.....	15
Додаток С. Ризик виробника та споживача	19
Додаток D. Терміни та визначення.....	22
Бібліографія	23

Передмова

На час виходу першого видання цієї Настанови роботи з оцінювання відповідності вже проводили в інших галузях, зокрема технічних, під час випробовування електричних та механічних виробів, і документ відповідав принципам, викладеним у ASME B89.7.3.1-2001.

В англійській мові поняття “відповідність” позначають двома близькими термінами – “compliance” і “conformity”. У стандартах ISO часто застосовують термін “conformity assessment” (“оцінювання відповідності”); у документах ASME пишуть про “conformance to specifications” (“відповідність установленим вимогам”). Водночас оцінювання відповідності може охоплювати різноманітну діяльність, від випробовування продукції до інспектування та ліцензування. Ця Настанова Eurachem щодо оцінювання відповідності насамперед спрямована на визначання того, чи відповідає результат вимірення установленим межах, наприклад, специфікаціям, допускам, нормативним чи законодавчим вимогам. Відповідно, у цій Настанові терміни “відповідність” та “оцінювання відповідності” застосовано щодо рішень про відповідність установленим межах. Відповідність результату вимірення встановленим межах зазвичай є основою для “висновку щодо відповідності”, про який ідеться в ISO/IEC 17025.

У це видання було внесено зміни, що враховують положення нових документів, зокрема “Настанови щодо правил прийняття рішення та висновків щодо відповідності” (ILAC G8) та “Оцінювання даних вимірювання. Роль непевності вимірів під час оцінювання відповідності” (JCGM 106).

Основні зміни в другому виданні:

- додано перелік скорочень та символів;
- введено поняття межі прийнятності;
- введено правила прийняття рішення для умовних (неостаточних) результатів (іноді їх називають “недвійковими” правилами прийняття рішення);
- для деяких асиметричних випадків показано застосування логнормального розподілу;
- долучено додаток С, де розглянуто загальний та конкретний ризику.

Скорочення та символи

У цій Настанові застосовано такі скорочення, акроніми та символи:

ASME	Американське товариство інженерів-механіків	IEC	Міжнародна електротехнічна комісія
BIPM	Міжнародне бюро мір і ваг	ISBN	Міжнародний стандартний книжковий номер
CITAC	Співпраця з питань міжнародної простежності в аналітичній хімії	ISO	Міжнародна організація стандартизації
GUM	Настанова з вираження непевності вимірів	IUPAC	Міжнародний союз чистої та прикладної хімії
JCGM	Об'єднаний комітет з настанов з метрології	VIM	Міжнародний словник з метрології
g	Запобіжний інтервал	s	Стандартний відхил
k	Коефіцієнт охоплення	s_G	Стандартний відхил логарифмічних (\log_e) даних
n	Кількість вимірів	x_i	Вимірне значення
\exp	Експоненційна функція, $\exp(x) = e^x$	u	Стандартна непевність
P	Імовірність (%) відповідності чи невідповідності	u_{rel}	Відносна стандартна непевність
L	Межа допуску	FU	Коефіцієнт непевності
L_l	Нижня межа допуску	U	Розширена непевність
L_u	Верхня межа допуску		

1 Вступ

Щоб визначити, чи свідчить отриманий результат про відповідність або невідповідність, треба врахувати непевність вимірів. На рисунку 1 показано типові ситуації, що трапляються, наприклад, тоді, коли за результатами вимірень концентрації аналіту оцінюють відповідність верхній межі допуску. Вертикальними лініями зображено інтервали розширеної непевності $\pm U$ для кожного виміряного значення, а кривими біля них – установлену функцію розподілу ймовірності для значення вимірюваної величини; ця функція показує, що значення вимірюваної величини ймовірніше лежить близько середини інтервалу непевності, а не біля його кінців. Випадки (i) та (v) досить прості: результати вимірень, разом з непевністю, надійно свідчать про те, що значення вимірюваної величини значно вищі або значно нижчі за межу, відповідно. У випадку (ii), однак, є висока ймовірність того, що значення вимірюваної величини перевищує межу, але водночас межа перебуває всередині інтервалу непевності. Залежно від обставин, а особливо від ризиків, пов'язаних із прийняттям хибного рішення, ймовірність неправильного рішення може бути (або не бути) достатньо малою, щоб рішення про невідповідність можна було вважати виправданим. Аналогічно, у випадку (iv) ймовірність того, що значення вимірюваної величини є нижчим за межу, може бути достатньою (або не достатньою), щоб вважати обґрунтованим рішення про відповідність. У випадку (iii) ймовірність хибного рішення становить 50 %. Без додаткової інформації, що має ґрунтуватися на ризиках, пов'язаних із прийняттям хибного рішення, неможливо на підставі цих трьох результатів, (ii), (iii) та (iv), прийняти рішення щодо відповідності.

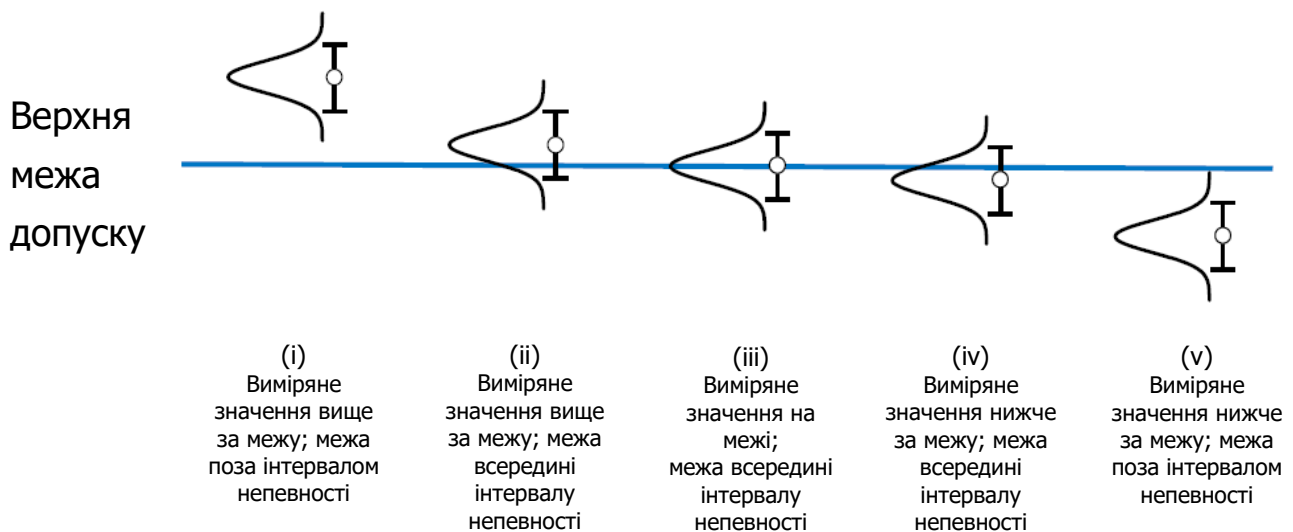


Рисунок 1 – Оцінювання відповідності верхній межі допуску

2 Сфера застосування

У цьому документі описано, як установлювати належні критерії для прийняття однозначних рішень щодо відповідності на підставі вимірних даних та їхньої непевності. Першорядним для оцінювання відповідності є поняття “правила прийняття рішення”. Ці правила визначають, як приймати чи відхиляти об’єкт на підставі вимірюваного значення, його непевності та межі чи меж допуску, беручи до уваги допустиму ймовірність прийняття хибного рішення.

У цьому документі не розглянуто випадки, коли рішення приймають на основі декількох вимірюваних величин. Деякі способи оцінювання відповідності для сукупності вимірюваних величин можна знайти в літературі [1, 2].

Коли рішення щодо відповідності застосовують до випробовуваної партії речовини чи матеріалу, суттєвим може бути складник непевності вимірів, пов’язаний із відбиранням проб. У цій Настанові прийнято припущення, що в разі, коли частиною процесу вимірювання є відбирання проб, непевність охоплює пов’язані з цим складники [3].

3 Терміни та визначення

Терміни, що їх ужито в цій Настанові, загалом відповідають Міжнародному словнику основних і загальних термінів з метрології (VIM) [4], Настанові з вираження непевності вимірів (GUM) [5] та ILAC G8 [6]. Додаткові терміни взято з ASME B89.7.3.1-2001.1 [7]. Звід найважливіших термінів та визначень, ужитих у цьому документі, подано в додатку D “Терміни та визначення”.

4 Правила прийняття рішення

4.1 Загальні положення

Першорядним для оцінювання відповідності є поняття “правила прийняття рішення”. Ці правила визначають, як установлювати відповідність чи невідповідність межах допуску, беручи до уваги допустиму ймовірність прийняття хибного рішення. У ISO/IEC 17025 правило прийняття рішення визначено так: *правило, що описує, як ураховувати непевність вимірів, роблячи висновок щодо відповідності установленим вимогам* [8]. ISO/IEC 17025 також вимагає, щоб у відповідних випадках правило прийняття рішення узгоджували із замовником. Документи ILAC G8 [6], JCGM 106 [9], EuroLab Report 1/2017 [10] та WADA TD2019DL [11] містять різні варіанти правил прийняття рішення та висновків щодо відповідності встановленим вимогам. На основі правила прийняття рішення можна визначити “область прийнятності” та “область неприйнятності”: якщо виміряне значення лежить в області прийнятності, об’єкт вважають відповідним, а якщо в області неприйнятності – невідповідним. Межі області прийнятності називають “межами прийнятності”.

Правило прийняття рішення повинне містити чітко задокументований метод визначання областей прийнятності та неприйнятності, в ідеальному випадку – включно з прийнятним рівнем імовірності, P , того, що значення вимірюваної величини 1) лежить у межах допуску або 2) лежить поза межами допуску.

Тут випадок 1) відповідає високій імовірності правильного прийняття та низькій імовірності хибного прийняття, тоді як випадок 2) забезпечує високу ймовірність правильного неприйняття та низьку ймовірність хибного неприйняття.

Області прийнятності та неприйнятності зазвичай визначає лабораторія, що застосовує правило прийняття рішення.

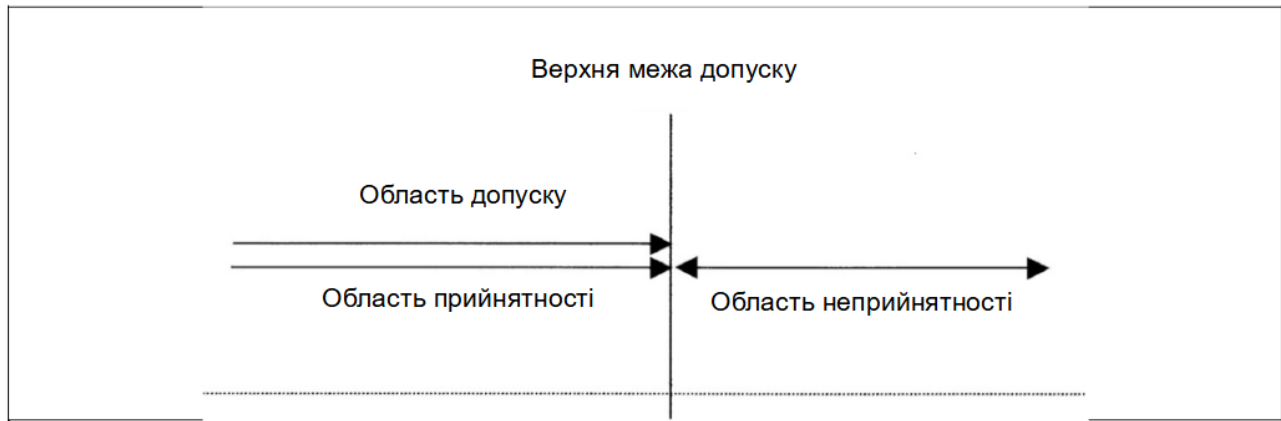
Правило прийняття рішення також може містити:

- максимальну допустиму непевність на межі допуску;
- припущення щодо розподілу, наприклад, нормального або логнормального (див. далі додаток А);
- правила округлювання або усікання вимірених значень перед оцінюванням відповідності;
- потрібну кількість повторних вимірень (якщо такі є) і процедуру використання повторних результатів, включно, наприклад, із тим, чи кожен окремих результат має бути відповідним або їх треба усереднювати перш ніж порівнювати з межами допуску;
- процедури поводження з викидами;
- указівки щодо подальших дій для недвійкового правила прийняття рішення, коли рішенням є “умовно відповідає” (чи “умовно не відповідає”);
- процедура, якої треба дотримуватись у разі отримання умовного результату, що потребує додаткових вимірень;
- рекомендації щодо форми подання висновку про відповідність/невідповідність, наприклад, “прийнято/не прийнято”, “у межах допуску/поза межами допуску”, “у межах установлених вимог/поза межами установлених вимог”;
- рекомендації щодо того, як подавати правило прийняття рішення, згідно з яким зроблено висновок щодо відповідності.

4.2 Правило прийняття рішення за методом “простого прийняття”

У багатьох випадках правило прийняття рішення формулюють так, щоб отримати однозначний висновок щодо відповідності: “відповідає” чи “не відповідає”. У найпростішому варіанті межу допуску вважають межею прийнятності, тобто результат у межах допуску вважають відповідним. Це називають “простим прийняттям” або “рівнорозподіленим ризиком” [6]. Відповідні області прийнятності та неприйнятності показано на рисунку 2. Якщо результат вимірення лежить в області прийнятності, об’єкт вважають відповідним, а якщо в області неприйнятності – невідповідним. Показані на рисунку 1 (“відповідність верхній межі”) результати (iv) і (v) лежать в області прийнятності, а (i) і (ii) – в області неприйнятності. Результат (iii) переважно вважають таким, що належить до області прийнятності.

Зазвичай це правило застосовують у поєднанні з вимогою зважати на непевність вимірів, і ця непевність має бути достатньо малою, щоб ризик прийняття хибного рішення залишався прийнятним. Однак для вимірених значень, близьких до межі, ризик хибного рішення у разі “простого прийняття” може сягати 50 % (див. далі додаток С. Ризик виробника та споживача).



**Рисунок 2 – Области прийнятності та неприйнятності у разі простого прийняття для верхньої межі допуску.
Межа прийнятності дорівнює межі допуску**

4.3 Правило прийняття рішення із застосуванням запобіжного інтервалу

Якщо вимірні значення дуже близькі до межі або непевність вимірів велика, то в разі “простого прийняття” ймовірність хибного рішення може бути неприйнятно високою. Часто потрібна більша впевненість у тому, що рішення щодо прийняття або відхилення випробовуваного об’єкта є правильним. У таких випадках області прийнятності та неприйнятності можна визначати так, як це показано на рисунку 3. Наприклад, якщо вимірне значення лежить в області прийнятності, показаній на рисунку 3b, ймовірність того, що випробовуваний об’єкт невідповідний, є дуже малою. Проміжок g між межею допуску і краєм області прийнятності називають “запобіжним інтервалом”, і він зменшує ризик прийняття хибного рішення. Застосування запобіжних інтервалів є доволі простим способом установлювати правила прийняття рішення; вибір ширини інтервалу визначає область прийнятності, згідно з якою можна приймати рішення щодо відповідності. Ширину запобіжного інтервалу g переважно встановлюють пропорційно до стандартної непевності u . Якщо відносна непевність менша ніж (15 – 20) % і вимірне значення лежить точно на верхній або нижній межі прийнятності, ймовірність хибного рішення, α , на рівні 5 % буде забезпечено запобіжним інтервалом шириною $1,64u$, а ймовірність $\alpha = 1\%$ – запобіжним інтервалом шириною $2,33u$. Коефіцієнт пропорційності можна встановлювати і в явному вигляді; наприклад, можна встановити запобіжний інтервал шириною $2u$, тобто такий, що відповідає розширеній непевності U , тоді ймовірність хибного рішення $\alpha = 2,5\%$. Можна також встановити нульовий запобіжний інтервал, $g = 0$. У такому разі маємо “просте прийняття”, або “рівнорозподілений ризик”, див. розділ 4.2. Визначання ширини запобіжного інтервалу розглянуто в додатку А, а ризики хибного відхилення та прийняття – у додатку С.

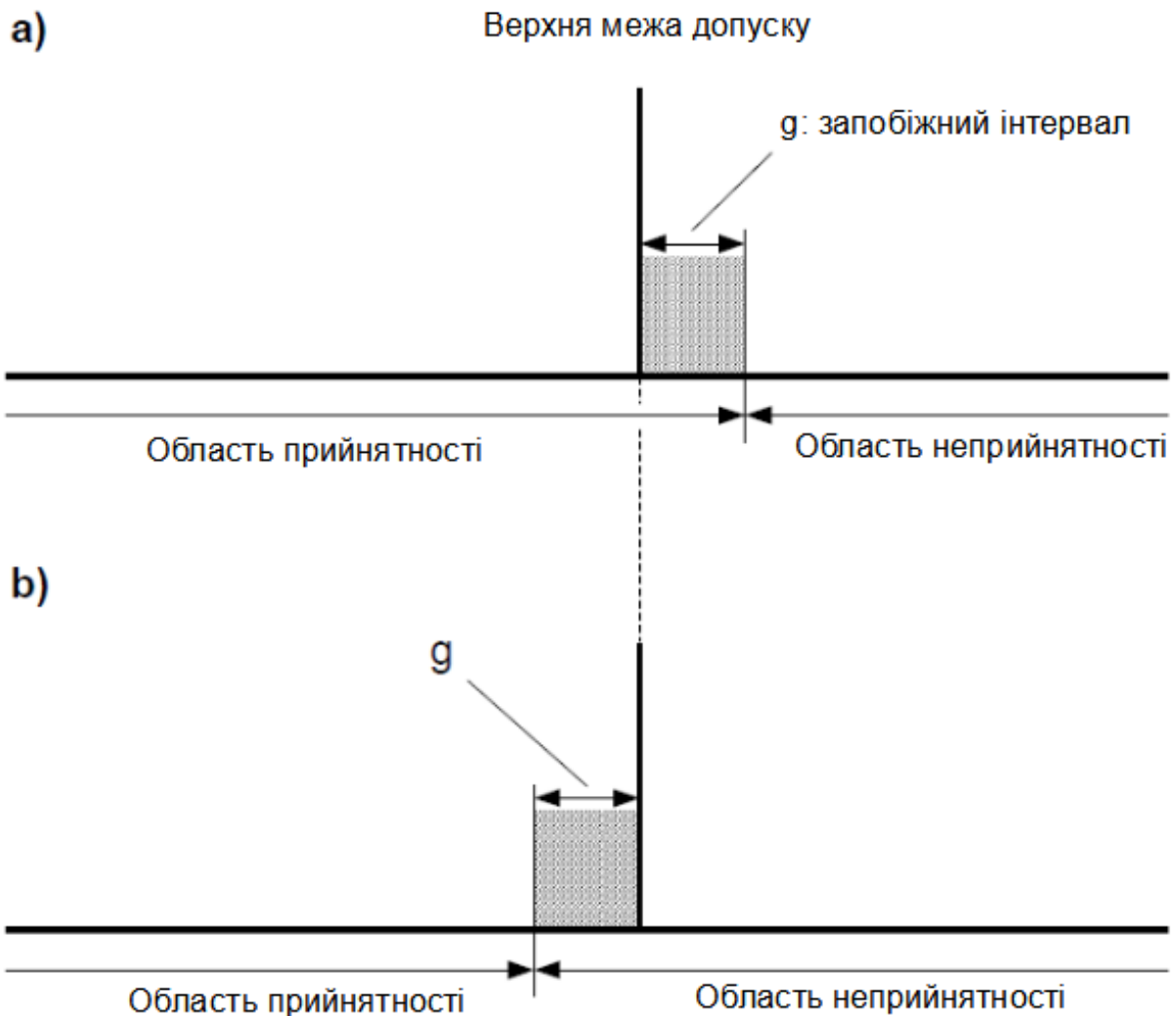


Рисунок 3 – Области прийнятності та неприйнятності для верхньої межі допуску.

На рисунку показано взаємне розташування областей прийнятності та неприйнятності для а) високої ймовірності правильного відхилення; б) високої ймовірності правильного прийняття. Інтервал g називають *запобіжним інтервалом*. Край області прийнятності є межею прийнятності

У деяких випадках установлюють верхню та нижню межі, наприклад, під час контролювання складу продукту. На рисунку 4 показано області прийнятності та неприйнятності для такого випадку, де запобіжні інтервали вибрано так, що для зразка, визнаного відповідним, є висока ймовірність того, що вимірювана величина перебуває в межах допуску, тобто високою є ймовірність правильного прийняття.

4.4 Правила прийняття рішення з умовними або неостаточними результатами

Деякі процедури прийняття рішення можуть передбачати можливість “умовного” прийняття чи відхилення або “неостаточного” результату – зазвичай тоді, коли межа допуску перебуває всередині інтервалу розширеної непевності (див. випадки (ii), (iii) і (iv) на рисунку 1). У документі ІЛАС G8 [6] такі правила прийняття рішення названо “недвійковими”. Наприклад, на рисунку 1 випадок (ii) можна трактувати як “умовну невідповідність” а випадки (iii) та (iv) – як “умовну відповідність”. Окрім того, у правилі прийняття рішення подібні результати може бути позначено як “неостаточні”.

У багатьох випадках правило прийняття рішення передбачає, що в разі умовного або неостаточного результату виконують подальші випробування.

Додаткові приклади умовного прийняття та відхилення містить документ ILAC G8.

4.5 Правило прийняття рішення, що встановлює двоетапну процедуру

Щоб зменшити ризики хибного прийняття та/або відхилення, деякі правила прийняття рішення встановлюють двоетапну процедуру, за якою в разі неостаточного результату виконують подальші вимірення. Загальну двоетапну процедуру такого роду описано в стандарті ISO [12].

За такими процедурами необов'язково застосовувати ту саму методику вимірювання на кожному етапі. Наприклад, щоб зменшити вартість оцінювання відповідності, спочатку можна вимірювати характеристики об'єкта за менш витратною методикою з порівняно великою непевністю (це часто називають “попереднім”, або “скринінговим” випробуванням). Якщо початковий результат є неостаточним або близьким до межі, то, щоби підтвердити висновок, застосовують іншу методику, що дає результати з меншою непевністю. У такому разі достатньо надійний висновок щодо більшості випробовуваних об'єктів роблять з меншими витратами, а щодо граничних випадків – за допомогою дорожчого випробування з більшою надійністю.

Імовірність хибного прийняття та/або хибного відхилення за багатоетапними процедурами залежить від обраних конкретних кроків, і оцінити її складніше, ніж для одноетапних процедур. Оцінювання ймовірностей для багатоетапних процедур є поза сферою застосування цієї Настанови.

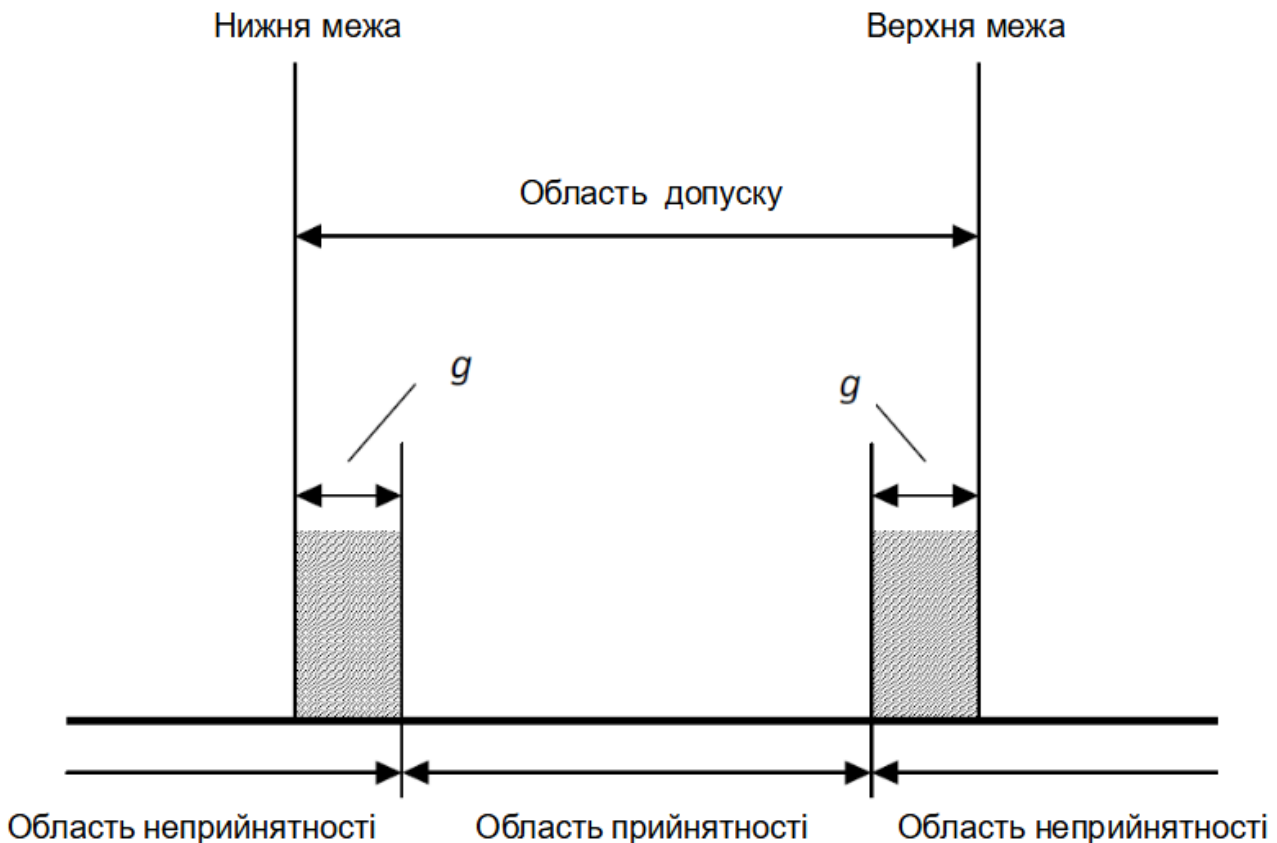


Рисунок 4 — Области прийнятності та неприйнятності за встановленої області допуску. На рисунку показано взаємне розташування областей прийнятності та неприйнятності для високої ймовірності правильного прийняття

5 Установлення меж областей прийнятності та неприйнятності

Ширину запобіжного інтервалу g обирають відповідно до вимог правила прийняття рішення та на основі значення стандартної непевності, u , отриманої для вимірів, близьких до межі L . Наприклад, якщо за правилом прийняття рішення висновок про невідповідність роблять тоді, коли виміряне значення перевищує межу допуску більш ніж на $2u$, тоді ширина запобіжного інтервалу дорівнює $2u$, а межа прийнятності становить $L + 2u$.

Аналогічно, якщо відповідно до правила прийняття рішення ймовірність того, що значення вимірюваної величини є меншим за межу L , має становити принаймні 95 %, тоді значення g обирають так, щоб для виміряного значення $(L - g)$ ймовірність того, що значення вимірюваної величини менше за межу, дорівнювала 95 % – див. рис. 3b.

У більшості випадків ширину запобіжного інтервалу, g , визначають прямо пропорційно до стандартної непевності, u . Іноді правило прийняття рішення може встановлювати значення коефіцієнта пропорційності, що його треба застосовувати. Загалом, межа прийнятності також буде залежати від заданої ймовірності, P , і знання про розподіл значень вимірюваної величини. У певних випадках g може бути складнішою функцією u . Деякі типові випадки описано в додатку А.

6 Установлення прийнятного значення стандартної непевності

Що більша стандартна непевність u і що ближче до межі допуску виміряне значення, то більшою буде частка зразків, щодо яких приймуть хибне рішення. Розглянемо приклад, коли оцінюють відповідність верхній межі без установлення запобіжного інтервалу. Якщо виміряне значення більш ніж на $3u$ нижче за межу, то ризик прийняття хибного рішення дуже малий (тобто близько 0,1 %). Ризик зростає з наближенням виміряного значення до межі: він становить 2,3 %, коли виміряне значення віддалене від межі на $2u$, і 50 % – коли воно збігається з межею. Загалом, що менше значення u , то вища вартість вимірювання. Таким чином, в ідеалі значення u треба обирати так, щоб мінімізувати суму вартості вимірювання та витрат, що їх спричинить хибне рішення.

У деяких аналітичних областях цільову (тобто максимальну) непевність вимірів [13] установлюють разом з максимальною та/або допустимою межею (межами) для вимірюваної величини. У Наставі Eurachem/CITAC щодо встановлення та застосування цільової непевності вимірів [14] запропоновано, як можна визначити цільову непевність, якщо її не встановлюють нормативні документи чи не визначає замовник. Цільову непевність можна визначити через ширину допустимого інтервалу для вимірюваної величини (розділ 5.1.2 Настави) або через визначену межу прийнятності для вимірюваної концентрації на основі допустимого ризику хибного рішення для споживача чи виробника (розділ 5.1.4 Настави).

7 Рекомендації

Щоб визначити, чи є об'єкт прийнятним, потрібно мати:

- вимоги до об'єкту із зазначеними верхньою та/або нижньою допустимими межами для контрольованих характеристик (вимірюваних величин);
- непевність вимірів^{*}; i
- правило прийняття рішення, що описує, як ураховувати непевність вимірів, приймаючи або відхиляючи об'єкт відповідно до вимог до нього та результату вимірення.

^{*} Включно зі складниками від процесу відбирання проб, коли опис вимірюваної величини містить цільовий об'єкт, наприклад, виробничу партію, а не лише лабораторний зразок.

Правило прийняття рішення повинне містити добре задокументований метод однозначного визначання розміру областей прийнятності та неприйнятності, в ідеалі разом з мінімальним прийнятним рівнем імовірності того, що вимірювана величина перебуває в межах допуску. Воно також повинне містити процедуру поводження, наприклад, з повторними вимірами та викидами (див. розділ 4.1).

Правило прийняття рішення може встановлювати розмір області прийнятності чи неприйнятності через відповідний запобіжний інтервал. Ширину запобіжного інтервалу обчислюють через відому непевність вимірів та мінімальний прийнятний рівень імовірності того, що вимірювана величина перебуває в межах допуску. Для поширених випадків, коли непевність приблизно стала або коли припускають, що розподіл похибок є симетричним зі стандартним відхилом, пропорційним до “істинного” значення, обчислювати запобіжний інтервал можна через непевність вимірів на межі допуску. Це описано у варіантах 1 – 3 в додатку А.

Окрім того, подаючи висновок щодо відповідності, треба посилатися на застосовані правила прийняття рішення.

Додаток А. Визначання ширини запобіжного інтервалу та межі прийнятності

Ширину запобіжного інтервалу g та відповідну межу прийнятності встановлюють згідно з вимогами правила прийняття рішення. Ця ширина залежить від:

- 1) значення непевності;
- 2) мінімальної прийнятної ймовірності P того, що значення вимірюваної величини перебуває в межах допуску (або, що є рівнозначним, максимальної прийнятної ймовірності того, що значення вимірюваної величини перебуває поза межами допуску); і
- 3) наявної інформації щодо розподілу значень вимірюваної величини.

Якщо відносна стандартна непевність становить менше ніж (15 – 20) %, розподіл можна вважати нормальним [15]. Ширина g тоді дорівнюватиме ku , як у поданих нижче варіантах 1a та 1b. Якщо відомі ефективні ступені вільності, значення k беруть з t -розподілу, як у варіанті 2. В інших випадках, коли відомо, що значення вимірюваної величини також додатні, але відносна стандартна непевність перевищує 20 %, припущення про нормальний розподіл може бути хибним. Тоді ширину інтервалу g визначають за формою розподілу та заданим значенням P , як у варіантах 3 та 4. Можна застосовувати різні розподіли, наприклад, логнормальний [15], бета [16] та гамма [9], що дають порівнянні результати для відносної непевності до 50 %. Подальші вказівки щодо встановлення розподілу на основі наявної інформації можна знайти в JCGM 101:2008 [17]. Коли модельне рівняння, за яким обчислюють значення величини, містить лише множення та (чи) ділення додатних величин, то є вагомими підстави застосовувати логнормальний розподіл, як це описано у варіанті 4 [15].

Варіант 1a. Відома стандартна непевність

У цьому випадку, коли відносна стандартна непевність є менша ніж 20 %, ширина запобіжного інтервалу дорівнюватиме ku , а значення k або вказано в правилі прийняття рішення, або його отримують через розподіл імовірності для значень, що їх приписують вимірюваній величині, і цей розподіл зазвичай вважають нормальним. Підстави для цього припущення та умови, за яких воно може бути прийнятним, подано в додатку G документа GUM [5]. Припущення ґрунтується на застосуванні *центральної граничної теореми*, і в розділі G.2.3 зазначено, що "... якщо в сумарній стандартній непевності u не переважає складник стандартної непевності, отриманий з оцінки типу А на основі лише кількох спостережень, або складник стандартної непевності, отриманий з оцінки типу В на основі прямокутного розподілу, то обчислювати в першому наближенні розширену непевність U , що відповідає інтервалові з довірчим рівнем P , буде доцільно, беручи значення k з нормального розподілу".

На практиці у багатьох випадках застосовують значення $k = 2$. За припущення, що розподіл є приблизно нормальним, і коли отримане значення дорівнює x , то з довірчим рівнем близько 95 % значення вимірюваної величини лежить в інтервалі $x \pm 2u$. Тоді ймовірність того, що значення вимірюваної величини менше ніж $x + 2u$, становить приблизно 97,7 %. Поширеним є випадок, коли потрібно підтвердити відповідність щодо верхньої межі допуску, як показано на рисунку 3, і тоді прийняти значення $k = 2$ і вимагати доказу явної невідповідності – це те саме, що встановити запобіжний інтервал шириною $g = 2u$. Якщо отримане значення перевищує межу більш ніж g , то значення вимірюваної величини перевищує межу допуску з імовірністю щонайменше 97,7 %. Таким чином, це призведе до меншої кількості хибних рішень щодо невідповідності, ніж тоді, коли застосовують односторонній тест з рівнем значущості 95 % (тобто з $k = 1,64^*$). Якщо потрібно приймати рішення з іншим довірчим рівнем, то значення k для цього довірчого рівня можна брати з таблиць або статистичних програмних засобів.

* Значення k з двома десятковими знаками становить 1,64, оскільки з чотирма десятковими знаками воно дорівнює 1,6449.

Водночас у GUM [5], розділ G.1.2, зауважено, що, оскільки значення U є в найкращому разі лише наближеними, зазвичай немає сенсу розрізняти значення для близьких довірчих рівнів (наприклад, 94 % і 96 %). Окрім того, у GUM зазначено, що особливо важко визначити інтервали з довірчим рівнем 99 % або більше.

Якщо відносна стандартна непевність, u , перевищує 20 %, можна розглянути можливість застосувати логнормальний розподіл [15]. Це описано нижче у варіанті 4 та в прикладі 3 у додатку В.

Варіант 1b. Відома розширена непевність та значення k

Поділіть U на відоме значення k (зазвичай воно дорівнює 2) та обчисліть ширину запобіжного інтервалу через інше значення k , що відповідає конкретному завданню, як у варіанті 1a.

Варіант 2. Відома стандартна непевність та ефективне число ступенів вільності

У такому разі прийнято вважати, що значення, які можна приписати вимірюваній величині, розподілені за t -законом з відомим числом ступенів вільності, та застосовувати верхній односторонній 95 %-й квантиль t -розподілу з коефіцієнтом охоплення k . Ширина запобіжного інтервалу становитиме ku . Приклад визначання відповідності верхній межі допуску показано на рисунку 3.

Детальніше t -розподіл і ступені вільності розглянуто в GUM, розділи G.3 і G.4. Альтернативні підходи, що дають змогу уникнути проблем, пов'язаних із застосуванням ефективного числа ступенів вільності, запропонували Вільямс [18] та Кекер і Джонс [19].

Варіант 3. Відомі окремі вхідні величини та їхній розподіл

Цей випадок розглянуто в розділі G.1.4 GUM [5]. Там сказано, що якщо ми знаємо розподіли ймовірності для вхідних змінних, а значення вимірюваної величини лінійно пов'язане з цими вхідними величинами, то розподіл ймовірності значень, приписуваних вимірюваній величині, можна обчислити через згортання цих розподілів. Для цього можна застосувати метод Монте-Карло до поширення розподілів ймовірності та отримати як результат розподіл, за яким обчислюють потрібний довірчий інтервал. Якщо йдеться про регулярне застосування методу згортання, розподіл Монте-Карло [20] варто порівняти з іншими відомими розподілами, і в багатьох випадках задовільним наближенням може виявитись логнормальний розподіл. Зауважимо, що метод Монте-Карло [17] застосовний до будь-якої моделі вимірювання, що пов'язує вимірювану величину із сукупністю вхідних величин.

Варіант 4. Асиметричні розподіли

Випадок, коли вхідна величина розподілена асиметрично, розглянуто в розділі G.5.3 GUM [5]. Там сказано, що “це не впливає на обчислення u , але може вплинути на обчислення U ”.

Загалом, є три важливі ситуації, коли приймати рішення потрібно з огляду на асиметричні довірчі інтервали:

- коли (припускають, що) розподіл вимірюваної величини x є асиметричним за своєю суттю; (наприклад, розподіл Пуассона з малим числом ступенів вільності);
- коли відносна стандартна непевність 1) перевищує 20 % і 2) є сталою;
- коли виміряне значення x близьке до фізичної межі (наприклад, виміряна концентрація, близька до нуля).

У випадках а) та б), коли є дані, що свідчать про асиметричність розподілу, межі довірчого інтервалу можна обчислити як в описаному вище варіанті 3. Перший випадок, а), трапляється, наприклад, у разі вимірювання радіоактивності з невеликою кількістю виявлених подій.

Третій випадок, с), маємо, коли вимірюють концентрацію, близьку до межі виявлення чи межі кількісного визначення, або коли область визначення змінної величини – певний обмежений інтервал. У такому разі може бути потрібно застосувати усічений розподіл (див. [20], додаток F). У разі аналітичного вимірювання зазвичай відомо, що значення вимірюваної величини є додатним, а рівняння моделі вимірювання є добутком чи відношенням додатних величин, тоді в ситуаціях b) і с) у багатьох випадках можна застосувати логнормальний розподіл.

Припускаючи, що розподіл значень, які можна приписати вимірюваній величині, є логнормальним, межі прийнятності можна обчислити через коефіцієнт розширеної непевності FU [3,21]:

$$^FU = \exp(ks_G) \quad (\text{Рівняння 1})$$

де s_G – стандартний відхил у вимірі \log_e (натуральних логарифмів). Для u_{rel} менше 0,5 (50 %) $s_G \approx u_{rel}$ [15], а коефіцієнт непевності можна обчислити за рівнянням:

$$^FU \approx \exp(ku_{rel}), \quad (\text{Рівняння 2})$$

де коефіцієнт охоплення k є верхнім квантилем стандартного нормального розподілу за заданого довірчого рівня.

Верхня межа прийнятності для високої ймовірності правильного відхилення становить:

$$L_u \times ^FU, \quad (\text{Рівняння 3})$$

а верхня межа прийнятності для високої ймовірності правильного прийняття:

$$L_u / ^FU \quad (\text{Рівняння 4})$$

Тоді ширину запобіжного інтервалу для верхньої межі допуску, що забезпечує високу ймовірність правильного відхилення, можна обчислити за рівнянням:

$$g = L_u \times ^FU - L_u \quad (\text{Рівняння 5})$$

Порівняно з нормальним розподілом, ширина запобіжного інтервалу для верхньої межі допуску, що забезпечує правильне відхилення, буде більшою (див. рисунок 3а), а правильне прийняття – меншою (див. рисунок 3б). Це пов'язане з асиметрією логнормального розподілу. Як приклад, у таблиці 1 наведено запобіжні інтервали, обчислені для нормального та логнормального розподілу для верхньої межі допуску $L = 100$, $k = 1,64$ та u_{rel} , що дорівнює 0,3 і 0,5. Відносна стандартна непевність 0,3 і 0,5 відповідає розширеній відносній непевності 60 % і 100 %, відповідно.

Таблиця 1 – Межі прийнятності для верхньої межі допуску за умови нормального та логнормального розподілу у разі великої відносної непевності

Розподіл	Відносна стандартна непевність, u_{rel}	Верхня межа допуску	Межі прийнятності	
			Правильне прийняття	Правильне відхилення
Нормальний	0,3	100	51	149
Логнормальний	0,3	100	61	164
Нормальний	0,5	100	18	182
Логнормальний	0,5	100	44	227

Межі прийнятності для нормального розподілу можна виразити через u_{rel} формулами:

$$L(1 + ku_{rel}) \text{ і } L(1 - ku_{rel}),$$

а для логнормального розподілу – формулами:

$$L(\exp(ku_{rel})) \text{ і } L(\exp(-ku_{rel})).$$

Формули для логнормального розподілу можна розкласти в ряд (застосувавши звичайний розклад для $\exp(x)$):

$$L\left(1 + ku_{rel} + \frac{(ku_{rel})^2}{2} + \dots\right) \quad \text{і} \quad L\left(1 - ku_{rel} + \frac{(-ku_{rel})^2}{2} + \dots\right),$$

де “...” позначає вищі члени ряду. Коли члени ряду, вищі за ku_{rel} , є значущими, може бути доцільно застосувати логнормальний розподіл [15]. Якщо $u_{rel} = 20\%$ і $k = 1,64$, збільшення коефіцієнта, через який обчислюють межі прийняття для правильного відхилення, становитиме приблизно 5% порівняно з $(1 + ku_{rel})$.

Приклад застосування логнормального розподілу наведено в додатку В, приклад 3.

Додаток В. Приклади

Приклад 1. Застосування правила прийняття рішення за варіантом 1b додатку А

Варіант 1b в додатку А відповідає ситуації, коли відома розширена непевність разом із установленим значенням k . Масова частка нікелю для певного типу нержавкої сталі повинна бути в діапазоні від 16,0 % до 18,0 %.

Вимірювана величина	Масова частка нікелю, Ni, в партії сталі, що її постачають замовникові.
Непевність	Абсолютна розширена непевність, U , становить 0,2 %, $k = 2$ (95 %). Абсолютна стандартна непевність $u = 0,1$ %. Ця непевність охоплює як непевність, пов'язану з відбиранням зразка з партії, так і аналітичну непевність.
Технічні вимоги	Область допуску: від нижньої межі 16,0 % до верхньої межі 18,0 %.
Правило прийняття рішення <i>Висока ймовірність правильного прийняття</i>	<i>Область прийнятності: інтервал масової частки, щодо якого можна прийняти рішення з довірчим рівнем не менше 95 % ($\alpha=0,05$) про те, що в партії масова частка Ni перевищує нижню межу допуску та є нижчою за верхню межу.</i>
Розподіл	Розподіл значень вимірюваної величини вважають нормальним.
Запобіжний інтервал	Ширину кожного запобіжного інтервалу обчислюють як $1,64u \approx 0,17$ % із $k = 1,64$ з одностороннього 95 %-го верхнього квантиля для нормального розподілу.
Область прийнятності	Від 16,2 % до 17,8 %, після округлення до одного десяткового знака.
Виміряне значення	16,1 %

На рисунку 4 показано розташування областей прийнятності та неприйнятності, коли встановлено верхню та нижню межі допуску та потрібна висока ймовірність правильного прийняття. Виміряне значення 16,1 % є нижчим за нижню межу прийнятності (16,2 %), тобто перебуває в області неприйнятності. **Партія не відповідає вимогам.**

ПРИМІТКА

Якби правило прийняття рішення передбачало просте прийняття, то область прийнятності була би від 16,0 % до 18,0 %, і партія відповідала б вимогам.

Приклад 2. Застосування правила прийняття рішення за варіантом 2 додатку А

Варіант 2 в додатку А відповідає ситуації, коли відомі стандартна непевність u та ефективне число ступенів вільності. Масова частка аналіту в партії продукції повинна бути менша ніж 200 нг/г.

Вимірювана величина	Масова частка аналіту в партії продукції, що її постачають споживачеві.
Непевність	Абсолютна стандартна непевність $u = 2,2$ нг/г. Непевність охоплює складники, пов'язані з відбиранням проб. Переважний внесок в непевність оснований на 9 вимірах, тобто число ступенів вільності дорівнює 8, і можна припустити, що значення, які можна приписати вимірюваній величині, розподілені за t -законом.
Технічні вимоги	Верхня межа допуску L_u становить 200 нг/г.
Правило прийняття рішення <i>Висока ймовірність правильного відхилення</i>	<i>Партію вважатимуть невідповідною, якщо ймовірність того, що масова частка більша ніж 200 нг/г, перевищує 95 %.</i>
Розподіл	Розподіл значень вимірюваної величини вважають нормальним.
Запобіжний інтервал	Ширину кожного запобіжного інтервалу обчислюють із $k = 1,86$ з одностороннього верхнього 95 %-го квантиля для t -розподілу з 8 ступенями вільності: $ku = 1,86 \times 2,2 = 4,1$ нг/г.
Межа прийнятності	204,1 нг/г
Виміряне значення	203,7 нг/г

На рисунку 3а показано розташування областей прийнятності та неприйнятності, коли встановлено верхню межу допуску та потрібна висока ймовірність правильного відхилення. Виміряне значення 203,7 нг/г є нижчим за межу прийнятності (204,1 нг/г), тобто перебуває в області прийнятності. **Партія відповідає вимогам.**

ПРИМІТКА

Якби правило прийняття рішення передбачало просте прийняття, то межа прийнятності дорівнювала би межі допуску, 200 нг/г, і партія не відповідала би вимогам.

Приклад 3. Застосування правила прийняття рішення за варіантом 4 додатку А

Варіант 4 в додатку А стосується асиметричних розподілів. У цьому випадку асиметрія зумовлена великою відносною непевністю результатів аналізування під час контролювання вмісту забороненої речовини, і розподіл непевності приблизно логнормальний.

Вимірювана величина	Масова частка забороненої речовини в пробі.
Непевність	Відносна стандартна непевність $u_{rel} = 35 \%$.
Технічні вимоги	Верхня межа допуску L_u становить 2 нг/г.
Правило прийняття рішення <i>Висока ймовірність правильного відхилення</i>	<i>Концентрацію забороненої речовини вважатимуть такою, що перевищує межу, якщо ймовірність того, що значення концентрації є більшим за межу, становить $\geq 95 \%$.</i>
Розподіл	Розподіл значень вимірюваної величини вважають логнормальним.
Запобіжний інтервал	За логнормального розподілу ширину запобіжного інтервалу можна обчислити через коефіцієнт непевності FU з рівняння 2, $^FU \approx \exp(ku_{rel})$; k дорівнює 1,64 з одностороннього верхнього 95 %-го квантиля нормального розподілу, $u_{rel} = 0,35$, звідки отримуємо $^FU \approx \exp(1,64 u_{rel}) = 1,78$. Далі можна обчислити ширину запобіжного інтервалу g для <i>правильного відхилення</i> : $g = L_u \times ^FU - L_u = 1,6$ нг/г.
Межа прийнятності	3,6 нг/г
Виміряне значення	3,3 нг/г

На рисунку 3а показано розташування областей прийнятності та неприйнятності, коли встановлено верхню межу допуску та потрібна висока ймовірність правильного відхилення. Виміряне значення 3,3 нг/г є нижчим за межу прийнятності (3,6 нг/г), тобто перебуває в області прийнятності. **Проба відповідає вимогам.**

ПРИМІТКА

Тут вирішальним є припущення про тип розподілу. Якщо в цьому випадку припустити нормальний розподіл, то межа прийнятності була б нижчою, 3,2 нг/г, і проба не відповідала би вимогам: $L + g = L(1 + ku) = 2(1 + 1,64 \times 0,35) = 3,2$. Порівняння між логнормальним і нормальним розподілами ймовірності показано на рисунку 5.

Нормальний та логнормальний розподіл

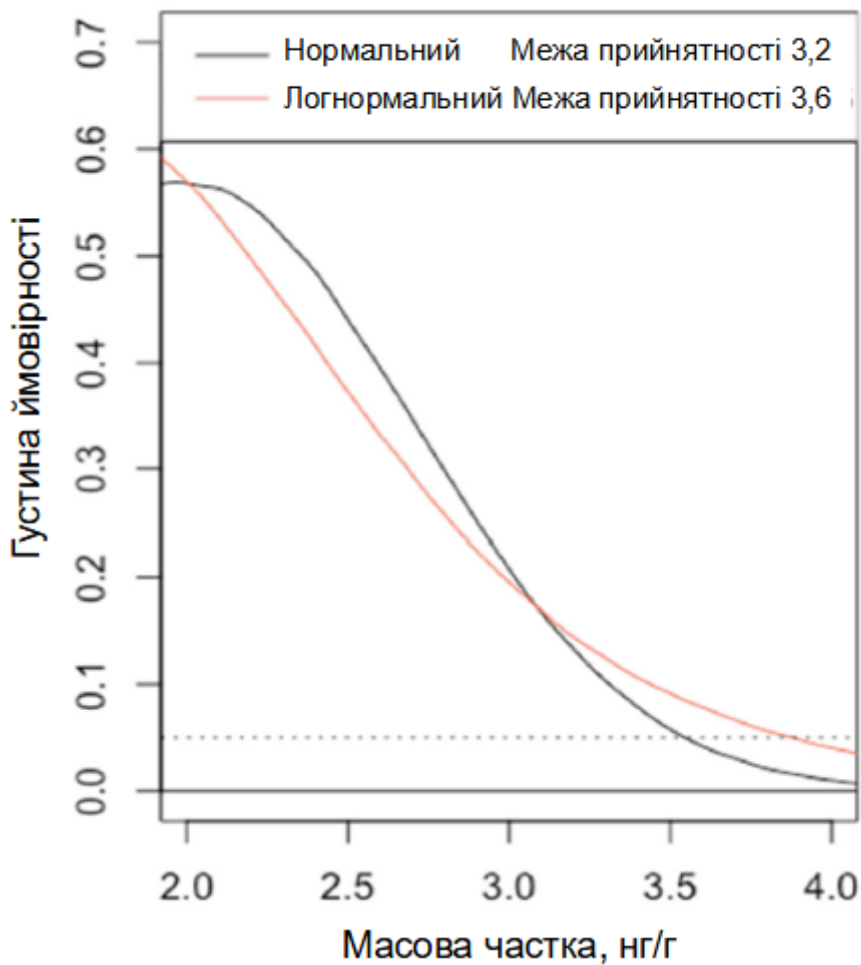


Рисунок 5 — Права частина нормального та логнормального розподілів імовірності для граничного значення 2 нг/г з відносною стандартною непевністю 35 %. Видно різницю між “хвостами” розподілів, що зумовлює різні межі прийнятності. Горизонтальну лінію на рівні густини ймовірності 0,05 проведено, щоб полегшити візуальне порівняння

Додаток С. Ризик виробника та споживача

Вступ

Основна частина цієї Настанови присвячена застосуванню правил прийняття рішення на підставі виміряного значення та його розширеної непевності. Деякі документи, наприклад ІЛАС G8 [6], містять рекомендації щодо встановлення правил прийняття рішення, що мають урахувувати ризики виробника та/або споживача. У цьому додатку подано стислі пояснення ризиків виробника та споживача, а також “конкретного” (“specific”) та “загального” (“global”) ризиків.

Ризик виробника та споживача

Ризик виробника та споживача – це поняття, пов’язані з керуванням виробничим процесом, але вони також цілком застосовні до багатьох випадків, коли оцінюють відповідність, наприклад, під час “вибіркового контролю” продукції. У виробничому середовищі “ризик виробника” – це просто ймовірність хибного відхилення прийнятної продукції, і називають його так, тому що це призводить до зайвих витрат виробника. Аналогічно, “ризик споживача” – це ймовірність хибного прийняття невідповідної продукції, тобто ймовірність того, що споживач може отримати неякісну продукцію, що пройшла контроль.

Ці поняття проілюстровано на рисунку 6. Верхня крива, “розподіл процесу”, – це розподіл значень, пов’язаних із виробом, що виходить з процесу виробництва. Це є значення певних важливих вимірюваних характеристик, наприклад, дози ліків у лікарському препараті, маси розфасованого харчового продукту чи концентрації алкоголю в напої. L_1 і L_u – нижня та верхня межі допуску для характеристики. Задля спрощення на рисунку показано випадок, коли межі допуску є також межами прийнятності під час контролювання, тобто запобіжних інтервалів немає. Виріб, для якого значення контрольованої величини перебуває між L_1 і L_u , відповідає вимогам, а поза цим інтервалом – не відповідає. Значення А на рисунку 6 не відповідає вимогам. Розподіл, пов’язаний із цим невідповідним значенням А, є розподілом вимірюваних значень, що їх можна було б отримати під час контролювання виробів із цим значенням характеристики. Частина (затінена) цих значень потрапляє в область прийнятності, і ця частина відповідає ймовірності хибного прийняття виробу, у якого значення характеристики дорівнює А. Це приклад ризику споживача, тобто ймовірності прийняття невідповідного виробу.

Значення В на рисунку 6 ілюструє ризик виробника. Значення В перебуває в межах допуску, але є ймовірність (затінена частина розподілу для результатів, коли значення характеристики дорівнює В) виходу результатів за межі допуску, і ця частина є ризиком виробника.

ПРИМІТКА. Поданий вище опис ґрунтується на традиційній моделі ризиків виробника та споживача, відповідно до якої є процес, що продукує вироби з істинними значеннями характеристики, такими як А та В, а далі є розподіл похибок вимірень, що визначає розподіл вимірюваних значень, відповідно до яких приймають рішення. Це теоретична модель. За сучаснішими підходами починають з вимірюваних значень, непевності та обмеженої інформації про процес і розглядають висновки та ймовірності, що з цього випливають. Цей новіший підхід коротко розглянуто нижче.

Конкретний та загальний ризики

Частина хибно відповідних вимірюваних значень, показана на рисунку 6 як затінена частина результатів, пов’язаних зі значенням характеристики А, стосується конкретно до виробів із цим значенням характеристики. Це приклад “конкретного ризику”: ймовірність хибного рішення щодо відповідності для виробу з певним значенням характеристики. Коли значення характеристики дорівнює А, це буде конкретний ризик споживача для значення А. Так само ризик виробника, показаний як затінена частина розподілу для значення В, є конкретним ризиком виробника для значення В.

Важливою особливістю конкретного ризику є те, що він залежить майже винятково від розподілу вимірних значень для певного істинного значення характеристики. З погляду випробувальної лабораторії, що отримує результат вимірення, її оцінка конкретного ризику залежить від вимірюваного значення та непевності вимірів. За будь-якого значення характеристики випробовуваного об'єкта (тобто виробу) конкретний ризик є меншим у разі меншої непевності.

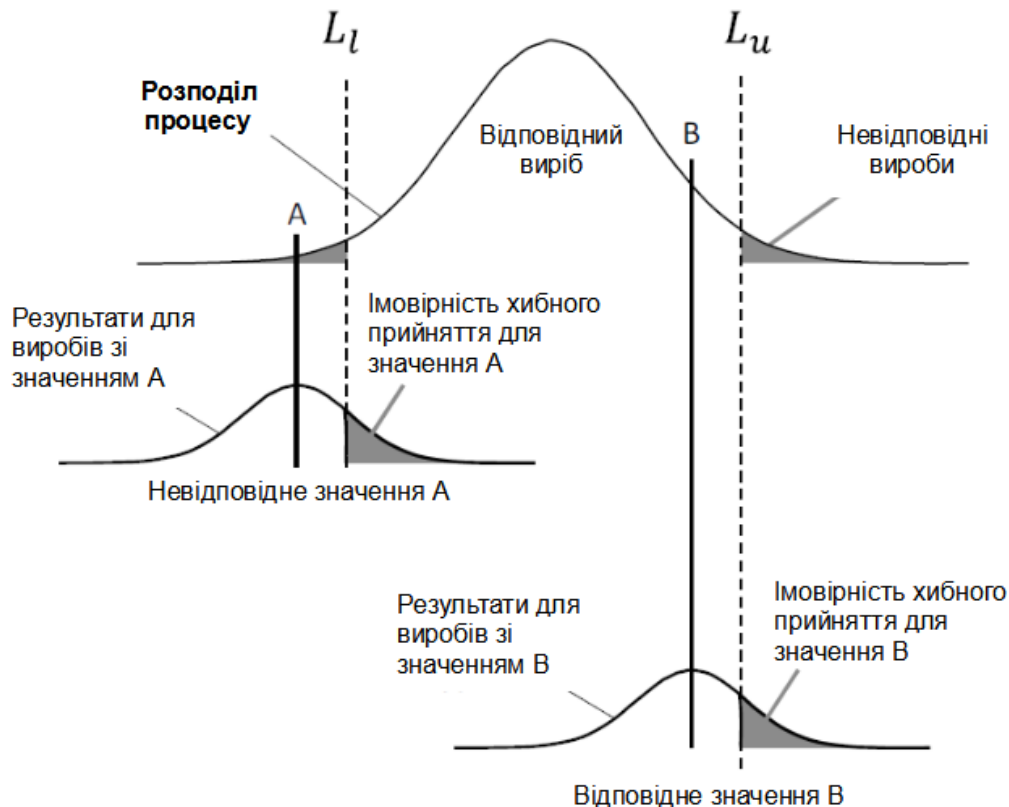


Рисунок 6 — Ризик виробника та споживача. На рисунку показано (у верхній частині) розподіл значень контрольованої величини, зумовлений виробничим чи іншим процесом, і діапазон допустимих значень з межами L_l і L_u , а також розподіли вимірних значень для об'єктів зі значеннями характеристик А та В. Додаткові деталі див. у тексті

Водночас конкретний ризик не описує загальну ймовірність хибних рішень кожного виду, оскільки для кожного з випробовуваних об'єктів (виробів) з різними значеннями характеристики є свій власний конкретний ризик. Тому розглядають другу важливу ймовірність, назва якої – “загальний ризик”. Загальний ризик – це ймовірність прийняти хибне рішення для цілого розподілу продукції. Загальний ризик споживача – це повна ймовірність хибних рішень про прийняття, тобто поєднання конкретних ризиків для всіх можливих значень характеристики для невідповідного продукту, зважених за частотою їх появи. Аналогічно, загальний ризик виробника виникає як поєднання всіх конкретних ризиків виробника за всіх значень в інтервалі між L_l і L_u .

ПРИМІТКА. Загальний ризик обчислюють як суму всіх конкретних ризиків за кожного можливого значення характеристики, помножених на ймовірність появи цих значень. Для неперервного розподілу, подібного до показаного на рисунку 6, ймовірність появи замінують висотою кривої, що описує розподіл процесу (густиною ймовірності), а сума перетворюється на інтеграл за обома розподілами – процесу та вимірювання. Математичні подробиці подано, наприклад, у JCGM 106 [9].

Важлива відмінність між конкретним і загальним ризиками полягає в тому, що загальний ризик сильно залежить від розподілу процесу, тоді як конкретний ризик від нього не залежить.

Наприклад, для гіпотетичного виробничого процесу, що продукує лише вироби, які відповідають вимогам, загальний ризик споживача може бути тільки нульовим, оскільки неможливо, що за результатами контролю буде прийнято виріб, який вимогам не відповідає. Аналогічно, для дуже недосконалого процесу з високою ймовірністю створення невідповідного матеріалу загальний ризик споживача буде порівняно високим.

Однак для випробувальної лабораторії розподіл значень, отриманих у процесі, часто невідомий. Саме з цієї причини випробувальній лабораторії буде найпростіше покладатися на конкретний ризик, а не на загальний. Окрім того, якщо конкретні ризики підтримують на низькому рівні, зокрема через забезпечення малої непевності вимірів, загальні ризики також будуть невеликими. Відповідно, ІЛАС G8 [6] рекомендує, щоб, якщо немає іншої основи для встановлення правила прийняття рішення, це правило передбачало низький конкретний ризик споживача.

Конкретний ризик для результату вимірення

Вище було зазначено, що загальний опис на рисунку 6 ґрунтується на теоретичних розподілах значень, зумовлених виробничим процесом, і результатів вимірень. Перші є “істинними значеннями” характеристик виробів, що їх продукує процес; останні є вимірними значеннями для заданих (істинних) значень характеристик випробовуваних виробів. На практиці вимірювальна лабораторія має лише результати вимірень разом з їхньою непевністю, та інколи може мати інформацію про значення, очікувані від процесу, природного чи виробничого. Таким чином, вимірювальні лабораторії можуть лише оцінювати конкретні та загальні ризики на підставі інформації, що вони її мають.

Коли інформації про виробничий процес є небагато або коли непевність вимірів невелика порівняно з шириною розподілу процесу, конкретний ризик можна адекватно оцінити на підставі непевності вимірів та її розподілу. Відповідний ризик – це просто частка розподілу непевності, що перебуває поза відповідною дозволеною межею. Це відповідає затіненим областям для значень А і В на рисунку 6.

Однак, якщо є суттєва інформація про розподіл процесу, конкретний ризик для окремого випробовуваного об’єкта можна обчислити, урахувавши апіорну ймовірність того, що цей об’єкт відповідає вимогам, на основі розподілу процесу. Це може вплинути, інколи значно, на оцінки конкретних ризиків. Детальний опис обчислень є поза сферою застосування цієї Настанови, але повну інформацію можна знайти в JCGM 106 [9].

Додаток D. Терміни та визначення

Подані нижче визначення ґрунтуються на визначеннях, установлених в ASME B89.7.3.1-2001 [7], VIM [4], GUM [5], ILAC G8 [6] або ISO/IEC 17025 [8].

вимірювана величина (measurand): конкретна величина, що підлягає вимірюванню

розширена непевність (expanded uncertainty): величина, що визначає інтервал навколо результату вимірювання, який, як очікують, охоплюватиме велику частину розподілу значень, що їх можна обґрунтовано приписати вимірюваній величині

результат вимірювання (measurement result): сукупність значень, що їх приписують вимірюваній величині, разом з будь-якою іншою наявною відповідною інформацією

ПРИМІТКА. Результат вимірювання зазвичай виражають як вимірне значення та інтервал непевності.

правило прийняття рішення (decision rule): правило, що описує, як ураховують непевність вимірів, роблячи висновок щодо відповідності установленим вимогам

межа допуску (specification limit, tolerance limit): установлена верхня чи нижня межа допустимих значень властивості

область допуску (specification zone, tolerance zone): інтервал допустимих значень властивості

межа прийнятності (acceptance limit): установлена верхня чи нижня межа допустимих вимірних значень величини

просте прийняття (simple acceptance): правило прийняття рішення, згідно з яким межа прийнятності збігається з межею допуску

область прийнятності (acceptance zone, acceptance interval): така сукупність значень характеристики, для певного вимірювального процесу та правила прийняття рішення, що у разі потрапляння до неї вимірюваного значення характеристики виріб визнають відповідним

область неприйнятності (rejection zone, rejection interval): така сукупність значень характеристики, для певного вимірювального процесу та правила прийняття рішення, що у разі потрапляння до неї вимірюваного значення характеристики виріб визнають невідповідним

запобіжний інтервал (guard band): інтервал між межею допуску та відповідною межею прийнятності

Бібліографія

Інформацію щодо оновлених документів та додаткової літератури можна знайти в “Списку для читання Eurachem” (“Eurachem reading list”) на веб-сайті Eurachem, www.eurachem.org.

1. I. Kuselman, F. Pennechi, R. Bettencourt da Silva, D.B. Hibbert, IUPAC/CITAC Guide: Evaluation of risks of false decisions in conformity assessment of a multicomponent material or object due to measurement uncertainty, (IUPAC Technical Report), Pure Appl. Chem., (2020). Available from doi.org/10.1515/pac-2019-0906.
2. F. Pennechi, M. G. Cox, P. Harris, A. M. H. van der Veen, S. L. R. Ellison, Euramet project EMUE-D2-1-Multicomponent Materials (2020). Available from www.euramet.org.
3. M. H. Ramsey and S. L. R. Ellison (eds.) Eurachem/EUROLAB/CITAC/Nordtest/AMC Guide: Measurement uncertainty arising from sampling: a guide to methods and approaches (2nd ed. 2019). ISBN 978-0-948926-35-8. Available from www.eurachem.org.
4. JCGM 200:2012, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). Available from www.bipm.org.
5. JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Available from www.bipm.org.
6. ILAC G8:2019, Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity. Available from www.ilac.org.
7. ASME B89.7.3.1-2001, Guidelines for decision rules: considering measurement uncertainty in determining conformance with specifications (asme.org).
8. ISO/IEC 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO, Geneva, (2017).
9. JCGM 106:2012, Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment. Available from www.bipm.org.
10. Á. Silva Ribeiro and M. Golze, EUROLAB Technical Report 1/2017: Decision rules applied to conformity assessment, Available from www.eurolab.org.
11. WADA Technical Document – TD2019DL, Decision limits for the confirmatory quantification of threshold substances (2019). Available from www.wada-ama.org.
12. ISO 10576:2003 Statistical methods — Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements — Part 1: General principles, ISO, Geneva, (2003).
13. Commission Decision of 12 August 2002 implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results (2002/657/EC).
14. R. Bettencourt da Silva and A. Williams (eds), Eurachem/CITAC Guide: Setting and using target uncertainty in chemical measurement, (1st ed. 2015). Available from www.eurachem.org.
15. A. Williams, Calculations of the expanded uncertainty for large uncertainties using the lognormal distribution, *Accred. Qual. Assur.*, **25**, 335-338 (2020).
16. A. M. H. van der Veen and G. Nieuwenkamp, Revision of ISO 19229 to support the certification of calibration gases for purity, *Accred. Qual. Assur.*, **24**, 375–380 (2019).
17. JCGM 101:2008, Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Available from www.bipm.org.

18. A. Williams, An alternative to the effective number of degrees of freedom, Comparability and Reliability in Chemical Measurement, Accred. Qual. Assur., **4**, 14 – 17 (1999).
19. R. Kacker and A. Jones, On use of Bayesian statistics to make the guide to the expression of uncertainty in measurement consistent, Metrologia, **40**, 235-248 (2003).
20. S. L. R. Ellison and A. Williams (eds), Eurachem/CITAC Guide: Quantifying uncertainty in analytical measurement, (3rd ed. 2012), ISBN 0 948926 15 5. Available from www.eurachem.org.
21. M. H. Ramsey S. L. R. Ellison S.L.R Uncertainty Factor: an alternative way to express measurement uncertainty in chemical measurement. Accred. Qual. Assur., **20**, 153-155 (2015).

Copyright © 2021

ISBN 978-0-948926-38-9

Переклад на українську мову © 2022