



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ГИРІ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} І M_3

Частина 1. Загальні технічні вимоги
та методи випробування
(OIML R 111-1:2004, IDT)

ДСТУ OIML R 111-1:2008

Видання офіційне



Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2010

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Національний науковий центр «Інститут метрології» (ННЦ «Інститут метрології») Держспоживстандарту України

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: І. Колозінська, Т. Солодуха (науковий керівник), Л. Теплицька

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 14 серпня 2008 р. № 285 з 2010–01–01

3 Національний стандарт відповідає OIML R 111-1:2004 Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements (Гирі класів точності E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ і M₃. Частина 1. Загальні технічні вимоги та методи випробування) і включений з дозволу CEN, rue de Stassart 36, B–1050 Brussels. Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CEN та її національними членами, і будь-яке використання без письмового дозволу Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики (ДССУ) заборонено

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ (зі скасуванням в Україні ДСТУ ГОСТ 7328–2003)

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати та розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України

Держспоживстандарт України, 2010

ЗМІСТ

	С.
Національний вступ	IV
Загальні положення	1
1 Сфера застосування	1
2 Терміни та визначення понять	2
3 Познаки	5
4 Одиниці вимірювання і номінальні значення маси гир	7
Метрологічні вимоги	8
5 Границі допустимої похибки під час повірки	8
Технічні вимоги	9
6 Форма	9
7 Конструкція	10
8 Матеріал	12
9 Магнітні властивості	13
10 Густина	13
11 Стан поверхні	14
12 Підгонка	15
13 Маркування	15
14 Подання	17
Метрологічний контроль	17
15 Проведення метрологічного контролю	17
16 Контрольне маркування	19
Додаток А Приклади різних форм та розмірів	20
Додаток В Процедури випробовування гир	24
Додаток С Калібрування гир або набору гир	54
Додаток D Статистичний контроль	61
Додаток E CIPM-формула та апроксимуюча формула	64
Бібліографія	66
Додаток НА Перелік національних стандартів, ідентичних міжнародним, на які є посилання в цьому стандарті	68

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВИСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад OIML R 111-1:2004 *Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements* (Гирі класів точності E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ і M₃. Частина 1. Загальні технічні вимоги та методи випробування).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 156 «Прилади для вимірювання маси, сили, деформації та визначення механічних характеристик матеріалів».

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмова», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

— назву стандарту викладено відповідно до змісту стандарту;

— слова «рекомендація», «рекомендація OIML» замінено на «стандарт»;

— до розділів 1 (1.3.1), 2 (2.3.1, 2.18, 2.18.1), 15, 16 (16.1) долучено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою;

— позначки одиниць вимірювання фізичних величин подано відповідно до ДСТУ 3651.1–97;

— крапку, як показник десяткових знаків, замінено на кому;

— долучено національний довідковий додаток НА для задоволення потреб користувачів.

ISO 3274, ISO 4288, OIML D 20, OIML D 28, OIML R 111-2, на які є посилання в цьому стандарті, прийнято в Україні як національні стандарти. Їхній перелік наведено в додатку НА.

Решту стандартів не прийнято і чинних стандартів замість них немає.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна замовити в Головному фонді нормативних документів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ГИРИ КЛАСІВ ТОЧНОСТІ E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} І M_3

Частина 1. Загальні технічні вимоги та методи випробування

ГИРИ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} И M_3

Часть 1. Общие технические требования и методы испытаний

WEIGHTS OF CLASSES E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} AND M_3

Part 1. General technical requirements and test methods

Чинний від 2010-01-01

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт установлює технічні, зокрема метрологічні вимоги (наприклад основні фізичні характеристики) до гир, що застосовують:

- як еталонні — для перевірки зважувальних приладів;
- як еталонні — для перевірки чи калібрування гир більш низького класу точності;
- під час роботи зі зважувальними приладами.

1.2 Застосування

Цей стандарт застосовують до гир номінальною масою від 1 мг до 5000 кг класів точності E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} і M_3 .

1.3 Найменший клас точності гир

Клас точності гир, які застосовують як еталонні для перевірки гир або зважувальних приладів, повинен відповідати вимогам відповідних стандартів.

1.3.1 Класи точності гир OIML визначають так:

Клас точності E_1

Гирі, призначені для забезпечення простежуваності між національними еталонами одиниці маси (значення маси яких отримано від міжнародного прототипу кілограма) і гирями класів точності E_2 або нижче. Гирі або набори гир класу точності E_1 потрібно супроводжувати свідоцтвами про калібрування (див. 15.2.2.1).

Клас точності E_2

Гирі, призначені для застосування під час перевірки чи калібрування гир класу точності F_1 або для застосування під час роботи зі зважувальними приладами спеціального класу точності I. Гирі чи набори гир класу точності E_2 потрібно супроводжувати свідоцтвами про калібрування (див. 15.2.2.2). Їх можна застосовувати як гирі класу E_1 , якщо вони відповідають вимогам, що пред'являють до шорсткості поверхні, магнітній сприйнятливості й намагніченості для гир класу точності E_1 , і якщо у свідоцтвах про калібрування наведено відповідні дані, як це зазначено в 15.2.2.1.

Клас точності F_1

Гирі, призначені для застосування під час перевірки або калібрування гир класу точності F_2 і для застосування під час роботи зі зважувальними приладами спеціального класу точності I та високого класу точності II.

Клас точності F₂

Гирі, призначені для застосування під час повірки або калібрування гир класу точності M₁ і, можливо, класу точності M₂. Також призначені для застосування у важливих комерційних операціях (наприклад із дорогоцінними металами й каменями) під час роботи зі зважувальними приладами високого класу точності II.

Клас точності M₁

Гирі, призначені для застосування під час повірки або калібрування гир класу точності M₂ і для застосування під час роботи зі зважувальними приладами середнього класу точності III.

Клас точності M₂

Гирі, призначені для застосування під час повірки або калібрування гир класу точності M₃, під час основних комерційних операцій і роботи зі зважувальними приладами середнього класу точності III.

Клас точності M₃

Гирі, призначені для застосування під час роботи зі зважувальними приладами середнього класу точності III і звичайного класу точності IIII.

Класи точності M_{1,2} та M_{2,3}

Гирі масою від 50 кг до 5000 кг більш низької точності, призначені для застосування під час роботи зі зважувальними приладами середнього класу точності III.

Примітка. Похибка визначення маси гирі, застосовуваної для повірки зважувального приладу, не повинна перевищувати третини від границь допустимої похибки для приладу. Ці значення наведено в 3.7.1 OIML R 76 Nonautomatic Weighing Instruments (1992).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ
OIML R 76:1992 Неавтоматичні зважувальні прилади.

2 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Термінологія, яку застосовують у цьому стандарті, відповідає *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (редакція 1993 р.) [1] і *International Vocabulary of Terms in legal Metrology* (редакція 2000 р.) [2]. Крім того, у цьому стандарті застосовують терміни та визначення позначених ними понять, наведені нижче.

2.1 клас точності (accuracy class)

Позначка класу точності гирі або набору гир, який співвідноситься з певними метрологічними вимогами, спрямованими на підтримання значення маси в межах нормованих границь

2.2 ваги (balance)

Прилад, що показує уявну масу, чутливу до таких сил:

$$F_g = m \cdot g \quad \text{сила тяжіння;}$$

$$F_b = V \cdot \rho_a \cdot g = \frac{m}{\rho} \rho_a \cdot g \quad \text{виштовхувальна сила повітря, пропорційна вазі витиснутого повітря;}$$

$$F_z = \mu_0 \iiint_V (M + \chi H) \frac{\partial H}{\partial z} dV \quad \text{вертикальний градієнт магнітної взаємодії між гирею і вагами та/або навколишнім середовищем;}$$

H і M — вектори;

z — вертикальна прямокутна координата.

Якщо магнітними ефектами можна знехтувати, оскільки постійна намагніченість (M) гирі та магнітна сприйнятливість (χ) досить малі, а також ваги відградуєвано за допомогою еталонних гир відомої маси, то ваги можуть застосовувати для індикації умовного значення маси тіла, m_e , за нормальних умов

2.3 калібрування (calibration)

Сукупність операцій, які встановлюють за заданих умов співвідношення між значеннями величин, відображених вимірювальним приладом або вимірювальною системою, або значеннями, представленими матеріальною мірою або стандартним зразком, і відповідними значеннями, відтворюваними еталонами.

Примітка 1. Результат калібрування дає змогу або приписати показам вимірювані величини, або визначити поправки до показів.

Примітка 2. Калібрування може також визначати інші метрологічні властивості, такі як ефект впливних чинників.

Примітка 3. Результат калібрування може бути записано в документі, що іменується свідоцтвом про калібрування або протоколом калібрування

2.3.1 свідоцтво про калібрування (протокол) (calibration certificate (report))

Свідоцтво, видане уповноваженою чи проакредитованою лабораторією, у якому записано результати калібрування.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Згідно з національним законодавством України калібрувальні лабораторії акредитують на відповідність вимогам ДСТУ ISO 17025.

2.4 сертифікат відповідності (certificate of conformity)

Документ, установлений національною уповноваженою організацією, який указує на довіру, що визначена гиря, набір гир або зразки відповідають наведеним вимогам цього стандарту (див. OIML Certificate System for Measuring Instruments)

2.5 контрольний еталон (check standard)

Еталон, який застосовують у процесі статистичного контролю, щоб забезпечити «перевірку» для гарантії того, що еталони, вимірювальні процеси та результати знаходяться всередині допустимих статистичних границь

2.6 звіряння (comparison)

Метод вимірювання, заснований на порівнянні значення вимірюваної величини з відомим значенням тієї самої величини

2.7 умовна маса (також має назву умовне значення маси) (conventional mass also called the conventional value of mass)

Умовне значення результату зважування в повітрі відповідно до OIML D 28 [3]. Для гирі за нормальної температури (t_{ref}) 20 °C, умовне значення маси — це значення маси еталонної гирі густиною (ρ_{ref}) 8000 кг/м³, що врівноважує її в повітрі, умовна густина якого (ρ_0) — 1,2 кг/м³

2.8 густина тіла (density of a body)

Співвідношення між масою та об'ємом тіла, яке визначають за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2.9 магнітні властивості (magnetism)

Ефект, що спричиняє силу притягання або силу відштовхування

2.9.1 магнітний дипольний момент, m_d (magnetic dipole moment (m_d))

Параметр магнітного диполя. Напруженість магнітного поля, спричинена диполем, також як і сила між диполем та намагніченим зразком, пропорційна цьому дипольному моменту

2.9.2 напруженість магнітного поля, H (magnetic field strength (H))

Локалізована магнітна інтенсивність, спричинена магнітним матеріалом, таким як постійний магніт або електричний контур

2.9.3 сила магнітного поля (F_1, F_2, F_a, F_{max} і F_z) (magnetic force (F_1, F_2, F_a, F_{max} і F_z))

Сила, що генерується магнітним або магнітно сприйнятливим матеріалом за допомогою зовнішніх магнітних полів

2.9.4 магнітна проникність, μ (magnetic permeability (μ))

Здатність речовини видозмінювати магнітне поле

2.9.5 магнітна стала (магнітна проникність вакууму, μ_0) (magnetic constant (magnetic permeability of vacuum (μ_0)))

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$$

2.9.6 (об'ємна) магнітна сприйнятливість, χ (volume) magnetic susceptibility (χ))

Здатність речовини видозмінювати магнітне поле. Вона має відношення до магнітної проникності (μ) у вигляді відношення: $\mu/\mu_0 = 1 + \chi$. Величина μ/μ_0 іноді стосується відносної проникності μ_r

2.9.7 (постійна) намагніченість, M ((*permanent*) *magnetization* (M))

Параметр, що нормує стан намагніченості матеріальних тіл, таких як гирі, за відсутності зовнішнього магнітного поля (у більшості випадків, намагніченість — це вектор, чия величина й напрямок не обов'язково постійні всередині матеріалу). Намагніченість тіла спричиняє неоднорідність магнітного поля у просторі й отже може створювати магнітні поля, що діють на інші матеріали

2.10 границі допустимої похибки (δm або gdp) (*maximum permissible error* (δm or mpe))

Найбільше припустиме значення різниці, яке допускають національні норми, між вимірюваним умовним значенням маси й номінальним значенням маси гирі, яку визначено відповідними еталонними гирями

2.11 параметр шорсткості або R -параметр (R_a або R_z) (*roughness parameter or R-parameter* (R_a or R_z))

Параметр, який описує оцінений профіль шорсткості зразка. Літера R зазначає тип оціненого профілю, у цьому випадку R для профілю шорсткості. Оцінений профіль зразка може бути в одиницях різних типів профілів: профіль шорсткості або R -параметр, основний профіль або R -параметр, профіль хвилястості або W -параметр [4]

2.12 гирі-допуски (*sensitivity weight*)

Гирі, що застосовують для визначення чутливості зважувального приладу (див. Т.4.1 в OIML R 76-1)

2.13 набір гир або складені гирі (*set of weights or weight set*)

Комплект або набір гир, які зазвичай підібрано так, щоб уможливити будь-яке зважування всіх вантажів у діапазоні від маси гирі з найменшим номінальним значенням маси до сумарної маси всіх гир комплекту в такій послідовності, за якої маса гирі з найменшим номінальним значенням маси становить найменший крок комплекту. Гирі мають схожі метрологічні характеристики й такі самі або різні номінальні значення, як визначено в 4.3 цього стандарту, а також належать до одного класу точності

2.14 температура, t (*temperature* (t))

У градусах Цельсія, що стосується абсолютної термодинамічної температурної шкали, яка іменується шкалою Кельвіна: $t = T - 273,15$ К

2.15 випробування (*test*)

Технічна процедура, що полягає у визначенні однієї або більше характеристик, або показників даного продукту, матеріалу, устаткування, організму, фізичного явища, процесу або функції відповідно до нормованої процедури (базується на 13.1 Test, ISO/IEC Guide 2 [5])

2.16 випробна гиря, m_i (*test weight* (m_i))

Гиря, яку має бути випробувано відповідно до цього стандарту

2.17 тип (*type*)

Установлена модель гир або набору гир, якій вони відповідають

2.17.1 оцінення типу (*type evaluation*)

Систематичне вивчення та досліджування представника типу гир або наборів гир відповідно до задокументованих вимог цього стандарту, результати яких вносять до протоколу випробувань

2.17.2 затвердження типу (*type approval*)

Процес ухвалення рішення уповноваженим органом, заснований на огляді протоколу випробування під час затвердження типу для гир або набору гир, і винесення висновку щодо того, чи відповідає тип обов'язковим вимогам цього стандарту для законного застосування

2.18 повірка (*verification*)

Усі операції, виконані національною метрологічною службою (або іншою законно уповноваженою організацією), що мають на меті встановлення та підтвердження того, що гиря цілком задовольняє вимоги норм щодо повірки. Повірка охоплює досліджування та таврування (скорочено з VIML 2.4 та 2.13).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

В Україні повірку може проводити територіальний орган та метрологічний центр, уповноважений центральним органом виконавчої влади у сфері метрології.

2.18.1 первинна повірка (initial verification)

Сукупність випробувань і візуальний огляд, проведені до того як устаткування — гирю — вводять в експлуатацію із метою встановлення відповідності виробленої гирі або набору гир зазначеному типу й вимогам, а також установлення факту, що метрологічні характеристики знаходяться в нормованих границях для первинної повірки зразків цього типу. Якщо гирі або набір гир успішно пройшли всі випробовування та досліджування, то вони отримують правовий статус шляхом його прийняття, що підтверджують тавром і/або діючим свідоцтвом про повірку (скорочено з OIML D 20 Initial and subsequent verification of measuring instruments and processes (1988)).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

OIML D 20 Первинна та періодична повірка засобів вимірювальної техніки та процедури.

2.18.2 періодична повірка або контроль в експлуатації (subsequent verification or in-service inspection)

Сукупність випробувань і візуальний огляд, який також проводить офіційний представник служби законодавчої метрології (інспектор) із метою підтвердження, що гирі або набір гир протягом певного періоду часу після попередньої повірки продовжують відповідати встановленим вимогам, а їхні метрологічні характеристики знаходяться в межах допустимих границь. Якщо гирі або набір гир успішно пройшли всі випробовування та досліджування, то їхній правовий статус підтверджують або повторно встановлюють, що підтверджують тавруванням і/або діючим свідоцтвом про повірку. Під час повірки зразків із метою повірки сукупності гир вважають повіреними всі одиниці сукупності

2.19 гиря (weight)

Матеріальна міра маси, регламентована відповідно до її фізичних і метрологічних характеристик: форма, розміри, матеріал, якість поверхні, номінальне значення, густина, магнітні властивості та границі допустимої похибки

2.20 вага тіла, F_g (weight of a body (F_g))

Гравітаційна сила, з якою тіло притягується до землі. Слово «вага» означає величину такої самої властивості, як і сила: вага тіла — це добуток його маси та прискорення сили тяжіння.

3 ПОЗНАКИ

Познака	Одиниця вимірювання	Визначення
A	м²	Площа;
B	Т	Магнітна індукція в речовині;
B_E	Т	Покази навколишнього магнітного поля, отриманого за допомогою вимірювача магнітної індукції за відсутності гирі;
B₀	Т	Магнітна індукція у вакуумі;
C	—	Поправка на виштовхувальну силу;
C_a	—	Поправка на виштовхувальну силу для густини повітря протягом циклу зважування в повітрі;
C_{al}	—	Поправка на виштовхувальну силу для густини повітря протягом циклу зважування в рідині;
C_s	—	Поправка на виштовхувальну силу для густини гирі-допуску;
D	кг	Різниця показів ваг між найменшим і найбільшим значеннями, отриманими за визначення похибки від розташування вантажу на платформі;
d	кг	Ціна поділки шкали;
F₁	Н	Середнє значення сили, обчислене за використання середнього значення зміни маси, вимірюване на компараторі маси, для першого набору показів;
F₂	Н	Середнє значення сили, обчислене за використання середнього значення зміни маси, вимірюване на компараторі маси, для другого набору показів;
F_a	Н	Середнє значення сили, використовуване для магнітної сприйнятливості;
F_b	Н	Середнє значення сили, використовуване для намагніченості;

F_g	Н	Сила тяжіння;
F_{\max}	Н	Максимальне значення сили для магнітної сприйнятливості;
F_z	Н	Сила магнітного поля між компаратором маси й гирею у вертикальному напрямку або за аплікатою;
g	м/с ²	Прискорення сили тяжіння
h	мм або м	Висота;
H	А/м	Напруженість магнітного поля;
H_{EZ}	А/м	Вертикальний градієнт напруженості магнітного поля землі;
hr	%	Відносна вологість;
ΔI	кг	Різниця показів ваг, де $\Delta I = I_t - I_r$;
ΔI_a	кг	Різниця показів ваг під час зважування в повітрі, де $\Delta I_a = I_{ta} - I_{ra}$;
ΔI_l	кг	Різниця показів ваг під час зважування в рідині, де $\Delta I_l = I_{tl} - I_{rl}$;
ΔI_s	кг	Зміна показів ваг, спричинена гирею-допуском;
I	кг	Покази зважувального приладу (ціна поділки шкали);
I_a	—	Геометричний поправочний коефіцієнт [6];
I_b	—	Геометричний поправочний коефіцієнт [6];
I_{dl}	—	Покази ваг для різниці витиснутої рідини;
I_l	—	Покази ваг для резервуара і рідини, що міститься в ньому;
I_{l+t}	—	Покази ваг для резервуара, що містить рідину і гирю;
I_{ta}	—	Покази ваг для випробної гирі в повітрі (після вибирання маси тари);
I_{tl}	—	Покази ваг для випробної гирі в рідині (після вибирання маси тари);
j	—	Порядковий індекс для кількості випробних гир або номера серій вимірювань;
k	—	Коефіцієнт охоплення, зазвичай 2 або 3 GUM [7];
m	кг	Маса твердого тіла (гирі);
M	А/м	Постійна намагніченість (див. також $\mu_0 M$);
M_H	кг/моль	Молярна маса води (формула Е.1);
M_a	кг/моль	Молярна маса сухого повітря;
m_c	кг	Умовне значення маси гирі;
m_{cr}	кг	Умовне значення маси еталонної гирі;
m_{cl}	кг	Умовне значення маси випробної гирі;
Δm_c	—	Середнє значення різниці показів, отриманої під час зважування, між випробною й еталонною гирями, і ρ_{ref} густини еталонної гирі;
m_d	Ам ²	Магнітний момент (магніту, що застосовують у вимірювачі магнітної проникності);
m_o	кг	Номінальне значення маси гирі (наприклад 1 кг);
m_r	кг	Дійсне значення маси еталонної гирі за звірення з випробною гирею, обидві гирі знаходяться в повітрі або занурено в рідину;
m_{ra}	кг	Дійсне значення маси еталонної гирі за звірення стосовно випробної гирі, обидві гирі знаходяться в повітрі;
m_{rl}	кг	Дійсне значення маси комбінації еталонних гир за звірення стосовно випробної гирі, еталонні гирі знаходяться в повітрі, випробні гирі — в рідині;
m_s	кг	Дійсне значення маси гирі-допуску;
m_t	кг	Дійсне значення маси випробної гирі;
m_{wa}	кг	Дійсне значення маси гирі в повітрі;
m_{wl}	кг	Дійсне значення маси гирі в рідині;
Δm	кг	Різниця значень маси, зазвичай між випробною й еталонною гирями;
$\overline{\Delta m}$	кг	Середнє значення серії вимірювання, що містить число ідентичних циклів зважування або кількість серій, що мають приблизно однакові середньоквадратичні відхили;
Δm_c	кг	Різниця умовних значень маси;
n	—	Порядковий індекс числа послідовних вимірювань;
p	Па або ГПа	Атмосферний тиск;
p_{sv}	Па	Тиск насиченої пари вологого повітря;
R	Дж/(моль·К)	Молярна газова стала;
R_a	мкм	Середня висота профілю шорсткості (R -параметр) (див. розділ 11);
R_z	мкм	Максимальна висота профілю шорсткості (R -параметр) (див. розділ 11);
r	—	Підрядковий індекс для еталонної гирі;
s	кг	Середньоквадратичний відхил;

s	—	Порядковий індекс для гирі-допуску;
T	K	Термодинамічна температура за використання міжнародної температурної шкали 1990 р. (ITS-90);
t	—	Порядковий індекс для випробної гирі;
t	°C	Температура за шкалою Цельсія, де $t = T - 273,15$ K;
t_{ref}	°C	Нормальна температура;
U	кг	Розширена невизначеність;
u	кг	Стандартна невизначеність;
u(m_i)	кг	Невизначеність маси еталонної гирі;
u_b	кг	Невизначеність поправки на виштовхувальну силу;
u_{ba}	кг	Невизначеність внеску, зумовленого вагами;
u_{ba}($\overline{\Delta m_c}$)	кг	Сумарна стандартна невизначеність ваг;
u_c	кг	Сумарна стандартна невизначеність;
u_d	кг	Невизначеність внеску, зумовленого дискретністю відліку електронних ваг;
u_E	кг	Невизначеність внеску, зумовленого розташуванням вантажу на платформі;
u_{inst}	кг	Невизначеність внеску, зумовленого нестабільністю еталонної гирі;
u_{ma}	кг	Невизначеність внеску, зумовленого магнітними властивостями;
u_s	кг	Невизначеність внеску, зумовленого чутливістю ваг;
u_w	кг	Невизначеність внеску, зумовленого процесом зважування;
V	м ³	Об'єм твердого тіла (гирі);
V_{ri}	м ³	Об'єм <i>i</i> -ої еталонної гирі в комбінаціях гир;
χ_v	—	Мольна частка водяної пари;
Z	—	Коефіцієнт стисливості;
Z₁	мм	Відстань від вершини гирі до центра магніту (рисунок В.1);
Z₀	мм	Відстань від центра магніту до основи гирі (рисунок В.1);
ρ_a	кг/м ³	Густина вологого повітря;
ρ₀	кг/м ³	Густина повітря, узятя як умовне значення, яка дорівнює 1,2 кг/м ³ ;
ρ_r	кг/м ³	Густина еталонної гирі з дійсним значенням маси <i>m_r</i> ;
ρ_{ra}	кг/м ³	Густина еталонної гирі з дійсним значенням маси <i>m_{ra}</i> ;
ρ_{ref}	кг/м ³	Умовна густина (наприклад 8000 кг/м ³);
ρ_n	кг/м ³	Густина еталонної гирі з дійсним значенням маси <i>m_n</i> ;
ρ_s	кг/м ³	Густина гирі-допуску;
ρ_t	кг/м ³	Густина випробної гирі;
ρ_x	кг/м ³	Густина сплаву (x);
ρ_y	кг/м ³	Густина сплаву (y);
δm/m₀	—	Границі допустимої відносної похибки гир;
μ	H/A ²	Магнітна проникність;
μ_r	—	Відносна магнітна проникність (μ/μ ₀);
μ₀	H/A ²	Магнітна стала (магнітна проникність вакууму, μ ₀ = 4π · 10 ⁻⁷ H/A ²);
μ₀M	T	Магнітна поляризація;
χ	—	(Об'ємна) магнітна сприйнятливість.

4 ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ І НОМІНАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ МАСИ ГИР

4.1 Одиниці вимірювання

Одиниці вимірювання, що застосовують:

- для маси — міліграм (мг), грам (г) і кілограм (кг);
- для густини — кілограм на метр кубічний (кг/м³).

4.2 Номінальні значення маси

Номінальні значення маси гир або набору гир повинні дорівнювати $1 \cdot 10^n$ кг, $2 \cdot 10^n$ кг або $5 \cdot 10^n$ кг, де *n* — ціле додатне або від'ємне число, або нуль.

4.3 Ряди гир

4.3.1 Набір гир може складатися з різних рядів номінальних значень маси. Якщо ряди гир використовують у наборі гир, то необхідно застосовувати такі окремі ряди гир:

$(1; 1; 2; 5) \cdot 10^n$ кг,
 $(1; 1; 1; 2; 5) \cdot 10^n$ кг,
 $(1; 2; 2; 5) \cdot 10^n$ кг або
 $(1; 1; 2; 2; 5) \cdot 10^n$ кг,

де n — ціле додатне або від'ємне число, або нуль.

4.3.2 Набір гир може також містити складені гирі, усі частини яких мають однакові номінальні значення маси (наприклад 10 частин або одиниць, кожна частина або одиниця номінальною масою $5 \cdot 10^n$ кг).

МЕТРОЛОГІЧНІ ВИМОГИ

5 ГРАНИЦІ ДОПУСТИМОЇ ПОХИБКИ ПІД ЧАС ПОВІРКИ

5.1 Границі допустимої похибки під час первинної та періодичної повірок або контролю в експлуатації

5.1.1 Границі допустимої похибки під час первинної повірки окремих гир наведено в таблиці 1 і стосуються умовного значення маси.

5.1.2 Границі допустимої похибки під час періодичної повірки або контролю в експлуатації дозволено на розсуд кожної країни. Якщо, однак, границі допустимої похибки під час первинної повірки допускають більше від наведених у таблиці 1, то гирю не можна визнавати такою, що відповідає класу точності цього стандарту.

5.2 Розширена невизначеність

Для кожної гирі розширена невизначеність умовного значення маси U за $k = 2$ повинна бути менше або дорівнювати третині границь допустимої похибки таблиці 1.

$$U \leq 1/3 \delta m \quad (5.2-1)$$

5.3 Умовне значення маси

5.3.1 Для кожної гирі умовне значення маси m_c (визначене з розширеною невизначеністю U згідно з 5.2) не повинно відрізнятися від номінального значення маси гирі m_0 на величину, яка перевищує границі допустимої похибки, мінус розширена невизначеність:

$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U) \quad (5.3-1)$$

5.3.2 Для гир класів точності E_1 і E_2 , що завжди супроводжуються свідоцтвами, які надають супровідну інформацію (установлену в 15.2.1), відхил від номінального значення маси $m_c - m_0$ потрібно брати користувачеві до уваги.

Таблиця 1 — Границі допустимої похибки для гир ($\pm \delta m$, мг)

Номінальне значення маси*	Клас E_1	Клас E_2	Клас F_1	Клас F_2	Клас M_1	Клас $M_{1,2}$	Клас M_2	Клас $M_{2,3}$	Клас M_3
5000 кг			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2000 кг			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1000 кг		1600	5000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 кг		800	2500	8000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 кг		300	1000	3000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 кг		160	500	1600	5000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 кг	25	80	250	800	2500	5000	8000	16 000	25 000
20 кг	10	30	100	300	1000		3000		10 000
10 кг	5,0	16	50	160	500		1600		5000
5 кг	2,5	8,0	25	80	250		800		2500

Кінець таблиці 1

Номинальне значення маси*	Клас E ₁	Клас E ₂	Клас F ₁	Клас F ₂	Клас M ₁	Клас M _{1,2}	Клас M ₂	Клас M _{2,3}	Клас M ₃
2 кг	1,0	3,0	10	30	100		300		1000
1 кг	0,5	1,6	5,0	16	50		160		500
500 г	0,25	0,8	2,5	8,0	25		80		250
200 г	0,10	0,3	1,0	3,0	10		30		100
100 г	0,05	0,16	0,5	1,6	5,0		16		50
50 г	0,03	0,10	0,3	1,0	3,0		10		30
20 г	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5		8,0		25
10 г	0,020	0,06	0,20	0,6	2,0		6,0		20
5 г	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6		5,0		16
2 г	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2		4,0		12
1 г	0,010	0,03	0,10	0,3	1,0		3,0		10
500 мг	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 мг	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6		2,0		
100 мг	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 мг	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 мг	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3				
10 мг	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
2 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
1 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				

* Номинальні значення маси гир у таблиці 1 установлюють найменшу і найбільшу гирю, що допустимо в будь-якому класі цього стандарту, границі допустимої похибки й позначки не повинні екстраполюватися до більших або менших значень. Наприклад, найменше номінальне значення для гирі класу M₂ — 100 мг, у той час як найбільше — 5000 кг. Гирю 50 мг не будуть визнавати як гирю класу M₂, а замість цього вона повинна задовольняти вимоги до границь допустимої похибки та інші вимоги (наприклад форма і маркування) для гир класу M₁. Інакше гирю не можна характеризувати як таку, що відповідає цьому стандарту.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

6 ФОРМА

6.1 Загальні вимоги

6.1.1 Гирі повинні мати просту геометричну форму, щоб полегшити їхнє виробництво. Вони не повинні мати крутих зрізів або кутів, щоб запобігти їхньому зношуванню, і явних порожнин, щоб запобігти відкладенням (наприклад бруду) на їхній поверхні.

6.1.2 Гирі даного набору гир повинні мати однакову форму, за винятком гирі номінальною масою 1 г і менше.

6.2 Гирі номінальною масою 1 г або менше

6.2.1 Гирі номінальною масою менше ніж 1 г повинні бути плоскими багатокутними пластинами або дротом формою, яка відповідає таблиці 2, що дозволяє легке поводження.

6.2.2 Гирі номінальною масою 1 г можуть бути плоскими багатокутними пластинами або дротом (див. 6.3.1). Форма гир, немаркованих за номінальними значеннями маси, повинна відповідати значенням, наведеним у таблиці 2.

Таблиця 2 — Форма гир номінальною масою 1 г і менше

Номінальні значення маси, мг	Багатокутні пластини	Дроти		
5, 50, 500	П'ятикутник	П'ятикутник	} або {	5 сегментів
2, 20, 200	Квадрат	Квадрат		2 сегменти
1, 10, 100, 1000	Трикутник	Трикутник		1 сегмент

6.2.3 Набір гир може містити більше ніж один вид форми, що відрізняється від іншого. Однак, ряд гир формою, що відрізняється, не повинен міститися між двома рядами гир, що мають однакову форму.

6.3 Гирі номінальною масою від 1 г до 50 кг

6.3.1 Гиря номінальною масою 1 г може мати форму гир, кратних 1 г, більшої та меншої номінальної маси.

6.3.2 Гирі номінальною масою від 1 г до 50 кг можуть мати зовнішні розміри, показані на рисунках і в таблицях додатка А.

6.3.2.1 Ці гирі можуть також мати циліндричне або злегка звужене конічне тіло (див. приклад на рисунку А.1). Висота тіла повинна знаходитися між $3/4$ і $5/4$ від його середнього діаметра.

6.3.2.2 Ці гирі також може бути оснащено піднімальною голівкою, що має висоту між половиною й цілим значенням середнього діаметра тіла.

6.3.3 У доповнення до згаданих вище форм (6.3.2) гирі номінальною масою від 5 кг до 50 кг можуть мати різну форму, що підходить для методу поводження з ними. Замість піднімальної голівки вони можуть мати негнучкі керувальні пристосовання, об'єднані з гирею, такі як вали, рукоятки, гачки, серги тощо.

6.3.4 Гирі класів точності М номінальних значень маси від 5 кг до 50 кг можуть також мати форму прямокутних паралелепіпедів із закругленими кромками та жорсткою рукояткою. Типові приклади розмірів цих гир показано на рисунках А.2 та А.3.

6.4 Гирі номінальною масою 50 кг або більше

6.4.1 Гирі номінальною масою 50 кг або більше можуть мати циліндричну, прямокутну чи інші придатні форми. Форма повинна забезпечувати безпечне збереження та поводження.

6.4.2 Гирі номінальною масою 50 кг або більше може бути оснащено негнучкими керувальними пристосованнями, такими як вали, рукоятки, гачки, серги тощо.

6.4.3 Якщо гирі класів точності М призначено для переміщення на пласкій підлозі (чи на рейках), то їх має бути оснащено рольгангами або пазами з обмеженою площею.

7 КОНСТРУКЦІЯ

7.1 Гирі класів точності Е

7.1.1 Гирі класу точності E_1 номінальною масою від 1 мг до 50 кг

Гирі класу точності E_1 номінальною масою від 1 мг до 50 кг повинні бути цілісними і не повинні мати порожнин, відкритих для навколишніх умов. Вони повинні складатися з цілісного куска матеріалу.

7.1.2 Гирі класу точності E_2 номінальною масою більше ніж 50 кг

7.1.2.1 Гирі класу точності E_2 номінальною масою більше ніж 50 кг можуть мати підгінну порожнину. Об'єм цієї порожнини не повинен перевищувати $1/1000$ від загального об'єму гирі. Порожнину потрібно опечатувати, вона повинна бути водо- та повітронепроникною (наприклад за допомогою зварювання). Різьбова пробка зі шліцом під викрутку або керувальне пристосовання, таке як голівка, рукоятка, серга тощо, повинні закривати підгінну порожнину. Матеріал пробки повинен бути таким самим як тіло гирі та відповідати вимогам до поверхні для класу E_2 .

7.1.2.2 Після первинної підгонки приблизно половина від загального об'єму підгінної порожнини повинна бути порожньою.

7.2 Гирі класів точності F

Гирі класів точності F можуть складатися з однієї або більше частин, виготовлених із того самого матеріалу.

7.2.1 Гирі класів точності F номінальною масою від 1 г до 50 кг

7.2.1.1 Гирі класів точності F номінальною масою від 1 г до 50 кг можуть мати підгінну порожнину. Об'єм цієї порожнини не повинен перевищувати 1/4 від загального об'єму гирі. Порожнина повинна закриватися за допомогою піднімальної голівки або будь-якими іншими придатними пристосуваннями.

7.2.1.2 Після первинної підгонки приблизно половина від загального об'єму підгінної порожнини повинна бути порожньою.

7.2.2 Гирі класів точності F номінальною масою більше ніж 50 кг

Гирі класів точності F номінальною масою більше ніж 50 кг можуть також складатися із зібраних в один корпус кількох частин, закритих і заварених для водо- та повітронепроникності. Уміст корпуса складається з матеріалу, що відрізняється від матеріалу корпуса, і він повинен відповідати вимогам до магнітних властивостей для класів F_1 і F_2 . Стіни корпуса повинні бути досить твердими, щоб не відбувалося деформації внаслідок змін тиску навколишнього повітря, поведження, ударів тощо. Відношення між масою й об'ємом повинні відповідати вимогам до густини, наведеним у таблиці 5.

7.2.2.1 Гирі класів точності F номінальною масою більше ніж 50 кг можуть мати підгінну порожнину. Об'єм цієї порожнини не повинен перевищувати 1/20 від загального об'єму гирі. Підгінну порожнину потрібно опечатувати, і вона повинна бути водо- та повітронепроникною (наприклад за допомогою зварювання). Різьбова пробка зі шліцом під викрутку або керувальне пристосування, таке як голівка, рукоятка, серга тощо, повинні закривати порожнину.

7.2.2.2 Після первинної підгонки приблизно половина від загального об'єму підгінної порожнини повинна бути порожньою.

7.3 Гирі класів точності M

7.3.1 Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 1 г до 50 кг

7.3.1.1 Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 1 г до 10 г повинні бути цілісними без підгінної порожнини. Для гир класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 20 г до 50 г підгінна порожнина необов'язкова. Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 100 г до 50 кг повинні мати підгінну порожнину. Однак підгінна порожнина необов'язкова для гир класів точності M_1 і M_2 номінальною масою від 20 г до 200 г, виготовлених із нержавіючої сталі. Підгінну порожнину виконують так, щоб запобігати нагромадженню сторонніх речовин або сміття і щоб дозволити надійне закриття порожнини та відкриття її для додаткової підгонки. Об'єм підгінної порожнини не повинен перевищувати 1/4 від загального об'єму гирі.

7.3.1.2 Після первинної підгонки приблизно половина від загального об'єму підгінної порожнини повинна бути порожньою.

7.3.2 Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 100 г до 50 кг циліндричної форми (див. рисунок А.1) повинні мати підгінну порожнину, співвісну з вертикальною віссю гирі, виведену на верхню частину голівки з розширеним діаметром біля входу. Порожнину має бути закрито за допомогою різьбової пробки зі шліцом під викрутку (див. рисунок А.1, варіант 1) або за допомогою диска з центральним керувальним отвором (див. рисунок А.1, варіант 3). Пробку або диск має бути виготовлено з латуні або іншого придатного металевго матеріалу та ущільнено за допомогою свинцевих дюбелів (або схожого матеріалу), вбитих у внутрішню кільцеву канавку в розширеній частині діаметра.

7.3.3 Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 5 кг до 50 кг прямокутної паралелепіпедної форми повинні мати підгінну порожнину, сформовану внутрішньою стороною трубчастої рукоятки, або, якщо рукоятка суцільна, то підгінну порожнину має бути відлита в одній із вертикальних стійок гирі, що відкривається на бічну чи верхню частину гирі (див. рисунки А.2 та А.3).

7.3.3.1 Якщо підгінна порожнина знаходиться в трубчастій рукоятці (див. рисунок А.2), то порожнину має бути закрито за допомогою різьбової пробки зі шліцом під викрутку або за допомогою диска з центральним керувальним отвором. Пробку або диск має бути зроблено з латуні або іншого придатного металевго матеріалу та ущільнено за допомогою свинцевих дюбелів (або схожого матеріалу), вбитих у внутрішню кільцеву канавку або в різьблення трубки.

7.3.3.2 Якщо підгінна порожнина відлита в одній з вертикальних стійок гирі й відкривається на бічну чи верхню частину вертикальної стійки гирі (див. рисунок А.3), то порожнина повинна закриватися за допомогою пластини, виготовленої з м'якої сталі або іншого придатного матеріалу, ущільненого за допомогою свинцевих дюбелів (або схожого матеріалу), вбитих у корпус, що має конічну частину.

7.3.4 Гирі класів точності М номінальною масою 50 кг або більше

Гирі не повинні мати порожнин, що можуть призвести до швидкого нагромадження бруду або сміття.

7.3.4.1 Гирі повинні містити одну чи більше підгінних порожнин. Загальний об'єм усіх підгінних порожнин не повинен перевищувати 1/10 від загального об'єму гирі. Порожнини потрібно опечатувати, вони повинні бути водо- та повітронепроникними (наприклад за допомогою зварювання). Порожнини потрібно опечатувати, використовуючи різбову пробку зі шліцом під викрутку або керувальне пристосування (наприклад голівку чи рукоятку).

7.3.4.2 Після первинної підгонки приблизно 1/3 від загального об'єму підгінної порожнини повинна бути порожньою.

8 МАТЕРІАЛ

8.1 Загальні вимоги

Гирі повинні бути стійкими до корозії. Якість матеріалу повинна бути такою, щоб зміни маси гир були нехтовно малі відносно границь допустимої похибки, що дозволено для класів точності цих гир (див. таблицю 1) за робочих умов застосування та за призначеністю.

8.2 Гирі класів точності E₁ і E₂

8.2.1 Для гир номінальною масою 1 г або більше твердість матеріалу та його стійкість до зношування повинні бути подібними або кращими, ніж ці характеристики для аустенітної нержавіючої сталі.

8.3 Гирі класів точності F

Поверхню гир класів точності F номінальною масою 1 г або більше може бути оброблено придатним металевим покриттям для того, щоб збільшити їхню корозійну стійкість і твердість.

8.3.1 Для гир класів точності F номінальною масою 1 г або більше, твердість і крихкість використовуваних матеріалів повинні бути щонайменше такими, що дорівнюють відповідним характеристикам для тягнутої латуні.

8.3.2 Для гир класів точності F номінальною масою 50 кг або більше твердість і крихкість матеріалів, використовуваних для всього тіла чи для зовнішніх поверхонь, повинні дорівнювати щонайменше відповідним характеристикам для нержавіючої сталі.

8.4 Гирі класів M₁, M₂ і M₃ номінальною масою 50 кг і менше

Поверхню гир номінальною масою 1 г і більше може бути оброблено придатним покриттям для того, щоб збільшити їхню корозійну стійкість і твердість.

8.4.1 Гирі класів точності M номінальною масою 1 г і менше має бути виготовлено з матеріалу, досить стійкого до корозії та окислювання.

8.4.2 Циліндричні гирі класу точності M₁ номінальною масою менше ніж 5 кг і класів точності M₂ і M₃ номінальною масою менше ніж 100 г має бути виготовлено з латуні або матеріалу, твердість і корозійна стійкість якого подібні або кращі, ніж у латуні. Інші циліндричні гирі класів точності M₁, M₂ і M₃ номінальною масою 50 кг або менше має бути виготовлено із сірого ливарного чавуну або іншого матеріалу, крихкість і корозійна стійкість якого подібні або кращі, ніж у сірого ливарного чавуну.

8.4.3 Гирі прямокутної паралелепіпедної форми номінальною масою від 5 кг до 50 кг має бути виготовлено з матеріалу, корозійна стійкість якого щонайменше дорівнює корозійній стійкості сірого ливарного чавуну. Його крихкість не повинна перевищувати крихкість сірого ливарного чавуну.

8.4.4 Рукоятки прямокутних паралелепіпедних гир має бути виготовлено з безшовної сталевий трубки або з чавуну і становити одне ціле з тілом гирі.

8.5 Гирі класів точності M номінальною масою 50 кг і більше

8.5.1 Поверхню гир може бути оброблено придатним покриттям для того, щоб збільшити їхню корозійну стійкість. Це покриття повинно витримувати удари або зовнішні атмосферні впливи.

8.5.2 Гирі має бути виготовлено з одного або більше матеріалів, що мають корозійну стійкість рівну або кращу, ніж у сірого ливарного чавуну.

8.5.3 Матеріал повинен бути такої твердості й міцності, щоб витримувати навантаження й удари, що можуть мати місце за робочих умов застосування.

8.5.4 Рукоятки прямокутних паралелепіпедних гир має бути виготовлено з безшовної сталевий трубки або з чавуну і становити одне ціле з тілом гирі.

9 МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ

9.1 Границі поляризації

Намагніченість M , виражена в одиницях поляризації $\mu_0 M$, не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 3.

Таблиця 3 — Найбільше значення поляризації $\mu_0 M$ (мкТ)

Клас точності гир	E_1	E_2	F_1	F_2	M_1	$M_{1,2}$	M_2	$M_{2,3}$	M_3
Найбільше значення поляризації $\mu_0 M$ (мкТ)	2,5	8	25	80	250	500	800	1600	2500

9.2 Границі магнітної сприйнятливості

Сприйнятливість гирі не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 4.

Таблиця 4 — Найбільше значення сприйнятливості χ

Клас точності гир	E_1	E_2	F_1	F_2
$m \leq 1$ г	0,25	0,9	10	—
$2 \text{ г} \leq m \leq 10 \text{ г}$	0,06	0,18	0,7	4
$20 \text{ г} \leq m$	0,02	0,07	0,2	0,8

9.3 Якщо значення всіх локальних вимірювань намагніченості та сприйнятливості менше від цих границь, то можна припустити, що невизначеністю внесків, зумовлених магнітними властивостями гирі, можна знехтувати. Найбільші значення постійної намагніченості та магнітної сприйнятливості, наведені в таблицях 3 і 4, є такими, що магнітні поля і градієнти магнітного поля, наймовірніше, присутні на чашках ваг і можуть призводити до змінювання умовного значення маси менше ніж на 1/10 від границь допустимої похибки для випробної гирі [8], [9].

10 ГУСТИНА

10.1 Загальні вимоги

Густина матеріалу, використовуваного для гир, нормована в таблиці 4, повинна бути такою, щоб відхил на 10 % від умовної густини повітря ($1,2 \text{ кг/м}^3$) не призводив до похибки, що перевищує 1/4 від абсолютного значення границь допустимої похибки, наведених у таблиці 1.

Таблиця 5 — Найменша та найбільша границі значень густини (ρ_{\min} , ρ_{\max})

Номинальне значення маси	$\rho_{\min}, \rho_{\max} (10^3 \text{ кг/м}^3)$							
	Клас точності гирі (для класу точності M_3 значення не нормовано)							
	E_1	E_2	F_1	F_2	M_1	$M_{1,2}$	M_2	$M_{2,3}$
≥ 100 г	7,934—8,067	7,81—8,21	7,39—8,73	6,4—10,7	$\geq 4,4$	$> 3,0$	$\geq 2,3$	$\geq 1,5$
50 г	7,92—8,08	7,74—8,28	7,27—8,89	6,0—12,0	$\geq 4,0$			
20 г	7,84—8,17	7,50—8,57	6,6—10,1	4,8—24,0	$\geq 2,6$			
10 г	7,74—8,28	7,27—8,89	6,0—12,0	$\geq 4,0$	$\geq 2,0$			
5 г	7,62—8,42	6,9—9,6	5,3—16,0	$\geq 3,0$				
2 г	7,27—8,89	6,0—12,0	$\geq 4,0$	$\geq 2,0$				
1 г	6,9—9,6	5,3—16,0	$\geq 3,0$					
500 мг	6,3—10,9	$\geq 4,4$	$\geq 2,2$					
200 мг	5,3—16,0	$\geq 3,0$						
100 мг	$\geq 4,4$							
50 мг	$\geq 3,4$							
20 мг	$\geq 2,3$							

Примітка 1. Правило, що стосується густини гир. Нехай $\delta m/m_0$ буде значенням границь допустимої відносної похибки. Густина гирі повинна задовольняти таким умовам:

$$8000 \text{ кг/м}^3 \cdot \frac{1}{1+10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)} \leq \rho \leq 8000 \text{ кг/м}^3 \cdot \frac{1}{1-10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)}, \text{ якщо } \delta m/m_0 < 6 \cdot 10^{-5}, \quad (10.1-1)$$

$$8000 \text{ кг/м}^3 \cdot \frac{1}{1+10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)} \leq \rho, \text{ якщо } \delta m/m_0 \geq 6 \cdot 10^{-5}. \quad (10.1-2)$$

Примітка 2. Незалежно від вимог до густини гир бажано одержати, особливо для еталонних гир або гир більшого номінального значення, густину 8000 кг/м^3 . Наприклад, може бути використано чавунне тіло, що містить спеціальну порожнину, у якій може бути відлито свинцевий стрижень, і маса якої дорівнює приблизно 30 % від загальної номінальної маси еталонної гирі.

10.2 Поправка на відхил густини повітря

10.2.1 Якщо густина повітря ρ_a відхиляється від $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ більше ніж на $\pm 10 \%$, і густина випробної гирі ρ_t відхиляється від густини еталонної гирі ρ_r , то умовне значення маси може бути скориговано членом C так:

$$m_{ct} = m_{cr}(1 + C) \overline{\Delta m_c}, \quad (10.2-1)$$

при цьому

$$C = (\rho_a - \rho_0) \left[\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right]. \quad (10.2-2)$$

де $\overline{\Delta m_c}$ — середнє значення різниці показів, отриманої під час зважування, між випробною й еталонною гирями;

ρ_r — густина еталонної гирі;

m_{ct} і m_c — умовні значення маси випробної та еталонної гир, відповідно.

10.2.2 Гирі, які застосовують під час калібрування/повірки ваг

Висота над рівнем моря й відповідні зміни густини повітря можуть збільшити похибку вимірювання за використання умовного значення маси гир; тому потрібно використовувати поправку на виштовхувальну силу з 10.2.1, для якої потрібно, щоб густина гирі була відомою. Якщо гирі класу точності E_1 застосовують на висоті, що перевищує 330 м, то густину гир має бути забезпечено разом з їх співвіднесеною невизначеністю. Для гир класу точності F_1 те саме справедливо для висоти, що перевищує 800 м. В іншому разі виробник повинен брати до уваги зменшену дію виштовхувальної сили на більшій висоті під час нормування класу точності еталонної гирі з умовним значенням маси.

11 СТАН ПОВЕРХНІ

11.1 Загальні вимоги

За робочих умов застосування якості поверхні повинна бути такою, щоб будь-якими змінами маси гирі можна було знехтувати відносно границь допустимої похибки.

11.1.1 Поверхня гир (охоплюючи основу та кути) повинна бути гладкою, і кромки повинні бути закругленими.

11.1.2 Поверхня гир класів точності E і F не повинна бути пористою і повинна виглядати блискучою під час візуального огляду. Візуального огляду може бути достатньо, за винятком спірних випадків або сумнівів. У цьому разі використовують значення, наведені в таблиці 6. Максимальна шорсткість поверхні, допустима для гир номінальною масою більше ніж 50 кг, повинна дорівнювати подвоєним значенням, нормованим у таблиці 6.

Таблиця 6 — Максимальні значення шорсткості поверхні

Клас точності	E_1	E_2	F_1	F_2
$R_z(\text{мкм})$	0,5	1	2	5
$R_a(\text{мкм})$	0,1	0,2	0,4	1

11.1.3 Поверхня циліндричних гир класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 1 г до 50 кг повинна бути гладкою і не повинна бути пористою під час візуального огляду. Полірування чавунних гир

класів точності M_1 , M_2 і M_3 номінальною масою від 100 г до 50 кг і всіх гир класів точності M номінальною масою більше 50 кг повинно бути подібним поліруванню для ливарних чавунних гир, відлитої у формі з дрібного піску. Це може бути одержано за допомогою відповідних методів захисту поверхні.

12 ПІДГОНКА

Гирю заданої номінальної маси має бути підігнано так, щоб умовне значення маси результату зважування цієї гирі в повітрі дорівнювало заданому номінальному значенню маси з урахуванням границь допустимої похибки, призначених для того класу точності, до якого належить гиря. Потрібно застосовувати вимоги до невизначеності за 5.3.1.

12.1 Гирі класів точності E

Гирі має бути підігнано за допомогою шліфування, полірування або будь-яких інших придатних методів. Вимоги до поверхні повинні бути задоволені наприкінці процесу. Гирі номінальною масою більше ніж 50 кг із підгінною порожниною може бути підігнано за допомогою того самого матеріалу, з якого їх виготовлено.

12.2 Гирі класів точності F

Цілісні гирі має бути підігнано за допомогою шліфування, полірування або будь-яких інших придатних методів, які не видозмінюють поверхню. Гирі з підгінною порожниною може бути підігнано за допомогою того самого матеріалу, з якого їх виготовлено, чи з нержавіючої сталі, латуні, олова, молибдену або вольфраму.

12.3 Гирі класів точності M

12.3.1 Гирі у формі тонкої пластини або дроту номінальною масою від 1 мг до 1 г повинно бути підігнано відрізанням, шліфуванням або поліруванням.

12.3.2 Циліндричні гирі, що не мають порожнин, повинно бути підігнано за допомогою полірування.

12.3.3 Гирі, що мають можливість підгонки, повинно бути підігнано додаванням або зменшенням щільного металевих матеріалу, такого як свинцевий дріб.

12.4 Нормальні умови

Нормальні умови, прийнятні для підгонки еталонних гир, такі:

- умовна густина еталонної гирі: 8000 кг/м^3 ;
- густина навколишнього повітря: $1,2 \text{ кг/м}^3$; і
- рівновага в повітрі за 20°C без урахування поправки на виштовхувальну силу.

13 МАРКУВАННЯ

13.1 Загальні вимоги

За винятком гир класів точності E та гир номінальною масою 1 г, описаних у 6.2.2, гирі номінальною масою 1 г і кратні їм повинні мати чітке маркування, що відображає їхнє номінальне значення маси, за умови, що якість поверхні та стабільність гирі не пошкодиться внаслідок маркування або процесу маркування гирі.

13.1.1 Цифри, що відображають номінальні значення маси гир, повинні представляти:

- кілограм для номінальних значень маси 1 кг і вище; або
- грам для номінальних значень маси від 1 г до 500 г.

13.1.2 Другі чи треті екземпляри гир у наборі повинно бути очевидно вімічено за допомогою однієї чи двох зірочок або крапок у центрі поверхні, за винятком дровових гир, що повинні розрізнятися за допомогою одного чи двох гачків.

13.2 Гирі класів точності E

Клас точності має бути відображено на кришці футляра (див. 13.1) для гир класів точності E. Гирю класу точності E не потрібно маркувати, за винятком, якщо маркування повинно відрізняти її від іншої гирі класу точності E, і за умови, що якість поверхні та стабільність гирі не пошкодиться

внаслідок маркування або процесу маркування гирі. Максимальне число маркувань користувача наведено в таблиці 7.

Гирі класу точності E_2 можуть мати крапку поза центром верхньої поверхні, щоб розрізнити їх від гир класів точності E_1 .

13.3 Гирі класів точності F

Гирі номінальною масою 1 г або більше повинні мати позначки їхнього номінального значення маси, вираженого відповідно до 13.1, шляхом полірування та гравіювання (не супроводжуване назвою або символом одиниці).

13.3.1 Гирі класу точності F_1 не повинні мати посилання на клас точності.

13.3.2 Гирі класу точності F_2 номінальною масою 1 г або більше повинні мати посилання на клас точності у вигляді «F» разом із позначками їхніх номінальних значень.

13.4 Гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3

13.4.1 Прямокутні гирі номінальною масою від 5 кг до 5000 кг повинні мати номінальне значення маси гирі, супроводжуване позначкою «кг» у поглибленні або рельєфно на тілі гирі, як показано на рисунках А.2 та А.3.

13.4.2 Циліндричні гирі номінальною масою від 1 г до 5000 кг повинні мати позначки номінального значення маси гирі, супроводжувані позначкою «г» або «кг» у поглибленні або рельєфно на голівці, як показано на рисунку А.1. На циліндричних гирях номінальною масою від 500 г до 5000 кг цю позначку може бути відтворено на циліндричній поверхні тіла гирі.

13.4.3 Гирі класу точності M_1 повинні мати позначки « M_1 » або «M» у поглибленні або рельєфно разом із позначенням номінального значення маси на місці, показаному на рисунках А.2 та А.3. Гирі класу точності M_1 прямокутної форми можуть мати позначку виробника в поглибленні або рельєфно на центральній частині гир, як показано на рисунках А.2 та А.3.

13.4.4 Прямокутні гирі класу точності M_2 повинні мати позначку номінального значення і можуть також мати позначку « M_2 » у поглибленні або рельєфно, як показано на рисунках А.2 та А.3.

13.4.5 Прямокутні гирі класу точності M_3 повинні мати позначки « M_3 » чи «X» у поглибленні або рельєфно разом із позначенням номінального значення в місці, показаному на рисунках А.2 та А.3.

13.4.6 Гирі класу точності M_2 і M_3 (за винятком дровових гир) можуть мати позначку виробника в поглибленні або рельєфно:

- на центральній частині прямокутних гир;
- на верхній частині голівки циліндричних гир; або
- на верхній частині циліндра циліндричних гир класу точності M_1 , оснащених рукояткою, як показано на рисунках А.1, А.2 та А.3.

13.4.7 Гирі класу точності M_3 номінальною масою 50 кг або більше

Гиря повинна мати номінальне значення маси в цифрах, що супроводжується позначкою одиниці.

13.5 Гирі класів точності M_{1-2} , M_{2-3}

Гирі класу точності M_{1-2} повинні мати позначку « M_{1-2} », а також гирі класу точності M_{2-3} повинні мати позначку « M_{2-3} » у поглибленні або рельєфно разом із номінальним значенням маси, супроводжуваним позначкою «кг». Гирі класів точності M_{1-2} і M_{2-3} можуть мати позначку виробника в поглибленні або рельєфно на верхній стороні поверхні та розмір, подібний показаному на рисунках А.1, А.2 чи А.3 для інших класів точності M.

13.6 Маркування користувача

Поширено практику для користувача чітко ідентифікувати окремі гирі, тому що це допомагає об'єднати гирю з її свідоцтвом про перевірку чи калібрування. Допустимі максимальні значення для маркування користувача наведено в таблиці 7.

Маркування користувача повинно містити знаки, цифри чи букви для уникання плутанини з позначками номінального значення маси або класу точності.

Таблиця 7 — Максимальна кількість маркування користувача

Клас точності	Номинальне значення маси	Висота написів	Максимальна кількість знаків, цифр або букв
E, F, M ₁ і M ₂	< 1 г	1 мм	2
E ₁	≥ 1 г	2 мм	3
E ₂	≥ 1 г	3 мм	5
Від F ₁ до M ₂	Від 1 г до 100 г	3 мм	5
« F ₁ » M ₂	« 200 г » 10 кг	5 мм	5
« F ₁ » M ₂	≥ 20 кг	7 мм	5

14.2 Гирі класів точності E і F

14.2.1 Окремі гирі та набори гир має бути захищено від пошкодження або руйнування внаслідок удару чи вібрації. Їх потрібно поміщати у футляри, зроблені з дерева, пластику або інших придатних матеріалів, що мають окремі порожнини.

14.2.2 Засоби поводження з гирями класів точності E та F повинні бути такої конструкції, щоб не подряпати або змінити поверхню гирі.

14.3 Гирі класу точності M₁

14.3.1 Циліндричні гирі класу точності M₁ номінальною масою до 500 г включно (окремі чи в наборах) треба поміщати у футляр з окремими порожнинами.

14.3.2 Гирі у вигляді тонкої пластини або дроту треба поміщати у футляр, що має окремі порожнини; позначку класу точності M₁ повинно бути написано в куті футляра.

14 ПОДАННЯ**14.1 Загальні вимоги**

За винятком гир класів точності M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ і M₃, гирі треба подавати відповідно до наступних вимог.

14.1.1 Кришка футляра, що вміщує гирі, повинна мати маркування, що зазначає їхній клас точності у вигляді «E₁», «E₂», «F₁», «F₂» чи «M₁».

14.1.2 Гирі, що належать до одного набору, повинні бути одного класу точності.

МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ**15 ПРОВЕДЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ**

У країні залежно від національного законодавства, якщо гирі підлягають державному метрологічному контролю, нагляд може містити в собі один або більше таких видів: затвердження типу, калібрування, повторне калібрування, повірка, первинна повірка та періодична повірка. Таблиця 8 містить настанови для визначення того, які випробовування треба проводити протягом періоду оцінювання.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

В Україні державний метрологічний контроль гир, згідно з нормативно-правовими актами й нормативними документами, складається з:


- державних приймальних і контрольних випробувань;
- державної метрологічної атестації;
- первинної, періодичної, позачергової, інспекційної та експертної повірки.

Проведення регламентовано:

- ДСТУ 3400 — для державних приймальних і контрольних випробувань;
- ДСТУ 3215 — для державної метрологічної атестації;
- ДСТУ 2708 — для первинної, періодичної, позачергової, інспекційної та експертної повірки.

Таблиця 8 — Настанови для визначення випробовування, які необхідно проводити під час затвердження типу, і випробовування, що рекомендують під час первинної та періодичних повірок

Випробування	Густина, ρ			Шорсткість поверхні			Магнітна сприйнятливість, χ			Постійна намагніченість, M			Умовне значення маси, m_c		
	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M
ТА	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
IV	✓*			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
SV				✓	✓	✓				*	*	*	✓	✓	✓

Написи: ТА — затвердження типу;
 IV — первинна повірка, яку проводять під час введення гир в експлуатацію;
 SV — періодична повірка;
 — випробовування не застосовують;
 V — тільки візуальний огляд;
 ✓ — випробовування потрібно,
 * — у разі сумнівів постійну намагніченість гирі треба випробовувати під час періодичної повірки;
 + — застосовують тільки для класу точності E_1 , не застосовують для E_2 .

15.1 Затвердження типу

15.1.1 Кожен виробник чи уповноважений представник може представити модифікацію або тип гир, призначених для виробництва, відповідальному метрологічному органу, щоб упевнитися, що модифікація або тип відповідає установленим вимогам. Обов'язкові процедури випробування наведено в додатках В і С цього стандарту. Для затвердження типу наведено обов'язкову форму протоколу в OIML R 111-2. У таблиці 8 наведено перелік обов'язкових випробувань для затвердження типу.

15.1.2 Затверджувана модифікація або тип не повинні видозмінюватися без спеціального дозволу, прийнятого під час затвердження типу (див. OIML B 3 Certificate System for Measuring Instruments).

15.2 Калібрування та повірка

Калібрування та повірка гир або наборів гир повинні бути зобов'язанням національного уповноваженого метрологічного органу або користувача залежно від національного законодавства та передбачуваного застосування. Свідоцтва про калібрування та повірку повинні видавати тільки в уповноваженій чи проакредитованій лабораторії. Необхідно підтримувати простежуваність до національних еталонів.

15.2.1 Свідоцтво про калібрування та повірку

Свідоцтво про калібрування або повірку повинно містити щонайменше умовне значення маси кожної гирі m_c , свідчення про те, чи було гирю підігнано перед калібруванням, розширену невизначеність U та значення коефіцієнта охоплення k .

15.2.2 Гирі класів точності E потрібно супроводжувати свідоцтвом про калібрування.

15.2.2.1 Свідоцтво про калібрування для гир класу точності E_1 повинно містити щонайменше умовні значення маси m_c , розширену невизначеність U та коефіцієнт охоплення k , а також густину або об'єм для кожної гирі. Крім того, свідоцтво повинно містити інформацію стосовно того, що густину або об'єм було виміряно чи оцінено.

15.2.2.2 Свідоцтво для гир класів точності E_2 повинно містити щонайменше таку інформацію:

- умовні значення маси кожної гирі m_c , розширену невизначеність U та коефіцієнт охоплення k ; або
- інформацію, необхідну для свідоцтва про калібрування для гир класу точності E_1 (за умов 1.3.1.а).

15.3 Повторне калібрування, первинна та періодична повірки

15.3.1 У таблиці 8 наведено випробовування, що рекомендують під час первинної та періодичної повірки. Категорії гир, що підлягають калібруванню або первинній повірці, також повинні підлягати

повторному калібруванню або періодичній повірці, що робить можливим перевірку того, що їхні метрологічні характеристики підтримують. Гирі з виявленими вадами під час повторного калібрування або періодичної повірки повинно бути відбраковано або повторно підігнано.

15.3.2 Під час періодичної повірки гирі щонайменше треба візуально оглядати на предмет відповідності конструкції, стану поверхні та перевіряти масу — відповідно до сертифіката затвердження типу.

16 КОНТРОЛЬНЕ МАРКОВАННЯ

16.1 Загальні вимоги

Контрольні відмітки не вимагають для гир, супроводжуваних чинним свідоцтвом про калібрування.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Контрольні відмітки можуть бути двох видів:

- позначки про відповідний метрологічний контроль, які виконують у вигляді наклейки та прикріплюють до футляра гирі;
- відбиток повірочного тавра, який ставлять на пломбу, що запечатує підгінну порожнину, або на основу гирі.

16.2 Гирі класів точності E

16.2.1 Контрольні відмітки може бути зроблено на футлярі.

16.2.2 Свідоцтво про калібрування повинні видавати метрологічні організації (наприклад поакредитовані калібрувальні служби чи лабораторії) для кожної гирі або наборів гир.

16.3 Гирі класів точності F

16.3.1 Гирі класу точності F_1

Якщо гирі підлягають метрологічному нагляду, то відмітки про відповідний контроль потрібно прикріплювати на футляр, який містить гирі.

16.3.2 Гирі класу точності F_2

Якщо циліндричні гирі класу точності F_2 підлягають метрологічному нагляду, то відповідні контрольні відмітки потрібно прикріплювати до пломби, що запечатує підгінну порожнину. Для гир без підгінної порожнини контрольні відмітки треба прикріплювати до їхньої основи або футляра, який містить гирі.

16.4 Гирі класу точності M

16.4.1 Якщо гирі класів точності M_1 , M_2 і M_3 підлягають метрологічному нагляду, то відповідні контрольні відмітки треба прикріплювати до пломби, що запечатує підгінну порожнину. Для гир без підгінної порожнини контрольні відмітки треба прикріплювати до їхньої основи.

16.4.2 Якщо гирі класу точності M_1 у вигляді тонкої пластини або тонкого дроту підлягають метрологічному нагляду, то відповідні контрольні відмітки треба прикріплювати до футляра.

ДОДАТОК А
(довідковий)

ПРИКЛАДИ РІЗНИХ ФОРМ ТА РОЗМІРІВ

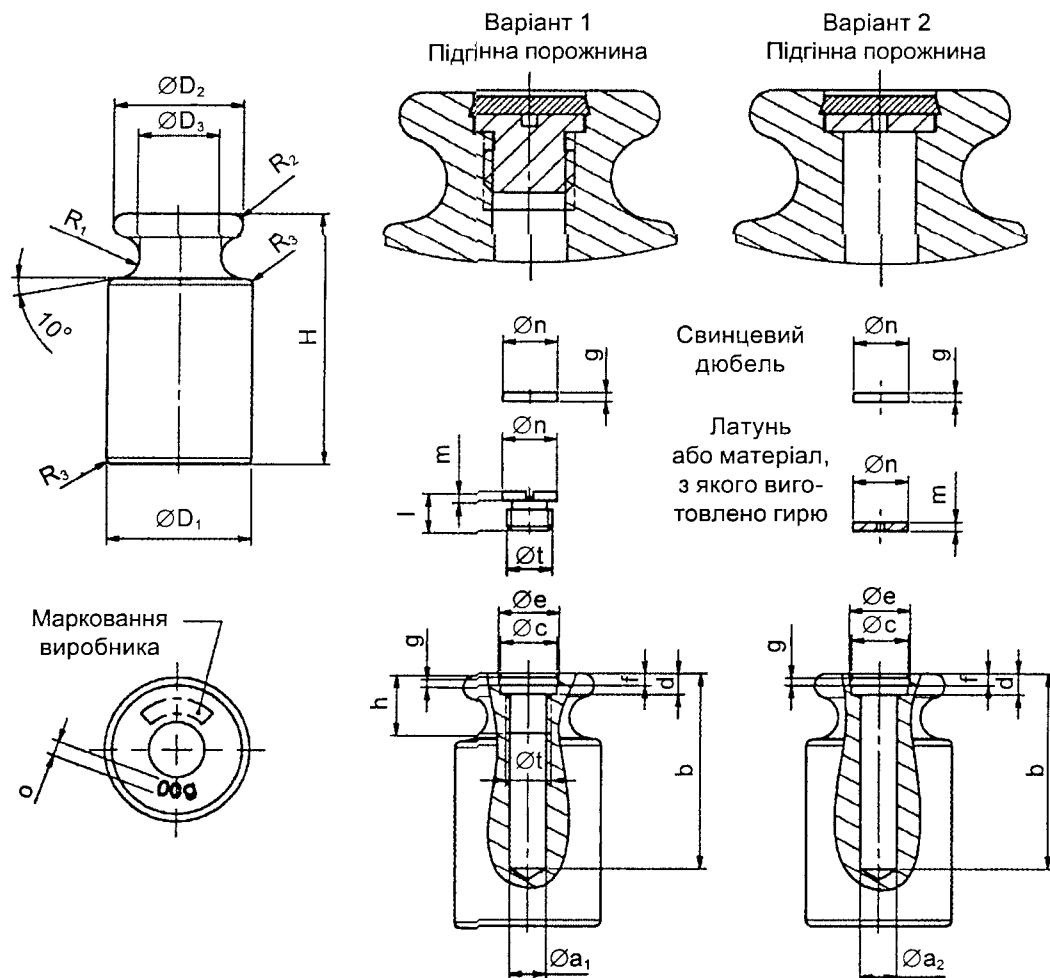


Рисунок А.1 — Приклади циліндричних гир

Таблиця А.1 — Таблиця розмірів (у міліметрах)

Номінальне значення маси	D ₁	D ₂	D ₃	H	R ₁	R ₂	R ₃	o	a ₁	a ₂	b*	c	d	e	f	g	h	l	m	n	q	t	
1 г	6	5,5	3	Залежно від матеріалу	0,9	0,5	0,5	1	Без підгінної порожнини														
2 г	6	5,5	3		0,9	0,5	0,5	1															
5 г	8	7	4,5		1,25	0,7	0,5	1															
10 г	10	9	6		1,5	0,8	0,5	1															
20 г	13	11,5	7,5		1,8	1	0,5	1,5															
50 г	18	16	10		2,5	1,5	1	2															
20 г	13	11,5	7,5		1,8	1	0,5	1,5	3,5	3	18	5,5	2,5	6,5	1,5	1	9	5	1	5	1	M4 x 0,5	
50 г	18	16	10		2,5	1,5	1	2	5,5	4,5	25	7,5	3,5	9	2	1	10	5	1,5	7	1,5	M6 x 0,5	
100 г	22	20	13		3,5	2	1	2	5,5	4,5	30	7,5	3,5	9	2	1	10	5	1,5	7	1,5	M6 x 0,5	
200 г	28	25	16		4	2,25	1,5	3,2	6,9	7	40	10,5	4,5	12	2,5	1,5	15	8	2	10	2	M8 x 1	
500 г	38	34	22		5,5	3	1,5	3,2	6,9	7	50	10,5	4,5	12	2,5	1,5	15	8	2	10	2	M8 x 1	
1 кг	48	43	27		7	4	2	5	12,4	12	65	18,5	7	20	4	2,5	20	13	3	18	3	M14 x 1,5	
2 кг	60	54	36		9	5	2	5	12,4	12	80	18,5	7	20	4	2,5	20	13	3	18	3	M14 x 1,5	
5 кг	80	72	46		12	6,5	2	10	18,4	18	120	24,5	8	26,5	4	2,5	35	18	4	24	3	M20 x 1,5	
10 кг	100	90	58	15	8,5	3	10	18,4	18	160	24,5	8	26,5	4	2,5	35	18	4	24	3	M20 x 1,5		
20 кг	128	112	74	18	11	3	10	18,4	18	160	24,5	8	26,5	4	2,5	35	18	4	24	3	M20 x 1,5		
* Глибину підгінних порожнин наведено тільки як додаткові відомості.																							

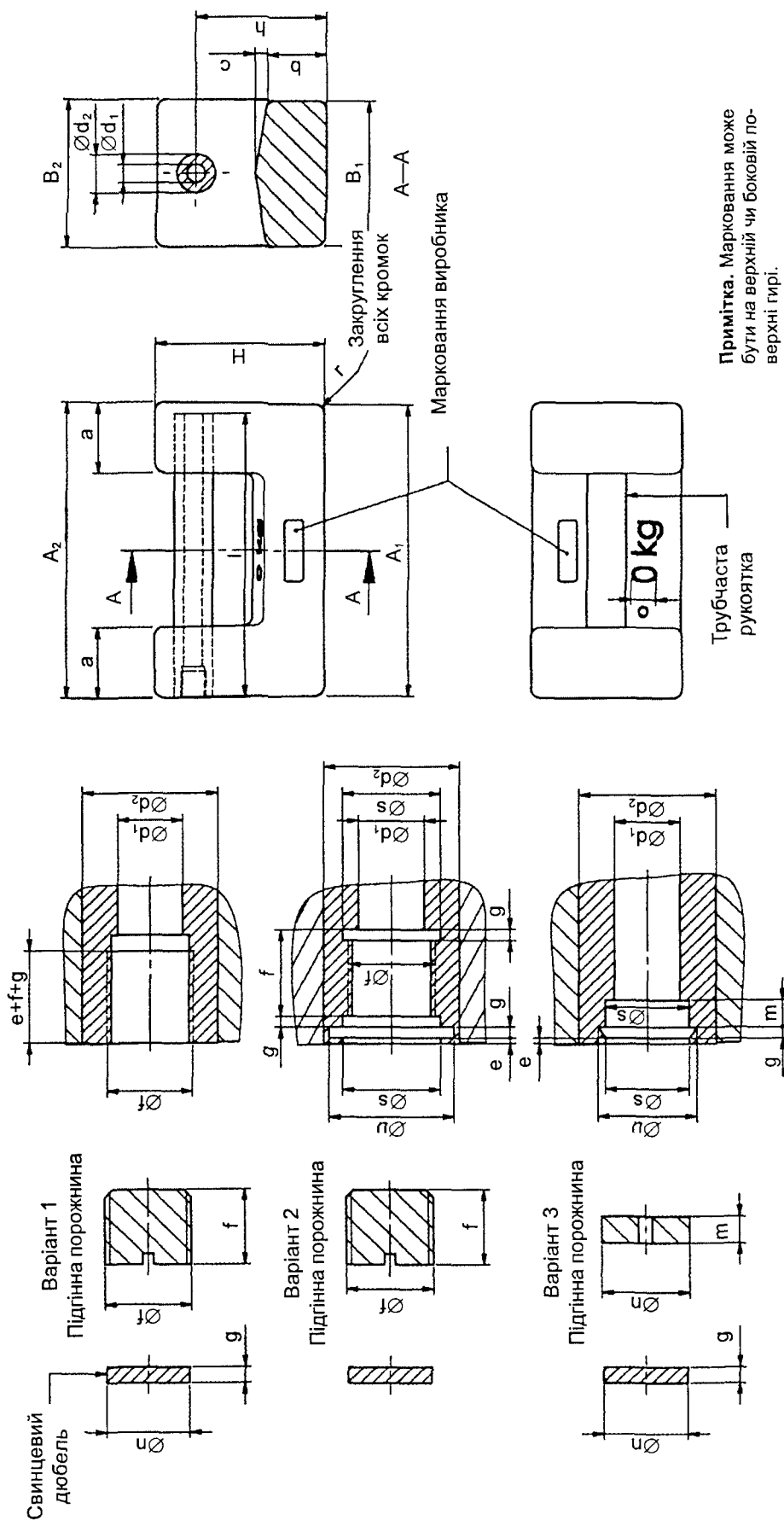
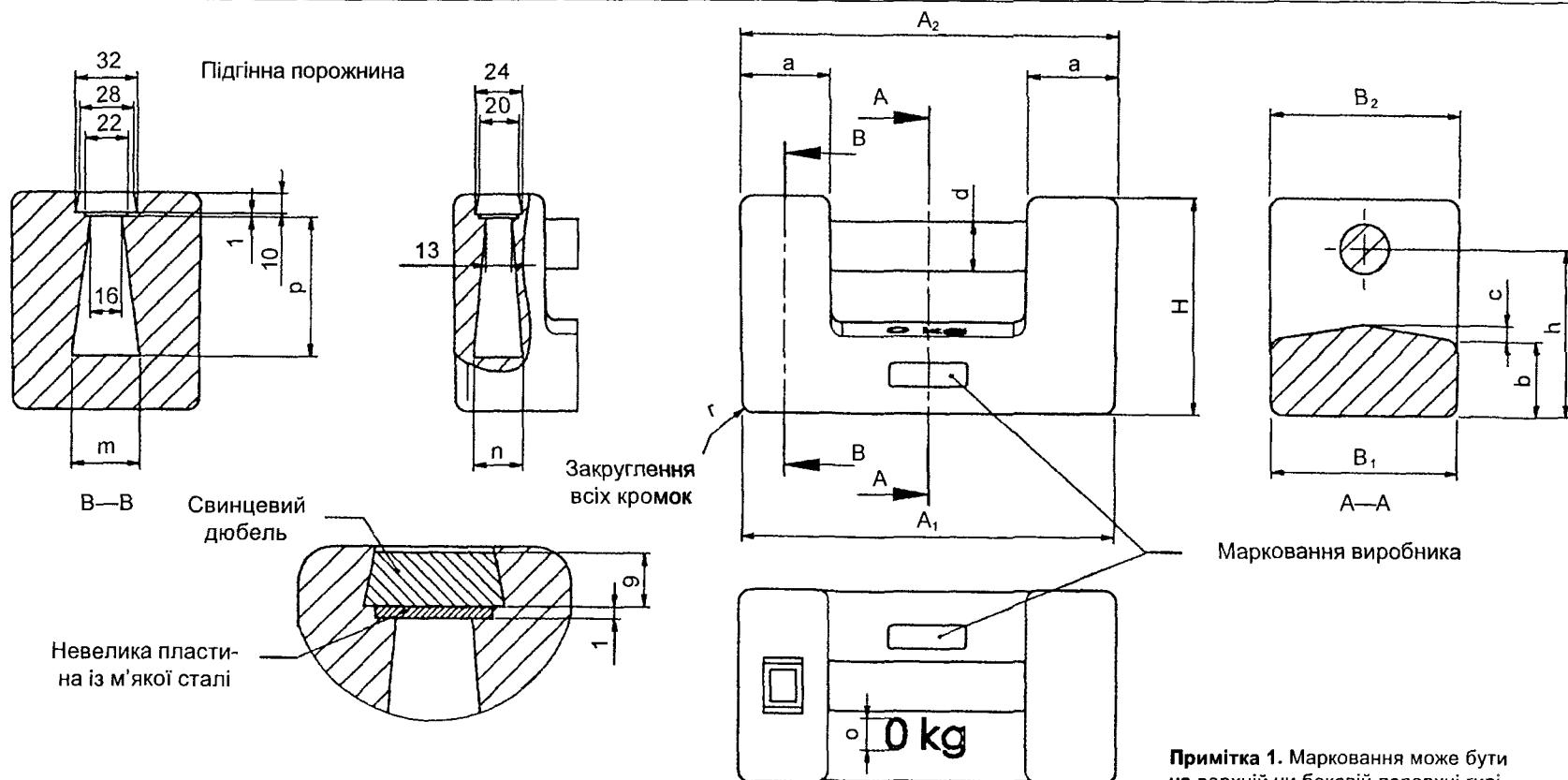


Рисунок А.2 — Приклади прямокутних гир (тип 1)

Таблиця А.2 — Таблиця розмірів (у міліметрах)

Номинальне значення маси	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	H	a	b	c	d ₁	d ₂	e	f	g	h	l	m	n	o	r	s	t	u
5 кг	150	152	75	77	84	36	30	6	12	19	1	14	2	66	145	5	16	12	5	16,5	M16x1,5	18
10 кг	190	193	95	97	109	46	38	8	12	25	1	14	2	84	185	5	16	16	6	16,5	M16x1,5	18
20 кг	230	234	115	117	139	61	52	12	24	29	2	21	3	109	220	8	27	20	8	27,5	M27x1,5	30
50 кг	310	314	155	157	192	83	74	16	24	40	2	21	3	152	300	8	27	25	10	27,5	M27x1,5	30

Примітка. Розміри A і A'' також як B і B'' можуть бути зворотніми.



Примітка 2. Підгінна порожнина, показана на рисунку А.3, знаходиться на верхній поверхні. Підгінна порожнина може також бути на боковій поверхні гирі.

Примітка 1. Маркування може бути на верхній чи боковій поверхні гирі.

Рисунок А.3 — Приклади прямокутних гір (тип 2)

Таблиця А.3 — Таблиця розмірів (у міліметрах)

Номінальне значення маси	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	H	a	b	c	d	h	m*	n*	o	p*	r
5 кг	150	152	75	77	84	36	30	6	19	66	16	13	12	55	5
10 кг	190	193	95	97	109	46	38	8	25	84	35	25	16	70	6
20 кг	230	234	115	117	139	61	52	12	29	109	50	30	20	95	8
50 кг	310	314	155	157	192	83	74	16	40	152	70	40	25	148	10

Примітка. Розміри A і A'' також як B і B'' можуть бути зворотними.
Внутрішні розміри m, n, p підгінних порожнин наведено тільки як додаткові відомості.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ПРОЦЕДУРИ ВИПРОБОВУВАННЯ ГИР

В.1 Вступ

Цей додаток надає поширені методи для визначення вибраних властивостей гир. Ці методи застосовують для окремих гир або наборів гир.

В.1.1 Протоколи випробування повинні чітко відображати методи, якими виконували кожне випробування. Методи, викладені в цьому додатку, наведено відповідно до номерів розділів. Якщо використовують ці методи, то підстави для їхнього застосування має бути підтверджено відповідною документацією.

В.1.2 Термін «умовне значення маси» застосовують усюди, за винятком розділу «ГУСТИНА», де застосовують термін «дійсне значення маси» (див. 2.6).

В.2 Послідовність випробування

Попередній аналіз і випробування потрібно виконувати в такому порядку (якщо застосовують):

- a) розгляд документації та візуальний огляд відповідно до переліку (див. OIML R 111-2);
- b) очищення гир (В.4);
- c) шорсткість поверхні (В.5);
- d) магнітні властивості (В.6);
- e) густина (В.7).

Примітка. Очищення потрібно виконувати повторно після вимірювання густини, якщо рідина, яку застосовують для системи вимірювання густини, не є водою (інші рідини, які зазвичай застосовують (наприклад фторовуглець) залишають осад, який потрібно вилучати за допомогою очищення розчинником, таким як спирт).

- f) вимірювання умовного значення маси (додаток С).

В.3 Розгляд документації та візуальний огляд

В.3.1 Адміністративне аналізування

Документацію подають на розгляд згідно з 15.1, охоплюючи необхідні фотографії, кресленики, важливі технічні характеристики тощо, з метою визначення достатності та правильності документації.

В.3.2 Порівняння конструкції з документацією

Розгляд фізичного зовнішнього вигляду гирі та футляра для гирі, щоб упевнитися в його відповідності до документації (згідно з 6, 7, 8, 14 і 15.1 цього стандарту).

В.3.3 Первинне оцінювання

В.3.3.1 Метрологічні характеристики

Зазначають метрологічні характеристики відповідно до OIML R 111-2.

В.3.3.2 Маркування (згідно з розділами 13 і 16 цього стандарту)

Перевіряють маркування відповідно до OIML R 111-2.

В.4 Очищення гир

В.4.1 Важливо очистити гирі перед вимірюваннями, тому що процес очищення може змінити масу гирі. Очищення не повинно видаляти значну кількість матеріалу гирі. З гирями необхідно поводитись і зберігати так, щоб вони залишалися чистими. Перед калібруванням пил та інші частинки потрібно вилучати. Догляд за гирями не повинен змінювати властивості поверхні гирі (наприклад шляхом дряпання гирі).

Якщо гиря містить значну кількість бруду, який не може бути вилучено методами, зазначеними вище, то гирю або її окрему частину може бути вимито за допомогою очищеного спирту, дистильованої води або інших розчинників. Гирі з внутрішніми порожнинами не треба занурювати в розчин, запобігаючи проникненню рідини в отвір. Якщо необхідно відстежувати стабільність гирі в експлуатації, то по можливості масу гирі потрібно визначати перед очищенням.

В.4.2 Після того як гирі очищено за допомогою розчинників, вони повинні стабілізуватися протягом часу, наведеного в таблиці В.1.

Таблиця В.1 — Час стабілізації після очищення

Клас точності	E ₁	E ₂	F ₁	Від F ₂ до M ₃
Після очищення за допомогою спирту	7 — 10 днів	3 — 6 днів	1 — 2 дні	1 год
Після очищення за допомогою дистильованої води	4 — 6 днів	2 — 3 дні	1 день	1 год

В.4.3 Температурна стабілізація

Перед калібруванням гирі повинні акліматизуватися до зовнішніх умов у лабораторії. Зокрема гирі класів E₁, E₂ і F₁ повинні бути близькими до температури в зоні зважування.

В.4.3.1 Обов'язковий мінімальний час, необхідний для температурної стабілізації (залежно від розміру гирі, класу точності гирі та різниці між вихідною температурою гирі й температурою лабораторного приміщення), наведено в таблиці В.2. Як практична настанова рекомендовано час очікування — 24 год.

Таблиця В.2 — Температурна стабілізація в годинах [11]

ΔT^*	Номинальне значення	Клас точності E ₁	Клас точності E ₂	Клас точності F ₁	Клас точності F ₂
± 20 °C	1000, 2000, 5000 кг	—	—	79	5
	100, 200, 500 кг	—	70	33	4
	10, 20, 50 кг	45	27	12	3
	1, 2, 5 кг	18	12	6	2
	100, 200, 500 г	8	5	3	1
	10, 20, 50 г	2	2	1	1
	< 10 г	1			0,5
± 5 °C	1000, 2000, 5000 кг	—	—	1	1
	100, 200, 500 кг	—	40	2	1
	10, 20, 50 кг	36	18	4	1
	1, 2, 5 кг	15	8	3	1
	100, 200, 500 г	6	4	2	0,5
	10, 20, 50 г	2	1	1	0,5
	< 10 г	0,5			
± 2 °C	1000, 2000, 5000 кг	—	—	1	0,5
	100, 200, 500 кг	—	16	1	0,5
	10, 20, 50 кг	27	10	1	0,5
	1, 2, 5 кг	12	5	1	0,5
	100, 200, 500 г	5	3	1	0,5
	< 10 г	2	1		0,5

Кінець таблиці В.2

ΔT^*	Номінальне значення	Клас точності E_1	Клас точності E_2	Клас точності F_1	Клас точності F_2
$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	1000, 2000, 5000 кг	—	—	—	—
	100, 200, 500 кг	—	1	0,5	0,5
	10, 20, 50 кг	11	1	0,5	0,5
	1, 2, 5 кг	7	1	0,5	0,5
	100, 200, 500 г	3	1	0,5	0,5
	< 10 г	1	0,5		
* ΔT дорівнює початковій різниці між температурою гирі та температурою лабораторного приміщення.					

В.5 Шорсткість поверхні

В.5.1 Вступ

Стабільність маси гирі дуже залежить від структури поверхні гирі. Передбачають, що гиря із гладкою поверхнею, буде більш стабільною, ніж гиря із шорсткуватою поверхнею за інших рівних обставин. Важливо, що поверхня гирі повинна бути чистою, якщо визначають шорсткість поверхні.

В.5.1.1 Для нових гир без видимих подряпин шорсткість подряпин можна виміряти певним способом. Для поверхонь із багатьма подряпинами це більш складно. Під час лінійних вимірювань шорсткість поверхні чітко характеризується, виходячи з вад поверхні, таких як подряпини. Однак подряпини будуть накопичувати бруд, якщо гирі це властиво, отже кількість подряпин потрібно оцінювати паралельно із шорсткістю неподряпаної частини поверхні. Оцінювання шорсткості поверхні застосовують тільки для класів точності E і F номінальною масою 1 г або більше.

В.5.2 Основне оцінювання

Оцінювання шорсткості гирі перший раз виконують візуально. Однак для класів точності E і F оцінювання потрібно виконувати порівнянням з еталоном шорсткості (CS), із застосуванням вимірювального щупового приладу (SI) або інших стандартних приладів.

УВАГА! Застосування вимірювального щупового приладу може пошкодити або подряпати поверхню гирі.

Шорсткість поверхні може характеризуватися різними параметрами шорсткості. Кожен параметр описує властивість поверхні, що є важливим для характерних функцій поверхні.

В.5.2.1 Еталон порівняння (CS-метод)

Якщо дійсне значення шорсткості поверхні не є необхідним, але потрібно всього лише підтвердити визначені технічні характеристики, то поверхню можна порівнювати візуально з еталоном порівняння шорсткості. Такий еталон складається з набору зрізу поверхонь, упорядкованих за збільшення встановленої шорсткості. Передбачають, що еталон є сертифікованим, якщо його відкалібровано поакредитованою лабораторією, і супроводжується свідоцтвом. Свідоцтво повинно містити параметри шорсткості R_z або R_a . Поверхня еталона порівняння повинна мати схожі шари й повинна бути створеною схожим механічним обробленням як і поверхня гир. Оскільки гирі мають площини, а також циліндричні поверхні, то потрібно застосовувати два набори еталонів порівняння, один — із плоскими поверхнями, другий — із циліндричними поверхнями.

В.5.2.2 Вимірювальний щуповий прилад (SI-метод)

Вимірювальний щуповий прилад вимірює шорсткість поверхні умовно. За допомогою цього приладу гострий щуп простежує дуже обережно уздовж лінії на поверхні, і вертикальне переміщення щупа записують як функцію положення уздовж лінії. У такий спосіб записують профіль поверхні.

УВАГА! Застосування вимірювального щупового приладу може пошкодити або подряпати поверхню гирі.

В.5.2.3 Інші прилади

Прилади, що відрізняються від традиційних, придатні для вимірювання шорсткості, наприклад, за допомогою вимірювання розсіяного світла [12].

В.5.3 Випробовування**В.5.3.1 Візуальний огляд (гирі класів точності E, F і M)****В.5.3.1.1 Сукупність пристосовання**

- a) добре освітлена кімната;
- b) лабораторні рукавички;
- c) безворсова тканина.

В.5.3.1.2 Вимірювання**В.5.3.1.2.1 Нові гирі**

- a) Для всіх класів точності проводять візуальний огляд поверхні гирі:
 - 1) зазначають «насічки» та вибоїни на її поверхні або глибокі подряпини;
 - 2) поверхні повинні бути гладкими (див. 11.1.1);
 - 3) кромки повинні бути круглими;
 - 4) для гир номінальною масою від 1 г до 10 кг поверхня гирі не повинна бути пористою.
- b) Для гир класів точності E і F проводять візуальний огляд поверхні гирі:
 - 1) поверхні не повинні бути пористими (див. 11.1.2);
 - 2) поверхні повинні бути блискучими.
- c) Для циліндричних гир класів точності M номінальною масою від 1 г до 50 кг поверхня гирі повинна бути гладкою та непористою.
- d) Для прямокутних гир класів точності M (5 кг, 10 кг, 20 кг і 50 кг) полірування поверхні повинно бути схожим на сірий ливарний чавун (див. 11.1.3).
- e) Для гир класу точності M₃ номінальною масою 50 кг або більше поверхню може бути покрито матеріалами, придатними для забезпечення захисту від корозії за допомогою оброблення поверхні для непроникності. Ці покриття повинні витримувати удари та різні атмосферні умови (8.5.1).

В.5.3.1.2.2 Застосовування гирі

У доповнення до В.5.3.1.2.1 оглядають поверхню гирі щодо слідів застосовування.

Візуально оглядають поверхню гирі. Застосовувані гирі зазвичай мають подряпини, особливо на поверхні основи:

- 1) якщо кількість і глибина подряпин співвідноситься з необхідною стабільністю гирі, то гирю може бути допущено до застосовування;
- 2) протягом визначення шорсткості поверхні окремі подряпини й інші вади не потрібно брати до уваги;
- 3) якщо подряпин забагато, щоб оцінити шорсткість поверхні, то гирю не може бути допущено до застосовування.

В.5.3.1.3 Оформлення результатів

Заносять оцінку у форми протоколів, наведених в OIML R 111-2, зазначаючи «візуальний огляд» як метод оцінювання.

В.5.3.2 Еталон порівняння шорсткості (CS-метод) (гирі класів точності E і F)

Шорсткість поверхні можна звіряти візуально із шорсткістю поверхні еталонів.

В.5.3.2.1 Сукупність пристосовання:

- a) сертифікований очищений еталон порівняння шорсткості (див. В.5.2.1);
- b) добре освітлена кімната;
- c) лабораторні рукавички;
- d) безворсова тканина.

В.5.3.2.2 Процедура вимірювання

a) Очищають поверхню еталона порівняння чистою безворсовою тканиною, змоченою в спирті. Якщо поверхня гирі брудна, то її також потрібно очистити.

Примітка. Очищення може істотно змінити масу гирі. Див. В.4 стосовно очищення гир.

- b) Закріплюють гирю напроти зрізу еталона порівняння із шарами двох паралельних поверхонь.
- c) Одночасно оглядають дві поверхні під різними кутами.
- d) Оцінюють: шорсткість гирі виглядає більшою чи меншою порівняно з окремим зрізом еталона порівняння шорсткості.
- e) Повторюють із різними зразками еталона порівняння та визначають верхню границю.

В.5.3.2.3 Оформлення результатів

Записують значення R_a і R_z , найбільш придатні для випробної гирі, використовуючи форми, наведені в OIML R 111-2, відзначаючи «CS» як метод оцінювання. Якщо візуальна оцінка чітко показує, що шорсткість поверхні гирі менше ніж максимальне значення, установлене в 11.1.2, то подальші вимірювання шорсткості не є необхідними. Якщо є сумніви, то шорсткість потрібно виміряти вимірювальним щуповим приладом.

В.5.3.3 Вимірювання шорсткості вимірювальним щуповим приладом (SI-метод) (класи точності E і F)

Цей розділ застосовують тільки для гир, для яких відповідність шорсткості поверхні не може бути оцінено візуальним оглядом без сумнівів. Перед застосуванням вимірювальний щуповий прилад треба ретельно відкалібрувати за допомогою каліброваних еталонів, сертифікованих згідно з ISO 5436 [13]. Інші прилади можна застосовувати тільки, якщо задокументовано простежуваність до одиниці довжини.

В.5.3.3.1 Сукупність пристосовання:

- a) вимірювальний щуповий прилад, описаний в ISO 3274 [14];
- b) лабораторні рукавички.

В.5.3.3.2 Вимірювання (відповідно до ISO 4288 [15])

- a) Проводять щонайменше шість вимірювань:
 - 1) два на площині верхньої поверхні гирі; і
 - 2) чотири на циліндричній поверхні.
- b) Подряпини й інші вади поверхні не вводять у простежені профілі.
- c) Усі обмірювані значення шорсткості поверхні повинні бути менше ніж найбільші значення, установлені в таблиці 6 в 11.1.2.

В.5.3.3.3 Оформлення результатів

Записують значення R_a і R_z , найбільш придатні для випробної гирі, використовуючи форми, наведені в OIML R 111-2, відзначаючи «SI» як метод оцінювання.

В.6 Магнітні властивості

В.6.1 Вступ

Сили магнітних полів можуть спричинити несприятливий ефект щодо процесу зважування, оскільки без систематичного дослідження ці уявні сили не може бути розрізнено від гравітаційних сил під час визначання маси. Сили магнітних полів є результатом взаємодії двох еталонних гир, а також між еталонною гирею, компаратором маси, що застосовують під час зважування, й іншими магнітними об'єктами, що знаходяться поблизу.

В.6.1.1 Загальні міркування

Магнітні властивості (намагніченість і сприйнятливість) еталонних гир потрібно визначати перед калібруванням еталонних гир (додаток С), щоб упевнитися в тому, що магнітні взаємодії будуть нехтовно малі. Гирю, що не витримує випробовування магнітних властивостей, не піддають калібруванню.

В.6.1.1.1 Вимірювання магнітних властивостей гир, виготовлених з алюмінію, не є необхідним, тому що відомо, що вони немагнітні та мають магнітну сприйнятливість χ менше ніж 0,01. Крім того, для маленьких гир (менше ніж 2 г) і для низьких класів точності (F_1 і нижче, менше ніж 20 г) достатньо посилань на технічні вимоги виробника до магнітних властивостей матеріалу, використаного для виготовлення гир (див. В.6.3).

В.6.1.1.2 Більшість гир класу точності М виготовлено з ливарного чавуну або простих легованих сталей. Тому гирі класу точності М мають набагато частіше, ніж гирі класів точності E і F, великі відносні похибки внаслідок магнітної взаємодії між гирею та зважувальним приладом. Усі метали мають деяку магнітну сприйнятливість. Однак сплави, що містять магнітні домішки, будуть мати збільшену сприйнятливість і можуть намагнічуватися.

Примітка. Сили магнітних полів з боку гир також необхідно враховувати, але їх не розглядають у цьому стандарті.

В.6.1.2 Огляд випробовування

Підрозділи В.6.2 — В.6.6 описують два прийнятних методи визначання намагніченості гир (В.6.2 та В.6.4) і чотири прийнятних методи визначання магнітної сприйнятливості (В.6.3, В.6.4, В.6.5, В.6.6),

зокрема формули обчислення намагніченості та магнітної сприйнятливості. Границі для постійної намагніченості та магнітної сприйнятливості наведено в 9.1 і 9.2. Рекомендовані методи для різних класів точності та номінальних значень маси наведено в таблицях В.3(а), В.3(б) і В.3(с). Альтернативні методи також можуть бути застосовними за умови, що підстави для їхнього застосування підтверджено відповідною документацією, що треба долучати до протоколу випробування.

Примітка. Повна характеристика намагніченості гир технічно неможлива. Методи, подані тут, залежать від наближень, перевірених на практиці. У випадках, якщо різні методи, подані тут, дають суперечливі результати, порядок кращих методів такий: В.6.4, В.6.2 (перетворювач Холла), В.6.2 (ферозонд).

В.6.2 Метод для визначення постійної намагніченості, вимірювач магнітної індукції

Постійну намагніченість гирі може бути оцінено за вимірювання магнітного поля поблизу гирі, виконаного за допомогою вимірювача магнітної індукції. Цей метод можна застосовувати для всіх класів точності, наведених у таблиці В.3(с).

В.6.2.1 Загальні міркування

а) Приміщення, де проводять випробування, потрібно перевіряти в напрямку навколишнього магнітного поля за допомогою вимірювача магнітної індукції перед початком випробування. Випробування потрібно проводити в зоні, вільної від феромагнітних об'єктів. Оператор не повинен мати при собі або в одязі металовмістких об'єктів.

б) Вимірюють магнітне поле, спричинене гирею, наприклад датчиком Холла (кращий прилад) або індукційним магнітометром. Індукційний магнітометр не можна застосовувати для гир номінальною масою менше ніж 100 г. Регулюють зонд так, щоб його чутлива вісь була перпендикулярною до поверхні гирі.

с) Вимірювання потрібно проводити в напрямку, щоб навколишня магнітна індукція, яка сприймається зондом, була близькою до нуля.

д) Як альтернатива — значення навколишньої індукції треба віднімати від виміряної індукції за наявної гирі.

В.6.2.2 Сукупність пристосовання:

- а) вимірювач магнітної індукції, такий як датчик Холла або індукційний магнітометр;
- б) засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети); і
- с) добре освітлена кімната.

В.6.2.3 Вимірювання

- а) Обнулюють покази вимірювального приладу.
- б) Поміщають зонд на немагнітну поверхню.
- с) Знімають покази магнітного поля за допомогою окремої орієнтації зонда. Одержане значення є мірою навколишнього магнітного поля. Ці покази треба віднімати з подальших показів, знятих на гирі або біля неї.

д) Розташовують гирю над датчиком, у той же час підтримуючи орієнтацію зонда. Центр основи гирі повинен бути розміщеним над датчиком. Перевіряють на однорідну намагніченість переміщенням гирі від центра до границі основи та спостерігають за змінами показів. Якщо немає плавних зменшень показів, то гиря може бути неоднорідно намагніченою.

е) Якщо гирю однорідно намагнічено, то вимірювати можна біля центра основи близько до поверхні гирі без зіткнення і відповідно до технічних характеристик вимірювача магнітної індукції.

Примітка. У деяких зондів, таких як ферозонд, датчик розташовують на певній відстані від краю зонда [16]. Це зазвичай призводить до менших величин напруженості поля, ніж до отриманих за допомогою датчика Холла, розташованого настільки близько до гирі, наскільки це можливо. Якщо гирю неоднорідно намагнічено, то вимірювати потрібно уздовж центральної осі гирі на відстані від поверхні, що становить щонайменше половину діаметра циліндричної гирі або половину найбільшого розміру прямокутної гирі. Покази зонда потрібно скоригувувати за формулою, наведеною нижче.

ф) Знімають покази (які можуть бути в мілітеслах).

г) Повертають гирю для вимірювання біля вершини (тільки для гир із пласкою вершиною) і повторюють кроки d — f, зазначені вище.

h) Кориguють покази зонда й оцінюють поляризацію $\mu_0 M$ за такою формулою:

$$\mu_0 M = \frac{2B}{\frac{d+h}{\sqrt{R^2 + (d+h)^2}} - \frac{d}{\sqrt{R^2 + d^2}}} - f(B_E), \quad (B.6.2-1)$$

якщо $f(B_E) = 5,4 B_E$ для гир класу точності M (B.6.2-2)

і $f(B_E) = \frac{\chi}{1 + 0,23\chi} \cdot B_E$ для гир класів точності E і F, (B.6.2-3)

де B — покази вимірювача магнітної індукції за наявності гирі (навоколишнє поле віднімається, див. с);
 B_E — покази навоколишнього магнітного поля, отриманого вимірювачем магнітної індукції за відсутності гирі;
 d — відстань між центром чуттєвого елемента (який вставлено всередину зонда) і поверхнею гирі;
 h — висота гирі;
 R — радіус циліндричної гирі або для прямокутної гирі — радіус окружності тієї самої площі, що її виміряна площа гирі.

Примітка. B і B_E можуть у деяких випадках мати різні знаки

і) Застосовуване устаткування і відстань потрібно в усіх випадках записувати в протоколи випробування.

В.6.2.4 Невизначеність

Прилади калібрують із невизначеністю, яка відповідає вимозі, що намагніченість може бути визначено з границею невизначеності, яка менше третини границь похибок, наведених у таблиці 3. Ця процедура призводить до розширеної невизначеності $U(k=2)$ намагніченості приблизно 30 % (охоплюючи невизначеність калібрування вимірювача магнітної індукції). Однак спрощення в методі не можуть бути причиною цієї невизначеності. Тому намагніченість, визначена так, є умовним, а тому корисним значенням.

В.6.2.5 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми, які наведено в OIML R 111-2.

В.6.3 Технічні характеристики матеріалу

Вимірювання магнітної сприйнятливості можна виконувати за процедурою, викладеною у В.6.4, на випробному зразку, узятому з куска металу, який застосовують для виготовлення гирі. У цьому разі розширену невизначеність $U(k=2)$ вимірювання буде збільшено на 20 %, щоб узяти до уваги можливу варіацію цього параметра в певному куску металу. Однак усі готові гирі повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3. Унаслідок ефекту насичення під час вимірювання магнітної сприйнятливості магнітне поле, що прикладається до гирі, повинно бути досить малим (< 4 кА/м для типової легованої сталі).

В.6.3.1 Гирі, виготовлені з алюмінію, мають магнітну сприйнятливість $\chi \ll 0,01$.

В.6.3.2 Для маленьких гир номінальною масою менше ніж 2 г треба розглядати технічні вимоги виробника до магнітних властивостей матеріалу, який використано під час виробництва.

В.6.3.3 Для гир класів точності F номінальною масою менше ніж 20 г треба розглядати технічні вимоги виробника до магнітних властивостей матеріалу, який використано під час виробництва.

В.6.4 Магнітна сприйнятливість і постійна намагніченість, метод вимірювання за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості

В.6.4.1 Принципи випробування

Цей метод може бути застосовано для визначення магнітної сприйнятливості та постійної намагніченості слабо намагнічених гир через вимірювання сили, що впливає на еталонну гирю, у градієнті магнітного поля сильного постійного магніту (див. рисунок В.1).

Цей метод застосовний тільки для гир, у яких магнітна сприйнятливість $\chi < 1$. Метод вимірювання за допомогою вимірювача магнітної індукції не рекомендують для складених гир. Щоб застосовувати цей метод, необхідно ознайомитися з посиланням [6]. У звичайному приладі вимірювач магнітної сприйнятливості має вимірювальний об'єм, обмежений у довжині (близько 10 см^3) столу, розташованого близько до магніту і вертикально над ним. Для гир номінальною масою більше ніж 2 кг проводять вимірювання в середині основи гирі (якщо вважають необхідним виміряти постійну намагніченість у кількох місцях уздовж основи, застосовуючи вимірювач магнітної індукції замість вимірювача магнітної сприйнятливості). Зазвичай гирю має бути встановлено вертикально. Вимірювання магнітних властивостей сторін або вершини потребує більш детально розроблених методів [6].

В.6.4.2 Загальні міркування

Є істотний ризик, що процедура може призвести до постійної намагніченості випробної гирі, якщо її не захищено від магнітних полів, що занадто високі (більше ніж 2 кА/м для типової легованої сталі класу точності E_1). Наприклад рекомендують, щоб випробовування гир класу точності E_1 виконували на відстані Z_0 близько 20 мм між половиною висоти магніту й основою гирі (див. рисунок В.1). Потім тільки збільшують Z_0 , якщо зразок сприйнятливості занадто малий для того, щоб згенерувати сигнал [6]. Додаткові заходи обережності можуть бути необхідними під час випробовування гир з більш високою сприйнятливістю (див. В.6.4.5 с).

В.6.4.3 Сукупність пристосовання:

- зважувальний прилад із ціною поділки шкали не більше ніж 10 мкг ;
- немагнітний стіл для розташування на ньому гирі;
- циліндр для розташування на ньому магніту;
- циліндричні магніти з магнітним моментом m_d порядку $0,1 \text{ Ам}^2$ (цей момент типовий для самарісто-кобальтового або неодимово-залізо-борного магніту об'ємом близько 100 мм^3) [6].

В.6.4.4 Ілюстрація сукупності пристосовання

Висота магніту повинна в ідеалі дорівнювати $0,87$ частин від його діаметра [6], хоча відношення висоти та діаметра припускається таким, що дорівнює 1 . Z_0 — це відстань від половини висоти магніту до основи гирі.

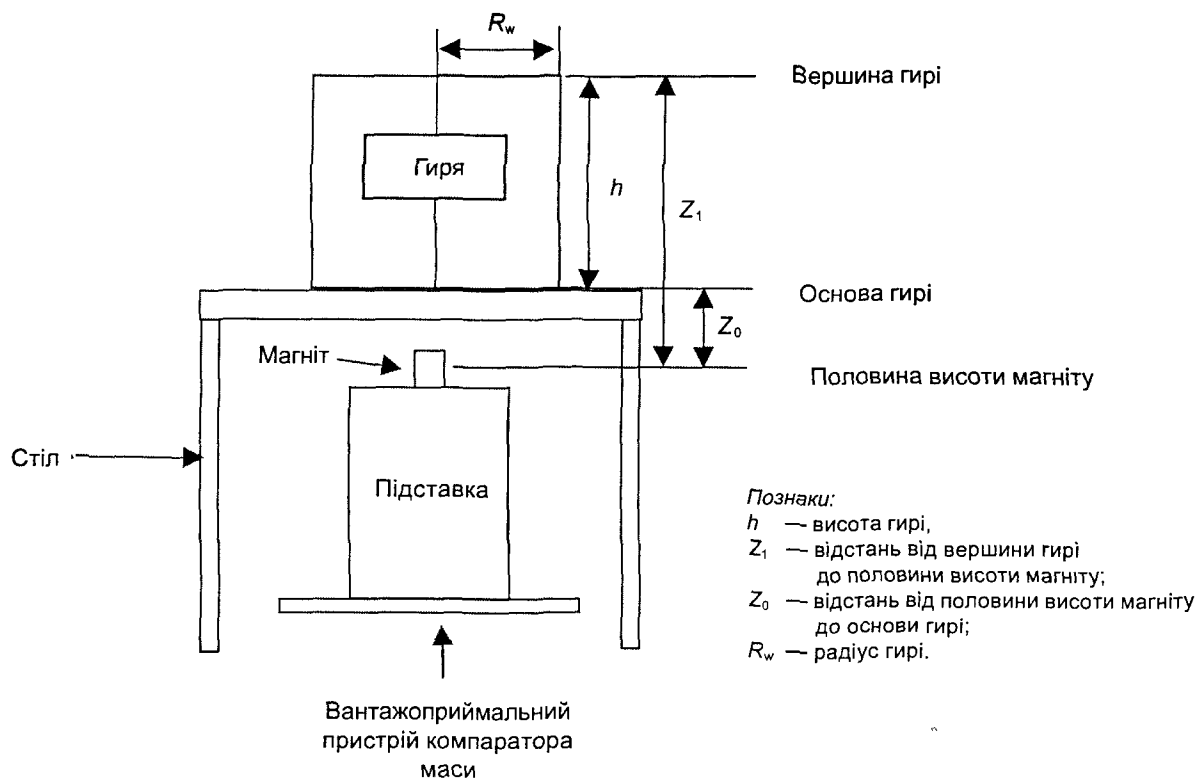


Рисунок В.1 — Сукупність пристосовання для методу вимірювання магнітної сприйнятливості та намагніченості за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості

В.6.4.5 Вимірювання

Ці випробовування потрібно проводити в зоні, вільній від великих металовмістких об'єктів. Оператор не повинен мати при собі або в одязі металовмістких об'єктів.

а) Виміряють різні параметри (Z_0 , R_w , h), див. ілюстрацію сукупності пристосовання на рис. В.1, див. також [6] для вимірювання Z_0 .

б) Значення прискорення сили тяжіння g повинно бути відомо до 1% .

с) Розташовують магніт його північним полюсом, направленим униз (північний полюс циліндричного магніту є краєм, що відштовхує стрілки компаса від північного полюса). Дипольний момент m_d є необхідним.

Магніт створює максимальне поле на вершині поверхні столу:

$$H = \frac{m_d}{2\pi \cdot Z_0^3}, \quad (\text{B.6.4-1})$$

де H — в $\text{А} \cdot \text{м}^{-1}$, m_d — в $\text{А} \cdot \text{м}^2$ і Z_0 — в метрах.

Важливо, що у вихідному положенні H не повинно перевищувати 2000 А/м, якщо випробовують гирі класу точності E_1 ; 800 А/м, якщо випробовують гирі класу точності E_2 ; 200 А/м, якщо випробовують гирі інших класів точності. Поле H може збільшуватися тільки тоді, коли сигнал вимірювача магнітної сприйнятливості занадто слабкий. У цьому разі поле H збільшується шляхом зменшення висоти Z_0 .

d) Установлюють покази приладу на нуль.

e) Розташовують гирю на столі, щоб його осі сполучалися з вертикальними осями магніту, і знімають покази. Повертають гирю навколо її вертикальної осі багаторазово зі збільшенням кутів і знімають покази в кожній позиції. Для повторної операції повертають гирю на кут, за якого покази будуть максимальними відносно нуля.

f) Розташовують гирю на столі, зазвичай три рази прямо над магнітом. Треба переконатися, що гиря знаходиться в центрі:

- 1) Зазначають час, коли гирю поставлено, час, коли знято покази, і час, коли навантаження вилучено.
- 2) Обчислюють Δm_1 за повторних показів. Зазвичай Δm_1 буде від'ємним, показуючи, що магніт притягається гирею несуттєво.
- 3) Силу F_1 визначають як

$$F_1 = -\Delta m_1 \cdot g. \quad (\text{B.6.4-2})$$

g) Вимірювання потрібно повторювати з магнітом, переверненим догори дном.

- 1) Відстань Z_0 повинна залишатися постійною.
- 2) Обнулюють покази приладу.
- 3) Знову розташовують гирю на столі, зазвичай три рази прямо над магнітом. Треба переконатися, що гиря знаходиться в центрі.
- 4) Зазначають час, коли гирю поставлено, час, коли знято покази, і час, коли навантаження вилучено.
- 5) Обчислюють Δm_2 за повторних показів. Зазвичай Δm_2 буде від'ємним, але може істотно відрізнитися від Δm_1 .
- 6) Силу F_2 визначають як

$$F_2 = -\Delta m_2 \cdot g. \quad (\text{B.6.4-3})$$

h) Повторюють кроки d—g, описані вище.

В.6.4.6 Обчислювання

Обчислюють магнітну сприйнятливість χ і постійну намагніченість M_z гирі підставленням значення різних параметрів у формули, наведені нижче. Припускають, що магнітна сприйнятливість повітря завжди незначна.

В.6.4.6.1 Якщо вимірюють F_1 і F_2 , то вираз для **магнітної сприйнятливості** встановлюють як:

$$\chi = \frac{F_a}{I_a \cdot F_{\max} - 0,4 F_a}, \quad (\text{B.6.4-4})$$

$$\text{де } F_{\max} = \frac{3\mu_0}{64\pi} \cdot \frac{m_d^2}{Z_0^4}, \quad (\text{B.6.4-5})$$

$$F_a = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad (\text{B.6.4-6})$$

і для **магнітної поляризації**:

$$\mu_0 M_z = \frac{F_b}{\frac{m_d}{Z_0} \cdot \frac{1}{4\pi} \cdot I_b} - \frac{\chi}{1 + 0,23\chi} B_{EZ}, \quad (\text{B.6.4-7})$$

$$\text{де } F_b = \frac{F_1 - F_2}{2}. \quad (\text{В.6.4-8})$$

B_{EZ} — це вертикальна складова магнітної індукції навколишнього середовища в лабораторії.

Зазвичай B_{EZ} можна брати як вертикальну складову магнітної індукції землі в місці розташування лабораторії, і в цьому випадку — $48 \text{ мкТ} < B_{EZ} < 60 \text{ мкТ}$ залежно від широти. Величина B_{EZ} дорівнює нулю на екваторі землі й сягає максимального значення на її полюсах. Знак додатний — у північній півкулі та від'ємний — у південній півкулі.

В.6.4.6.2 Геометричні поправочні коефіцієнти у згаданих вище формулах наводять відповідно:

$$I_a = 1 - \left[\frac{Z_0}{Z_1} \right]^4 - \frac{1 + \frac{(R_w/Z_0)^2}{3}}{\left[1 + \left(\frac{R_w}{Z_0} \right)^2 \right]^3} + \left[\frac{Z_0}{Z_1} \right]^4 \cdot \frac{1 + \frac{(R_w/Z_1)^2}{3}}{\left[1 + \left(\frac{R_w}{Z_1} \right)^2 \right]^3} \quad (\text{В.6.4-9})$$

$$I_b = 2\pi \left[\frac{\left(\frac{R_w}{Z_0} \right)^2}{\left(1 + \left(\frac{R_w}{Z_0} \right)^2 \right)^{3/2}} - \frac{\left(\frac{R_w}{Z_0} \right)^2 / \left(\frac{Z_1}{Z_0} \right)^3}{\left(1 + \left(\frac{R_w/Z_0}{Z_1/Z_0} \right)^2 \right)^{3/2}} \right]. \quad (\text{В.6.4-10})$$

Для більш детальної інформації щодо I_a та I_b див. [6]. Магнітну сприйнятливості повітря можна знехтувати для всіх практичних цілей.

В.6.4.6.3 Формули, наведені вище, справедливі для циліндричних гир. Якщо гиря не має форми ідеального циліндра, то можуть знадобитися додаткові поправки або великі невизначеності. Наприклад подальші обчислення є необхідними для того, щоб розрахувати для віддаленої основи, голівки тощо, як описано в [6]. Поправки для ефектів гир такої форми найбільші для найменших номінальних значень маси (2 г), за яких вони досягають близько 10 %.

В.6.4.7 Невизначеність

Ця процедура призводить до невизначеності магнітної сприйнятливості в діапазоні від 10 % до 20 %. Невизначеність, пов'язана з цим методом, більше для гир малої номінальної маси [17], [18], [40].

В.6.4.8 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми, наведені в OIML R 111-2.

В.6.5 Магнітна сприйнятливість, метод притягання

В.6.5.1 Принципи випробовування

Величина, яку вимірюють цим методом, є відносною магнітною проникністю, обумовленою методом порівняння магнітної сили, спричинюваної постійним магнітом, і діючої на еталонну гирю з відповідною силою на еталон проникності (див. рисунок В.2). Магнітну сприйнятливості χ обчислюють, застосовуючи рівняння для відношення між відносною магнітною проникністю та магнітною сприйнятливості ($\mu_r = 1 + \chi$).

Цей метод може бути застосовним для гир номінальною масою 20 г і більше та для гир E_2 — F_2 [18] і [19] (див. також таблицю В.3(b)). Зазвичай прилади, придатні для цього методу, можуть бути застосованими тільки для визначення магнітної проникності в діапазоні $1,01 \leq \mu_r \leq 2,5$ ($0,01 \leq \chi \leq 1,5$).

В.6.5.2 Загальні міркування

Недоліком цього методу є те, що придатні прилади важко калібрувати.

УВАГА! Існує також ризик, що процедура може призвести до постійної намагніченості випробної гирі.

Магніт притягається гирею або еталонним матеріалом залежно від того, що має більшу магнітну проникність.

В.6.5.3 Сукупність пристосовання:

- а) магніт, що качається на шарнірі з противагою (рисунок В.2);
- б) еталонний матеріал із відомою магнітною проникністю;
- в) засоби для поводження з гирею (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- г) добре освітлена кімната.

В.6.5.4 Ілюстрація сукупності пристосовання

На рисунку В.2 наведено ілюстрацію сукупності пристосовання. Зазвичай прилад містить набір вкладок (еталонних матеріалів), які можна застосовувати.

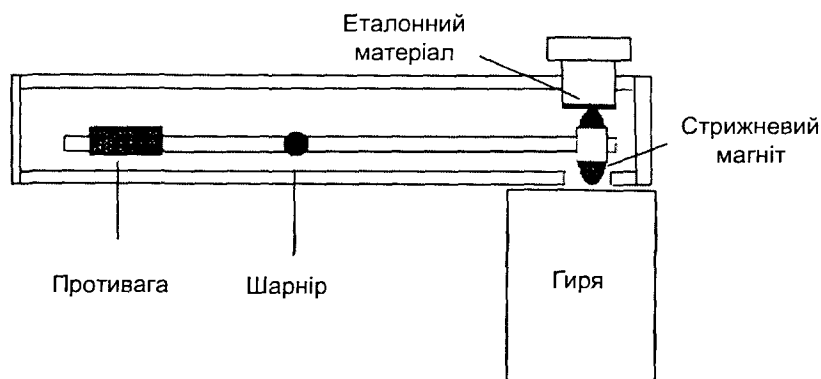


Рисунок В.2 — Сукупність пристосовання для вимірювання магнітної сприйнятливості, метод притягання

В.6.5.5 Процедура вимірювання

- а) Уставляють придатний еталонний матеріал із відомою відносною магнітною проникністю в прилад.
- б) Установлюють прилад у стійке положення з магнітом, що вказує вниз.
- в) Переміщують гирю в напрямку до приладу (стрижневому магніту з відомим еталонним матеріалом) доти, доки вона не торкнеться приладу.
- г) Потім треба відсунути гирю дуже акуратно від приладу.
- д) Якщо стрижневий магніт притягається гирею, то відносна проникність гирі вище, ніж еталонного матеріалу.
- е) Це випробовування потрібно виконувати в різних положеннях на вершині та основі гирі.

Щоб забезпечити простежуваність у визначенні сприйнятливості, процедуру потрібно повторювати з вимірюваннями на зразку з відомою сприйнятливістю (наприклад визначену за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості у В.6.4).

В.6.5.6 Невизначеність

Прилад має пов'язану невизначеність проникності приблизно 0,3 % (30 % від сприйнятливості) за найменшої проникності ($\mu_r = 1,01$) і 8 % (13 % від сприйнятливості) за найбільшої проникності ($\mu_r = 2,5$). Процедура вимірювання може мати великі невизначеності [19].

В.6.5.7 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми, наведені в OIML R 111-2.

В.6.6 Магнітна сприйнятливість, метод вимірювання за допомогою ферозонда

В.6.6.1 Принципи випробовування

За цим методом визначають відносну магнітну проникність об'єкта, застосовуючи індукційний магнітометр із зондом проникності, що містить постійний магніт, розташований поблизу до об'єкта [20].

УВАГА! Існує ризик, що процедура може призвести до постійної намагніченості випробної гирі.

В.6.6.2 Загальні міркування

Зазвичай прилади, придатні для цього методу, можна застосовувати для визначення магнітної проникності в діапазоні $1,0001 \leq \mu_r \leq 2,00$ ($0,0001 \leq \chi \leq 1,00$). Щоб забезпечити простежуваність у визначеннях цієї величини, процедуру потрібно повторювати з вимірюваннями на зразку з відомою сприйнятливостю (наприклад на придатному еталонному матеріалі, сертифікованому поакредитованою лабораторією).

В.6.6.3 Сукупність пристосовання:

- a) індукційний магнітометр із зондом проникності, що містить постійний магніт;
- b) еталонний матеріал із відомою магнітною проникністю;
- c) засоби для поводження з гирею (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- d) добре освітлена кімната.

В.6.6.4 Вимірювання

Треба звернутися до технічних вимог виробника.

В.6.6.5 Невизначеність

Прилад має пов'язану невизначеність проникності приблизно 0,2 % (від 40 % до 4 % від сприйнятливості) у діапазоні $1,005 \leq \mu_r \leq 1,05$ ($0,005 \leq \chi \leq 0,05$) [20]. Треба звернутися до технічних умов виробника.

В.6.6.6 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми, наведені в OIML R 111-2.

В.6.7 Рекомендовані методи для визначення намагніченості та сприйнятливості для різних класів точності та розмірів гир**В.6.7.1 Вимірювання потрібно проводити на готових гирях.**

В.6.7.2 Вимірювач магнітної індукції (В.6.2) можна застосовувати для визначення намагніченості для всіх класів точності, датчик Холла — для номінальних значень маси ≥ 1 г і ферозонд — для номінальних значень маси ≥ 100 г.

В.6.7.3 У таблицях В.3(a), (b) і (c) наведено рекомендовані процедури для різних класів точності.

Таблиця В.3(a) — Постійна намагніченість, метод вимірювання за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості (В.6.4)

Розмір гирі	Клас точності
≥ 20 г	E_1, E_2, F_1 і F_2 для гир без підгінної порожнини
2 г $\leq m < 20$ г	E_1, E_2 і F_1
≤ 2 г	E_1 і E_2

Таблиця В.3(b) — Магнітна сприйнятливість

Розмір гирі	Клас E_1	Клас E_2	Клас F_1	Клас F_2
5000 кг		F A S*	F	F
2000 кг			A	A
1000 кг			S*	S*
500 кг				
200 кг				
100 кг				
50 кг	S	F	F	F
20 кг	F	A	A	A
10 кг		S	S	S
5 кг				

Кінець таблиці В.3(b)

Розмір гирі	Клас E ₁	Клас E ₂	Клас F ₁	Клас F ₂
2 кг				
1 кг				
500 г				
200 г				
100 г				
50 г	S	S	A	A
20 г			S	S
10 г			Sp	Sp
5 г				
2 г				
1 г				
500 мг	Sp	Sp		
200 мг				
100 мг				
50 мг				
20 мг				
10 мг				
5 мг				
2 мг				
1 мг				
<p>Sp — характеристики матеріалу (В.6.3).</p> <p>S — вимірювач магнітної сприйнятливості для гир без підгінної порожнини (В.6.4).</p> <p>A — метод притягання (В.6.5).</p> <p>F — ферозонд і постійний магніт (В.6.6).</p> <p>S* — методи F і A кращі для гир класу точності E₂ номінальною масою від 100 кг до 1000 кг. Оскільки зусилля, необхідне для того, щоб створити придатний прилад і виконати вимірювання за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості, перевищує його переваги порівняно з методами F і A для гир класу точності E₂ номінальною масою від 100 кг до 1000 кг. Метод вимірювання за допомогою вимірювача магнітної сприйнятливості не рекомендовано для складених гир</p>				

Таблиця В.3(с) — Постійна намагніченість, метод вимірювання за допомогою вимірювача магнітної індукції (В.6.2)

Розмір гирі	Клас точності
≥ 1 г (датчик Холла)	E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₁₋₂ , M ₂ , M ₂₋₃ , M ₃
≥ 100 г (ферозонд)	

В.7 Густина

В.7.1 Вступ

У таблиці 5 наведено границі густини для гир. Нижче наведено шість прийнятних методів для ви-

значення густини гир. Альтернативні методи, наприклад зважування за допомогою ваг, занурених у фторовуглецеву рідину [21], або застосовування акустичного вольтметра [22], [23], можна застосовувати, якщо підстави для їхнього застосування підтверджено відповідною документацією, які треба долучати до протоколу випробування. У методах випробування А, В, С і D використовують воду чи іншу придатну рідину, яку застосовують як еталон густини. Методи Е і F застосовують для низьких класів точності гир, якщо занурення в рідину неприпустимо. У таблиці В.4 наведено короткий

виклад методів для визначення густини. У таблиці В.8 (наприкінці В.7) надано рекомендовані методи визначення густини для різних класів точності.

Таблиця В.4 — Методи для визначення густини

Метод	Опис
A	Найточніший метод. Методика гідростатичного звіряння випробної гирі з еталонною гирею в повітрі й у рідині з відомою густиною
B	Найшвидший і прийнятний метод. Зважування гирі у воді й підтвердження того, що покази ваг знаходяться всередині табличних граничних значень, або обчислення густини за показами вагів і відомого дійсного значення маси випробної гирі
C	Окреме визначення маси й об'єму випробної гирі. Об'єм визначають зі зростання показів вагів, коли гирю підвішено в резервуарі з водою, розміщеному на чашці вагів
D	Методика застосовна для гир номінальною масою більше ніж 1 кг. Зважування в контейнері визначеної ємкості, наповненому рідиною, і без випробної гирі всередині
E	Методика застосовна для гир з порожнинами, що не повинні занурюватися у воду. Об'єм обчислюють за розмірами гирі
F	Оцінювання густини засновано на відомому складі сплаву, з якого виготовлено гирю.

В.7.1.1 Під час контролю границь густини потрібно брати до уваги невизначеність, яку по своїй суті пов'язано із застосуванням методом випробовування. У таблиці В.5 наведено основну оцінку невизначеності, пов'язаної з кожним методом. Для кожної гирі розширена невизначеність U (для $k = 2$) густини повинна знаходитися в границях:

$$\rho_{\min} + U \leq \rho \leq \rho_{\max} - U. \quad (\text{В.7.1-1})$$

Однак, якщо невизначеність густини, яку визначають, може залишатися низькою, то можна допускати збільшений діапазон результатів під час контролю, як показано на рисунку В.3. Менші невизначеності може бути отримано завдяки акуратності в роботі.

Таблиця В.5 — Оцінка типових невизначеностей U (для $k = 2$) для різних методів та розмірів гир (у кілограмах на метр кубічний)

Метод	50 кг	1 кг	1 г
A1	—	1,5	60
A2/A3	—	3	60
B1	5	5	60
B2	20	20	60
C	10	10	100
D	5	10	—
E	30	40	600
F	від 130 до 600		

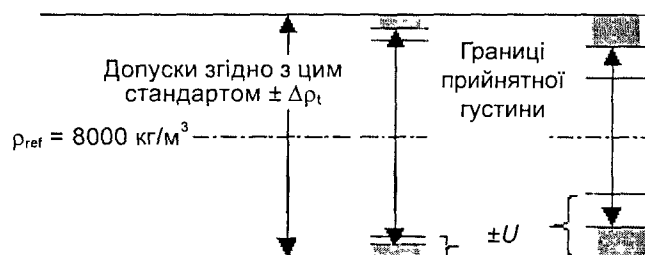


Рисунок В.3 — Допустимі відхилення для значення густини та контрольні границі з урахуванням невизначеності вимірювання

В.7.2 Загальні міркування

В.7.2.1 Нормальна температура

Нормальна температура для встановлення густини — 20 °С. Якщо вимірювання виконують за різних температур (інші загальноприйняті значення температури в лабораторних приміщеннях 23 °С чи 27 °С), то густину потрібно перераховувати для 20 °С, застосовуючи коефіцієнт розширення об'єму γ матеріалу. Якщо γ не відомо однозначно, то передбачають, що для гир із нержавіючої сталі потрібно застосовувати $\gamma = 50 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

$$\rho(t_{\text{ref}}) = \rho(t_{\text{meas}}) \cdot [1 + \gamma(t_{\text{meas}} - t_{\text{ref}})]. \quad (\text{В.7.2-1})$$

Невизначеність вимірювання:

$$u^2(\rho(t_{\text{ref}})) = u^2(\rho(t_{\text{meas}})) \left[\frac{\rho(t_{\text{ref}})}{\rho(t_{\text{meas}})} \right]^2 + u^2(\gamma) \rho^2(t_{\text{meas}}) (t_{\text{meas}} - t_{\text{ref}})^2 + u^2(t_{\text{meas}}) \rho^2(t_{\text{meas}}) \gamma^2. \quad (\text{В.7.2-2})$$

В.7.2.2 Вимоги до контролю маленьких гир

Густину маленьких гир, для яких у таблиці 5 не надано граничних значень, не потрібно перевіряти. Густину гир номінальною масою менше ніж 1 г потрібно оцінювати відповідно до методу F (див. нижче), посилаючись на інформацію виробника щодо матеріалу, з якого виготовлено гири.

В.7.2.3 Рідина для занурення

Рідина для занурення не повинна впливати на гири. Дистильована та деаерована вода краща, тому що її густина являє собою добре відому функцію температури [24], [25]¹⁾, і її чистоту легко контролювати [26]²⁾. Рівняння в цьому стандарті допускають постійне значення для густини рідини. Для обчислення, яке виконано на калькуляторі, у таблиці В.6 наведено деякі значення густини води. Густину повітря можна обчислювати, застосовуючи спрощену формулу (Е.3-1).

Таблиця В.6 — Густина води

t_i , [°C]	ρ_i , [кг/м³]	$\Delta\rho_i/\Delta t_i$, [кг/м³·°C]	t_i , [°C]	ρ_i , [кг/м³]	$\Delta\rho_i/\Delta t_i$, [кг/м³·°C]
18,0	998,593		21,5	997,879	– 0,222
18,5	998,499	– 0,190	22,0	997,767	
19,0	998,402		22,5	997,652	– 0,232
19,5	998,303	– 0,201	23,0	997,535	
20,0	998,201		23,5	997,415	– 0,242
20,5	998,096	– 0,212	24,0	997,293	
21,0	997,989				

¹⁾ Гири, не очищені перед випробовуванням, може показувати менше значення маси після занурення в чисту воду й наступної стабілізації.

²⁾ Може бути використано інші рідини з добре відомою та стабільною густиною. Істотним є те, що для незначних невизначеностей вимірювання треба виконувати за постійних і добре відомих температурних умов. Це навіть більш важливо, якщо рідина має більш високий коефіцієнт температурного розширення, ніж вода, яку використовують.

В.7.2.4 Проникнення води в підгінну порожнину

Гирі, що містять підгінну порожнину, не потрібно занурювати у воду, тому що вона може потрапити в порожнину під час вимірювання. Це може спотворити густину й масу гирі, і це згубно для стабільності значення маси. Для гир із порожниною, перший вибір — це геометричне визначення об'єму. Однак, якщо всю воду може бути вилучено згодом, то гідростатичне зважування потрібно виконувати з відкритою порожниною за акуратного видалення повітря, що потрапило в неї.

В.7.2.5 Видалення повітря

Для точних вимірювань у воді дуже важливо видалити бульбашки повітря з гирі та тримача гирі. Це також справедливо для стін резервуара з водою для методів С і D, особливо, якщо це стосується маленьких гир³⁾. Практичний спосіб зменшити ризик появи бульбашок повітря — це деаерувати воду та гирю у воді застосуванням розрідження до утримувального відсіку протягом 10—15 хв⁴⁾.

В.7.2.6 Тримач гирі або дротова підвіска

Розташування гирі на тримачу гирі під водою може випадково призвести до руйнування гирі та резервуара (скла). Найкраще занурювати гирю і тримача гирі разом. Бульбашки повітря однак може бути виявлено, якщо тримач гирі та гирю занурюють окремо. Застосовують тримач гирі, який може запобігати падінню гирі. Якщо потрібно маленька невизначеність вимірювання, то дротова підвіска повинна бути тонкою, чистою і проходити зону контакту води й повітря під прямим кутом⁵⁾.

В.7.2.7 Дійсне й умовне значення маси

У рівнянні, наведеному нижче, дійсне значення маси можна брати за умовне та навпаки, тому що з огляду на отриману й потрібну невизначеність для густини гирі, різницю між її дійсним й умовним значеннями маси не залучають. З тієї самої причини номінальне значення маси можна брати за дійсне чи умовне значення маси гирі за умови, що можна допустити, що умовне значення маси задовольняє відповідні границі допустимої похибки, наведені в таблиці 1.

В.7.2.8 Просушування гирі

Після переміщення гирі з резервуара з водою велика частина води буде відразу стікати з поверхні гирі. Краплі, що залишилися, потрібно вилучати за допомогою тканини. Для стабілізації гирі можна розміщати під придатним ковпаком (переверненим догори дном лабораторною склянкою з простором для вентиляції).

В.7.3 Вимірювання випробного зразка

Вимірювання густини можна виконувати на окремому випробному зразку, узятому з куска металу, який використано для виготовлення гирі. Випробний зразок вважають близьким наскільки це можливо до гирі та має придатний об'єм і форму для вимірювання його густини. Шорсткість випробного зразка така сама або менша, ніж шорсткість гирі. Густина гирі передбачають такою, що дорівнює густині випробного зразка. Стандартну невизначеність цього значення обчислюють додаванням складових відносних стандартних невизначеностей, рівних $5 \cdot 10^{-5}$, до стандартної невизначеності густини випробного зразка.

В.7.4 Метод випробовування А (гідростатичне звірення)

Цей метод можна виконувати трьома різними способами:

Метод А1 (дві різні еталонні гирі, зважені в повітрі)

Звірення між випробною й еталонною гирями в повітрі та звірення між випробною гирею в рідині та другою еталонною гирею в повітрі;

Метод А2 (еталонні гирі, зважені в повітрі й у рідині)

Звірення між випробною й еталонною гирями в повітрі та звірення між випробною гирею та (тією самою чи іншою) еталонною гирею в рідині; або

Метод А3 (пряме зважування)

Зважування випробної гирі в повітрі й у рідині, використовуючи покази вагів замість дійсних значень маси еталонних гир.

³⁾ Наприклад для гирі номінальною масою 20 мг зміни показів вагів 20 мкг можуть призвести до різниці результатів густини 80 кг/м³.

⁴⁾ Густина повітря, що насичує воду, приблизно на 0,0025 кг/м³ нижче, ніж у деаерованій воді.

⁵⁾ У методі порівняння взято до уваги, що тримач, також як і занурена дротова підвіска, витісняє воду. Надалі це компенсує додаткову силу, спричинену утворенням меніска в зоні контакту води й повітря, що не відображається в подальших рівняннях. Діаметр дроту від 0,1 до 0,3 мм для гир номінальною масою не більше ніж 2 кг є придатним для більшості випадків.

В.7.4.1 Сукупність пристосовання

- лабораторні ваги з достатньою найбільшою границею зважування та високою роздільною здатністю (зазвичай відносна роздільна здатність дорівнює $2 \cdot 10^{-6}$), обладнані для зважування вантажу, підвішеного під вагами;
- резервуар із водою з можливістю термостатичного контролю в межах $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- дротові підвіски та тримачі гирі для гир різних розмірів;
- механізм навантажування та розвантажування тримача гирі у воді;
- еталони маси з відомою густиною;
- засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- добре освітлена кімната.

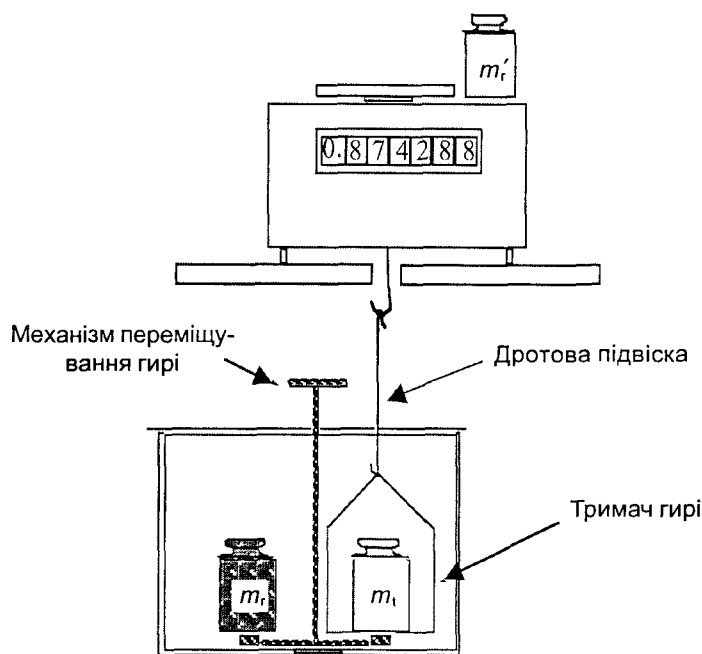


Рисунок В.4 — Ілюстрація методу А

В.7.4.2 Метод випробовування А1 (дві різні еталонні гирі, зважені в повітрі)

В.7.4.2.1 Вимірювання

Визначають густину рідини ρ_l та густину повітря ρ_a під час випробовування:

- Перше зважування (випробна гиря в повітрі):
 - зважують випробну гирю (m_{ia}) в повітрі (густиною ρ_a);
 - записують покази (I_{ia});
 - акуратно переміщують гирю (m_{ia}).
- Друге зважування (еталонна гиря в повітрі):
 - зважують еталонну гирю (m_{ra}) в повітрі (густиною ρ_a);
 - записують покази (I_{ra});
 - акуратно переміщують гирю (m_{ra}).
- Третє зважування (випробна гиря в рідині):
 - зважують випробну гирю (m_{il}) в резервуарі з водою (густиною ρ_l);
 - записують покази (I_{il});
 - акуратно переміщують гирю (m_{il}).
- Четверте зважування (друга еталонна гиря в повітрі):
 - зважують еталонну гирю (m_{rl}) в повітрі (густиною ρ_{al});
 - записують покази (I_{rl});
 - акуратно переміщують гирю (m_{rl}).

Друга еталонна гиря ($m_{\text{п}}$) зазвичай є комбінацією гир, для якої покази ваг близькі до показів ваг для зануреної гирі.

В.7.4.2.2 Обчислювання

Символ $m_{\text{п}}$ представляє сумарну масу складових і $\rho_{\text{п}}$ представляє ефективну густину. Ефективну густину обчислюють як:

$$\rho_{\text{п}} = \sum_i m_{\text{п}i} / \sum_i V_{\text{п}i}, \quad (\text{B.7.4-1})$$

де $V_{\text{п}i}$ — об'єми гир. Густина випробної гирі тоді обчислюють як:

$$\rho_{\text{т}} = \frac{\rho_{\text{л}}(C_{\text{а}}m_{\text{ра}} + \Delta m_{\text{ва}}) - \rho_{\text{а}}(C_{\text{ал}}m_{\text{пл}} + \Delta m_{\text{вл}})}{C_{\text{а}}m_{\text{ра}} + \Delta m_{\text{ва}} - C_{\text{ал}}m_{\text{пл}} - \Delta m_{\text{вл}}}, \quad (\text{B.7.4-2})$$

при цьому

$$C_{\text{а}} = 1 - \rho_{\text{а}}/\rho_{\text{ра}}, \quad (\text{B.7.4-3})$$

$$C_{\text{ал}} = 1 - \frac{\rho_{\text{ал}}}{\rho_{\text{пл}}}, \quad (\text{B.7.4-4})$$

$$\Delta m_{\text{ва}} = (I_{\text{та}} - I_{\text{ра}})C_{\text{с}}, \quad (\text{B.7.4-5})$$

$$\Delta m_{\text{вл}} = (I_{\text{тл}} - I_{\text{пл}})C_{\text{с}}, \quad (\text{B.7.4-6})$$

$$C_{\text{с}} = 1 - \frac{\rho_{\text{ас}}}{\rho_{\text{с}}}. \quad (\text{B.7.4-7})$$

Символ $\rho_{\text{с}}$ зазначає густину гирі-допуску і $\rho_{\text{ас}}$ зазначає густину повітря під час градування ваг. Відносна невизначеність:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u(\rho_{\text{т}})}{\rho_{\text{т}}} \right)^2 = & \left(c(\rho_{\text{а}}) \frac{u(\rho_{\text{а}})}{\rho_{\text{а}}} \right)^2 + \left(c(\rho_{\text{ал}}) \frac{u(\rho_{\text{ал}})}{\rho_{\text{ал}}} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_{\text{л}})}{\rho_{\text{л}}} \right)^2 + \left(c(\rho_{\text{ра}}) \frac{u(\rho_{\text{ра}})}{\rho_{\text{ра}}} \right)^2 + \\ & + c^2(m_{\text{р}}) \left[\left(2 \frac{u(m_{\text{р}})}{m_{\text{р}}} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{\text{ва}})}{m_{\text{ра}}} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{\text{вл}})}{m_{\text{пл}}} \right)^2 + \left(\frac{u(m_{\text{срп}})}{m_{\text{пл}}} \right)^2 \right], \end{aligned} \quad (\text{B.7.4-8})$$

при цьому

$$c(\rho_{\text{а}}) = -\frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{т}}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{ра}}} \right) \left(1 - \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{л}}} \right), \quad (\text{B.7.4-9})$$

(нехтовно мала в більшості випадків)

$$c(\rho_{\text{ал}}) = \frac{\rho_{\text{ал}}}{\rho_{\text{л}}\rho_{\text{пл}}} (\rho_{\text{л}} - \rho_{\text{т}}), \quad (\text{B.7.4-10})$$

$$c(\rho_{\text{ра}}) = \frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{л}}\rho_{\text{ра}}} (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{л}}), \quad (\text{B.7.4-11})$$

$$c(\rho_{\text{пл}}) = -c(\rho_{\text{ал}}) = \frac{\rho_{\text{ал}}}{\rho_{\text{л}}\rho_{\text{пл}}} (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{л}}), \quad (\text{B.7.4-12})$$

$$|c(m_{\text{р}})| = \frac{(\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{л}})}{\rho_{\text{л}}}, \quad (\text{B.7.4-13})$$

$$\frac{u(m_{\text{р}})}{m_{\text{р}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{\text{ра}})}{m_{\text{ра}}} + \frac{u(m_{\text{пл}})}{m_{\text{пл}}} \right). \quad (\text{B.7.4-14})$$

Передбачають, що значення маси й густини еталонних гир корельовано.

$u(m_{\text{cap}})$ — це невизначеність внеску, зумовленого ефектом поверхневого натягу на дрововій підвісці (з підвіскою діаметром 1 мм максимальний ефект може сягати 23 мг; якщо діаметр дроту 0,1 мм, то ефект може сягати 2,3 мг).

Близько 20 °С невизначеність густини води пов'язано з невизначеністю її температури t_l , °С (температура води) так:

$$\left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l}\right)^2 = \left(-4,1 \cdot 10^{-3} \frac{u(t_l)}{t_l}\right)^2. \quad (\text{B.7.4-15})$$

Невизначеності нижче ніж 0,05 кг/м³ може бути досягнуто за формулою (B.7.4-2).

У більшості випадків поправки на виштовхувальну силу C_a , C_{al} і C_s не відрізняються істотно одна від одної і можуть бути встановлені як одиниця, у такий спосіб спрощуючи формулу (B.7.4-2):

$$\rho_t = \frac{\rho_l(m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a(m_{rl} + \Delta m_{wl})}{m_{ra} + \Delta m_{wa} - m_{rl} - \Delta m_{wl}}. \quad (\text{B.7.4-16})$$

Відносна невизначеність:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t}\right)^2 = & \left(c(p_a) \frac{u(p_a)}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l}\right)^2 + c^2(m_r) \times \\ & \times \left[\left(2 \frac{u(m_r)}{m_r}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{rl}}\right)^2 + \left(\frac{u(m_{\text{cap}})}{m_{rl}}\right)^2 + u_c^2 \right], \end{aligned} \quad (\text{B.7.4-17})$$

при цьому:

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{ra})}{m_{ra}} + \frac{u(m_{rl})}{m_{rl}} \right), \quad (\text{B.7.4-18})$$

$$c(p_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left(\frac{\rho_t}{\rho_l} - 1 \right), \quad (\text{B.7.4-19})$$

$$|c(m_r)| = \frac{(\rho_t - \rho_l)}{\rho_l}, \quad (\text{B.7.4-20})$$

$$u_c = \left(\frac{\rho_t}{\rho_l} - 1 \right) \left(\frac{\rho_a}{\rho_{ra}} - \frac{\rho_{al}}{\rho_{rl}} \right). \quad (\text{B.7.4-21})$$

Невизначеності нижче ніж 0,2 кг/м³ може бути досягнуто за формулою (B.7.4-16).

В.7.4.3 Метод А2 (еталонні гирі, зважені в повітрі й у рідині)

В.7.4.3.1 Процедура вимірювання

Та сама, що й у В.7.4.2.1, за винятком:

d) Четверте зважування (еталонна гиря в рідині):

- 1) зважують еталонну гирю (m_{rl}) у рідині;
- 2) записують покази (l_{rl});
- 3) акуратно переміщують гирю (m_{rl}).

Еталонна гиря (m_{rl}) може бути другою еталонною гирею або тією самою, що застосовують у повітрі.

В.7.4.3.2 Обчислювання

Густину випробної гирі обчислюють за формулою (B.7.4-22) або (B.7.4-31).

і) Якщо за застосування еталонної гирі під час вимірювання в повітрі та рідині $m_{ra} = m_{rl} = m_r$ і $\rho_{ra} = \rho_{rl} = \rho_r$, то:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_r + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_l m_r + \Delta m_{wl})}{m_r \frac{\rho_l - \rho_a}{\rho_r} + \Delta m_{wa} - \Delta m_{wl}}, \quad (B.7.4-22)$$

при цьому $C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r},$ (B.7.4-23)

$$C_l = 1 - \frac{\rho_l}{\rho_r}. \quad (B.7.4-24)$$

Δm_{wa} і Δm_{wl} визначають як у формулі (B.7.4-25).

Відносна невизначеність:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = & \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(\rho_l) \frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_r)}{\rho_r} \right)^2 + \left(c(m_r) \frac{u(m_r)}{m_r} \right)^2 + \\ & + \left(c(\Delta m_{wa}) \frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}} \right)^2 + \left(c(\Delta m_{wl}) \frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{ra}} \right)^2 + \left(c(\Delta m_{cap}) \frac{u(\Delta m_{cap})}{m_{ra}} \right)^2, \end{aligned} \quad (B.7.4-25)$$

при цьому: $c(\rho_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left(\frac{\rho_t - \rho_r}{\rho_l} \right)$ (B.7.4-26)

(нехтовно мала в більшості випадків)

$$c(\rho_t) = \frac{1}{\rho_t} \left(\rho_r \left(1 + \frac{\Delta m_{wa}}{m_r} \right) - \rho_l \right), \quad (B.7.4-27)$$

(нехтовно мала в більшості випадків)

$$c(m_r) = \frac{\rho_r - \rho_l}{\rho_t}, \quad (B.7.4-28)$$

$$c(\Delta m_{wa}) = \frac{\rho_r}{\rho_t} \left(\frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_l} \right), \quad (B.7.4-29)$$

$$c(\Delta m_{wl}) = \frac{\rho_r}{\rho_l}. \quad (B.7.4-30)$$

Невизначеності нижче ніж $0,1 \text{ кг/м}^3$ може бути досягнуто за формулою (B.7.4-22).

ii) Якщо за застосування під час вимірювання в повітрі та рідині різних еталонних гир $m_{ra} \neq m_{rl}$ і $\rho_{ra} \neq \rho_{rl}$, то:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_l m_{rl} + \Delta m_{wl})}{C_a m_{ra} + \Delta m_{wa} - C_l m_{rl} - \Delta m_{wl}}, \quad (B.7.4-31)$$

при цьому $C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ra}},$ (B.7.4-32)

$$C_l = 1 - \frac{\rho_l}{\rho_{rl}}. \quad (B.7.4-33)$$

Відносна невизначеність:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = & \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(\rho_l) \frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(c(\rho_{ra}) \frac{u(\rho_{ra})}{\rho_{ra}} \right)^2 + \left(c(\rho_{rl}) \frac{u(\rho_{rl})}{\rho_{rl}} \right)^2 + \\ & + c^2(m_r) \left[\left(2 \frac{u(m_r)}{m_r} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}} \right)^2 \right] + \left(c(\Delta m_{wl}) \frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{ra}} \right)^2 + \left(c(\Delta m_{cap}) \frac{u(\Delta m_{cap})}{m_{ra}} \right)^2, \end{aligned} \quad (B.7.4-34)$$

при цьому:

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{ra})}{m_{ra}} + \frac{u(m_{rl})}{m_{rl}} \right), \quad (\text{B.7.4-35})$$

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left[1 - \frac{\rho_{rl}}{\rho_{ra}\rho_l} (\rho_{ra} - \rho_t + \rho_l) \right] \quad (\text{B.7.4-36})$$

(нехтовно мала в більшості випадків)

$$c(\rho_l) = \frac{1}{\rho_t} (\rho_{rl} - \rho_t), \quad (\text{B.7.4-37})$$

(нехтовно мала в більшості випадків)

$$c(\rho_{ra}) = \frac{\rho_{rl}\rho_a}{\rho_l\rho_{ra}\rho_t} (\rho_l - \rho_t), \quad (\text{B.7.4-38})$$

$$c(\rho_{rl}) = \frac{\rho_t}{\rho_{rl}}, \quad (\text{B.7.4-39})$$

$$c(m_r) = \frac{\rho_{rl}}{\rho_l} \frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_t}, \quad (\text{B.7.4-40})$$

$$c(\Delta m_{wl}) = \frac{\rho_{rl}}{\rho_l}. \quad (\text{B.7.4-41})$$

Передбачають, що значення маси еталонних гир корельовано. Для $u(m_{cap})$ див. В.7.4.2.2.

Невизначеності нижче ніж $0,1 \text{ кг/м}^3$ може бути досягнуто за формулою (В.7.4-31).

В.7.4.4 Метод АЗ (пряме зважування)

Методику звірення може бути спрощено та замінено безпосереднім зчитуванням показів ваг.

В.7.4.4.1 Процедура вимірювання

Та сама, що й у В.7.4.2.1, за винятком того, що процедури b) і d) вилучають.

В.7.4.4.2 Обчислювання

Відповідне рівняння, що регулює цей випадок:

$$\rho_t = \frac{l_{ta} \cdot \rho_l - l_{tl} \cdot \rho_a}{l_{ta} - l_{tl}}. \quad (\text{B.7.4-42})$$

Передумовою для цього спрощення є добре відградуйовані ваги. l_{ta} та l_{tl} означають значення показів ваг для випробної гирі в повітрі (порядковий індекс «а») та рідині (порядковий індекс «l») відповідно, після того як виконано вибирання маси тари без гирі на чашці або зануреного тримача.

Відносна невизначеність:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = & \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(l_{ta}) \frac{u(l_{ta})}{l_{ta}} \right)^2 + \left(c(l_{tl}) \frac{u(l_{tl})}{l_{tl}} \right)^2 + \\ & + \left(c(l_{tl}) \frac{u(m_{cap})}{l_{tl}} \right)^2 + u_C^2, \end{aligned} \quad (\text{B.7.4-43})$$

при цьому:

$$c(\rho_a) = \rho_a \frac{\rho_t - \rho_l}{\rho_t \rho_l}, \quad (\text{B.7.4-44})$$

$$c(l_{ta}) = \frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_l}, \quad (\text{B.7.4-45})$$

$$c(l_{tl}) = \frac{\rho_t - \rho_l}{\rho_l}, \quad (\text{B.7.4-46})$$

$$u_c = \left(\frac{\rho_l}{\rho_l} - 1 \right) \frac{\rho_a - \rho_{al}}{\rho_{rel}}. \quad (\text{B.7.4-47})$$

Невизначеності нижче ніж $0,2 \text{ кг/м}^3$ може бути досягнуто за формулою (B.7.4-42).

В.7.5 Метод випробовування В (перевірка густини)

В.7.5.1 Принципи

Метод В є спрощеною формою методики гідростатичного зважування і вміщує тільки зважування в рідині. Випробну гирю підвішують на тонкому дроті достатньої міцності у воді густиною ρ_l . На дисплеї ваг відображаються покази значення маси I_H .

Цей метод може бути виконано двома різними способами:

Метод В1. Обчислювання густини, використовуючи формулу (B.7.5-1), та пов'язаної невизначеності через формулу (B.7.5-2) (обов'язково для класу E_1).

Метод В2. Перевіряння того, що густина знаходиться в установлених границях. Граничні значення для показів ваг (OIML R 111-2) обчислюють на мінімальних та максимальних границях густини, наведених в таблиці 5 цього стандарту. Оцінену невизначеність вимірювання за застосування методу визначення густини беруть до уваги залежно від розмірів гирі. Як додаткову міру для надійності враховують, що мінімальні границі засновано на передбачуваній температурі води 24°C , максимальні границі — на температурі 18°C .

В.7.5.2 Сукупність пристосовання:

- лабораторні ваги з достатньою найбільшою границею зважування. Рекомендують відносну роздільну здатність 10^{-6} із відповідним рівнем відтворюваності;
- резервуар з водою зі стабільною температурою в діапазоні від 18°C до 24°C . Якщо ваги оснащено для зважування під вагами, то вони можуть підніматися на опорі над резервуаром (див. рисунок В.4) або резервуар може бути розміщено на опорній платформі, як показано на рисунку В.5;
- основний кронштейн, що може приєднуватися до чашки ваг;
- дротова(-і) підвіска(-и) різних розмірів із відповідним натягом дроту;
- еталонні гирі для градування ваг;
- засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети).

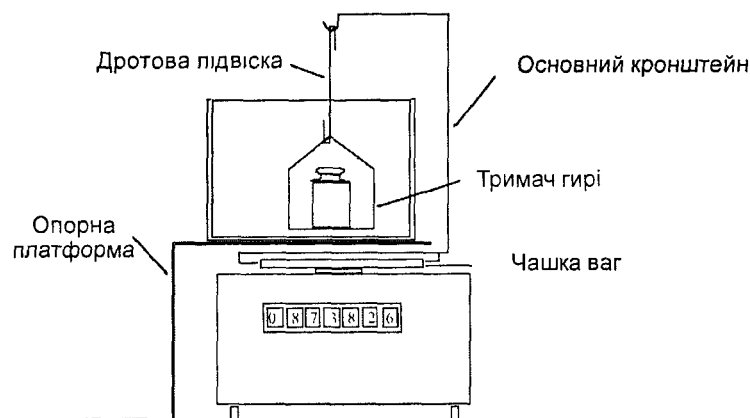


Рисунок В.5 — Ілюстрація методу В

В.7.5.3 Процедура вимірювання

а) Занурюють гирю (або набір гир) у резервуар з дистильованою водою за температури від 18°C до 24°C . Резервуар може бути розташований на опорній платформі відповідно до рисунка В.5.

б) Прикріплюють основний кронштейн до чашки ваг і підвішують тримач гирі з основного кронштейна за допомогою тонкої дротової підвіски достатньої міцності так, щоб тримач гирі було цілком занурено. Зону контакту води та повітря біля дротової підвіски повинно бути цілком визначено.

- с) Виконують вибирання маси тари, щоб покази були нульовими⁶⁾.
- д) Видаляють бульбашки повітря з гирі та поміщають її на тримач.
- е) Дротову підвіску не виводять зі стану рівноваги, щоб уникнути руйнування меніска в верхній воді.
- ф) Після досягнення стабільності знімають і записують покази ваг I_{II} .
- г) Застосовуючи пінцет, пересувають гирю у вихідне положення.
- н) Записують умови навколишнього середовища лабораторії (температура повітря, тиск та вологість) і температуру рідини.

В.7.5.4 Результати

В.7.5.4.1 Метод В1

Обчислюють густину, застосовуючи номінальне значення маси гирі m_t . Густина обчислюють відповідно до формули:

$$\rho_t = \frac{\rho_l m_t}{m_t - I_{II} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}} \right)}. \quad (B.7.5-1)$$

Невизначеність вимірювання за методом В1:

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(I_{II}) \frac{u(I_{II})}{I_{II}} \right)^2 + \left(c(m_t) \frac{u(m_t)}{m_t} \right)^2 + \left(c(I_{II}) \frac{u(m_{cap})}{I_{II}} \right)^2, \quad (B.7.5-2)$$

при цьому:

$$c(m_t) = \frac{m_t (\rho_l - \rho_t)}{\rho_t (m_t - I_{II})}, \quad (B.7.5-3)$$

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a I_{II}}{\rho_{ref} (I_{II} - m_t)}, \quad (B.7.5-4)$$

$$c(I_{II}) = \frac{I_{II}}{m_t - I_{II}}. \quad (B.7.5-5)$$

$u(m_{cap})$ — це невизначеність внеску, зумовленого поверхневим натягом на дротовій підвісці (див. також В.7.4.2.2).

Невизначеність вимірювання за методом В1 зазвичай дорівнює $\pm 5 \text{ кг/м}^3$ або нижче для великих гир, і сягає $\pm 60 \text{ кг/м}^3$ для гирі номінальною масою 1 г залежно від розміру гирі й акуратності щодо поводження. Невизначеність вимірювання збільшується в міру зменшення розміру гирі.

В.7.5.4.2 Метод В2

Густину гирі ρ_t перевіряють порівнянням значення I_{II} із двома граничними значеннями $I_{II(min)}$ та $I_{II(max)}$ для відповідного розміру гирі. Ці граничні значення зведено до таблиці в OIML R 111-2 для гир класів точності від E_1 до F_1 .

В.7.5.5 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми OIML R 111-2, перевіряння густини — метод В і граничні значення густини.

В.7.6 Метод випробовування С (визначання об'єму зважуванням витиснутої рідини)

Цей метод — не доцільний для гир номінальною масою менше ніж 1 г.

В.7.6.1 Принципи

Цей метод можна виконувати двома способами:

- 1) значення дійсної маси випробної гирі невідомо; чи
- 2) значення дійсної маси випробної гирі відомо.

⁶⁾ Якщо ваги не мають функції вибирання маси тари, то I_{II} — це різниця між другим і першим зважуваннями.

В.7.6.2 Загальні міркування

Замість вимірювання виштовхувальної сили, діючої на гирю у воді, можливо визначити об'єм рідини, що витісняється зануреною гирею. Ураховуючи відоме значення маси випробної гирі m_t , її густину може бути обчислено.

В.7.6.3 Сукупність пристосовання:

- a) лабораторні ваги з найбільшою границею зважування в діапазоні від 200 г до 100 кг із відносною роздільною здатністю 10^{-5} або вище і відповідною відтворюваністю;
- b) резервуар(и) з рідиною придатного розміру;
- c) стійка з регулюванням висоти для утримання висячої гирі у воді;
- d) дротова підвіска(-и) і тримач(и) гирі придатного розміру;
- e) засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- f) добре освітлена кімната.

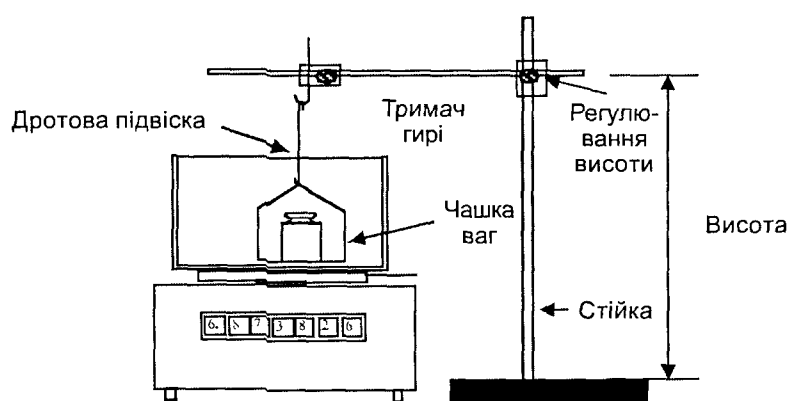
В.7.6.4 Процедура вимірювання

Рисунок В.6 — Ілюстрація методу С

- a) Розмішують контейнер із водою на чашці ваг.
- b) Підвішують тримач гирі та дротову підвіску з окремого кронштейна.
- c) Виконують вибирання маси тари, якщо ця функція ваг доступна. Якщо ні, то зчитують покази I_1 .
- d) Піднімають тримач над поверхнею води, розміщують гирю на тримачі та занурюють знову.
- e) Регулюють висоту, щоб дротова підвіска перетинала зону контакту води та повітря на тій самій висоті як і раніше.
- f) Зчитують покази I_{dl} (або I_2 , якщо ваги не мають функції вибирання маси тари, $I_{dl} = I_2 - I_1$).
- g) Записують умови навколишнього середовища лабораторії (температуру повітря, тиск та вологість) і температуру рідини.
- h) Визначають густину повітря лабораторії ρ_a та густину води в резервуарі ρ_l , використовуючи формулу (Е.3-1) і таблицю В.6.

Масу витиснутої води $V_t \rho_l$ відображають значенням, отриманим під час зважування I_{dl} . Якщо необхідно, то екстраполують для випаровування протягом часу, що пройшов з моменту останнього вибирання маси тари⁷⁾.

В.7.6.5 Обчислювання

Різниця між двома показами I_{dl} дорівнює кількості витиснутої рідини, зваженої в повітрі. Якщо дійсне значення маси випробної гирі m_t уже відомо, то значення I_{dl} та m_t вводять до формули (В.69) для обчислення густини випробної гирі ρ_t .

⁷⁾ Зчитують кілька разів, щоб оцінити частку випару з часом, і вносять поправку для різниці часу між вибиранням маси тари та зчитуванням. Зауважимо, що недоцільно повторювати метод С, тому що гирю має бути висушено перед зануренням знову у воду.

$$\rho_t = \frac{\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_l}\right) m_t \cdot \rho_l}{\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}}\right) \cdot I_{dl}}. \quad (\text{B.7.6-1})$$

Якщо m_t ще невідомо, то випробну гирю зважують на вагах і значення показів у повітрі I_{ta} використовують разом із I_{dl} у формулі (B7.6-2) для обчислення густини ρ_t .

$$\rho_t = \rho_a + (\rho_l - \rho_a) \frac{I_{ta}}{I_{dl}}. \quad (\text{B.7.6-2})$$

В.7.6.6 Невизначеність вимірювання за методом С

Для формули (B7.6-1):

$$u^2(\rho_t) = c^2(\rho_a) u^2(\rho_a) + c^2(\rho_l) u^2(\rho_l) + c^2(m_t) u^2(m_t) + c^2(I_{dl}) u^2(I_{dl}) + c^2(I_{dl}) u_{cap}^2, \quad (\text{B.7.6-3})$$

при цьому:

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_t}{\rho_{ref}} - \frac{m_t}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-4})$$

$$c(\rho_l) = \frac{m_t}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-5})$$

$$c(m_t) = \frac{\rho_t}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-6})$$

$$c(I_{dl}) = \frac{m_t \rho_l}{I_{dl}^2}. \quad (\text{B.7.6-7})$$

Для формули (B7.6-2)

$$u^2(\rho_t) = c^2(\rho_a) u^2(\rho_a) + c^2(\rho_l) u^2(\rho_l) + c^2(I_{ta}) u^2(I_{ta}) + c^2(I_{dl}) u^2(I_{dl}) + c^2(I_{dl}) u_{cap}^2, \quad (\text{B.7.6-8})$$

при цьому:

$$c(\rho_a) = 1 - \frac{I_{ta}}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-9})$$

$$c(\rho_l) = \frac{I_{ta}}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-10})$$

$$c(I_{ta}) = \frac{\rho_l}{I_{dl}}, \quad (\text{B.7.6-11})$$

$$c(I_{dl}) = -\frac{I_{ta} \rho_l}{I_{dl}^2}. \quad (\text{B.7.6-12})$$

Усередині діапазону $1 \text{ г} \leq m_t \leq 1 \text{ кг}$ невизначеність вимірювання від $\pm 100 \text{ кг/м}^3$ до $\pm 10 \text{ кг/м}^3$ залежно від розміру гир і акуратності щодо поводження. Перед порівнянням обчисленого значення густини ρ_t з мінімальною та максимальною границями для густини в таблиці 5, значення ρ_t повинно бути розширено за допомогою невизначеності, очікуваної за застосування цього методу або за допомогою граничної припустимої оціненої невизначеності.

В.7.6.7 Оформлення результатів

Записують результати вимірювань, застосовуючи форми OIML R 111-2, визначення густини — метод С.

В.7.7 Метод випробовування D (визначення витиснутої рідини в посудині з постійним об'ємом)**В.7.7.1 Принципи**

Великі гири є важкими в поводженні під час гідростатичного зважування. Альтернативний спосіб — це визначення їхнього об'єму за допомогою зважування рідини, який вони витісняють, і непрямим способом, застосовуючи посудину з постійним регульованим об'ємом.

В.7.7.1.1 Посудину наповнюють водою до визначеного рівня і зважують двічі, один раз із гирею у воді й один раз без неї. Відповідні покази ваг I_{t+1} — I_t . Горловина контейнера не повинна бути більше ніж 1 см, вода повинна зберігати постійну стабільну температуру усередині границь $\pm 0,1$ °C. Увагу треба приділяти тому, щоб об'єм гири не був занадто маленьким у співвідношенні з ємкістю посудини, щоб герметизація посудини не призвела до протікання і щоб не утримувалося повітря. Наведену сталу густини рідини ρ_t , густини гири ρ_t обчислюють із різниці ($I_{t+1} - I_t$) відповідно до формули (В.7.7-1), що аналогічно формулі (В.7.5-1).

$$\rho_t = \frac{m_o \rho_l}{m_o - (I_{t+1} - I_t) \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}}\right)} \quad (\text{В.7.7-1})$$

В.7.7.2 Сукупність пристосовання:

- а) лабораторні ваги з найбільшою границею зважування в діапазоні від 5 кг до 100 кг і відносною роздільною здатністю 10^{-6} або вище;
- б) прозора посудина(-и) придатної конструкції з точно регульованим рівнем наповнення;
- с) засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- д) добре освітлена кімната.

В.7.7.3 Процедура вимірювання

- а) Розміщують гирю в посудині й наповнюють її акуратно водою до визначеного рівня (наприклад доти, доки це не призведе до переливання через край).
- б) Зважують посудину з гирею та рідиною.
- с) Зчитують і записують покази I_{t+1} .
- д) Видаляють гирю та додають воду тієї самої температури до того самого рівня. Це не є необхідним для визначення об'єму, якщо температура води зберігається постійною.
- е) Зважують посудину, що вміщує рідину.
- ф) Зчитують і записують покази I_t .
- г) Різниця між показами маси гири й маси витиснутої води⁸⁾ ($I_{t+1} - I_t$).

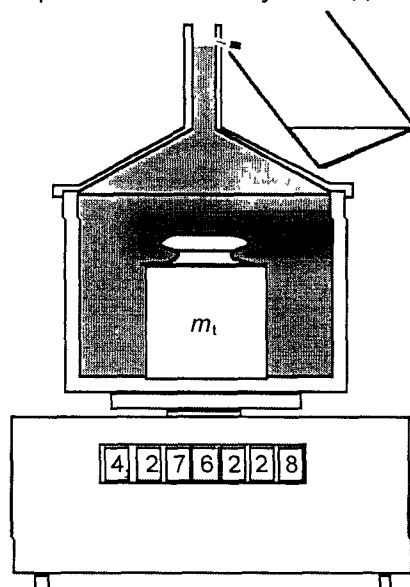


Рисунок В.7 — Ілюстрація методу D

⁸⁾ Якщо метод D повторюють, то немає потреби просушувати гирю перед наступним зануренням.

h) Записують умови навколишнього середовища лабораторії (температуру повітря, тиск та вологість) і температуру рідини.

i) Визначають густину повітря ρ_a лабораторії та густину води ρ_l резервуара, використовуючи формулу (Е.3-1) і таблицю В.6.

В.7.7.4 Невизначеність вимірювання за методом D

$$\left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 = \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(m_t) \frac{u(m_t)}{m_t} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + 2(c_l u_l)^2 + (c_l u_w)^2, \quad (\text{В.7.7-2})$$

при цьому:

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a \rho_l (l_{t+1} - l_t)}{\rho_{\text{ref}} \rho_l m_t}, \quad (\text{В.7.7-3})$$

$$c(m_t) = \frac{\rho_l - \rho_l}{\rho_l}, \quad (\text{В.7.7-4})$$

$$c_l = \frac{\rho_l}{m_t \rho_l}. \quad (\text{В.7.7-5})$$

u_w — це невизначеність внеску, зумовленого двома рівнями води й без гирі.

Невизначеність цього методу є порядку $\pm 15 \text{ кг/м}^3$ або нижче для гирі номінальною масою 1 кг, але зменшується для великих гир за умови, що горловина контейнера дуже вузька, вода знаходиться за стабільної постійної температури всередині границь $\pm 1^\circ\text{C}$, об'єм гирі не занадто малий у співвідношенні з ємкістю посудини, герметизація посудини не призведе до протікання і не утримується повітря.

В.7.7.5 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми OIML R 111-2, визначання густини — метод D.

В.7.8 Метод випробовування Е (визначення об'єму за допомогою геометричних вимірювань)

В.7.8.1 Принципи

Об'єм гирі може бути обчислено за її розмірами із відповідних формул. Об'єм може бути розділено на кілька простих складових, котрі можуть також містити порожнини [27]. Далі вважають, що гирі мають форму відповідно до рисунка А.1 (без порожнини, див. рисунок В.8). Стандартні формули для трьох відносно простих геометричних форм голівки А, кільця В і основного тіла С наведено в [27]. У деяких випадках гиря може мати виїмку D на її основі. Обчислювання частин об'єму пряме.

В.7.8.1.1 Метод Е робить занурення гирі у воду не необхідним, що є сприятливим для гир із порожниною. Однак існує ризик подрпати поверхню протягом вимірювання, і тому метод випробовування Е не потрібно застосовувати для гир класів точності Е і F.

В.7.8.2 Сукупність пристосовання:

- а) штангенциркуль з ноніусом, найкраще з роздільною здатністю 0,01 мм;
- б) мікрометр (для маленьких гир);
- с) радіусний шаблон (альтернативно використовують значення з таблиці А.1);
- д) засоби для поводження з гирями (наприклад лабораторні рукавички, безворсова тканина, лабораторні пінцети);
- е) добре освітлена кімната.

В.7.8.3 Процедура вимірювання

а) Виміряють висоту, діаметри, радіуси та розміри порожнини або поглиблення відповідно до рисунка В.8.

б) Обчислюють і складають об'єми для частин А, В, С і D відповідно до рівнянь (В.7.8-1) — (В.7.8-5).

с) Обчислюють густину з маси та об'єму.

$$V_A = 2\pi R_2 \left(\frac{D_2^2}{4} - R_2 D_2 + R_2^2 + \frac{\pi R_2 D_2}{4} - \frac{\pi R_2^2}{2} + \frac{2R_2^2}{3} \right); \quad (\text{В.7.8-1})$$

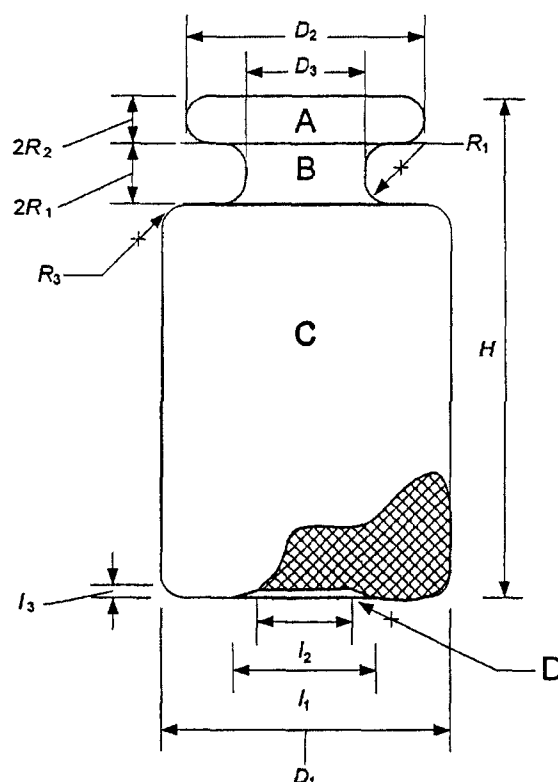


Рисунок В.8 — Ілюстрація визначення об'єму циліндричної гирі (див. таблицю А.1)

$$V_B = \pi R_1 \left(\frac{D_3^2}{2} + 2R_1 D_3 - \frac{\pi R_1 D_3}{2} - \pi R_1^2 + \frac{10R_1^2}{3} \right); \quad (\text{B.7.8-2})$$

$$V_C = \pi \frac{D_1^2}{4} (H - 2(R_1 + R_2)) - \pi R_3^2 \left(2D_1 - \frac{10R_3}{3} - \frac{\pi D_1}{2} + \pi R_3 \right); \quad (\text{B.7.8-3})$$

$$V_D = \frac{1}{12} I_3 (I_1^2 + I_1 I_2 + I_2^2); \quad (\text{B.7.8-4})$$

$$V_{\text{weight}} = V_A + V_B + V_C \{-V_D\}. \quad (\text{B.7.8-5})$$

В.7.8.4 Невизначеність вимірювання за методом Е

Найбільший внесок у невизначеність зумовлює відхил дійсної форми від математичної моделі. Для гир, що мають форму відповідно до додатка А, діапазон невизначеності становить 30 кг/м^3 для великих гир і до 600 кг/м^3 — для маленьких гир. Для гир із порожнинами чи іншої форми невизначеність може бути у два рази більше [25].

В.7.8.5 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми OIML R 111-2, визначення густини — метод Е.

В.7.9 Метод F (оцінювання, засноване на відомому складі)

В.7.9.1 Принципи

Більшість гир виготовляють з одного з обмеженої кількості сплавів. Точне значення густини залежить від відносної пропорції компонентів сплаву. Типові діапазони густини наведено в таблиці В.7.

B.7.9.2 Metod F1

Якщо відомо, що постачальник одноманітно використовує той самий сплав для кожного класу точності гир, і їхню густину відомо з попередніх випробувань, тоді відому густину потрібно застосовувати, використовуючи невизначеність, яка дорівнює третині від наведеної в таблиці В.7 для того самого сплаву.

В.7.9.3 Метод F2

Необхідно одержати склад сплаву від постачальника даної гирі. Знаходять значення густини у довіднику з фізики або хімії, у якому є таблиці густини як функції концентрації легуючих елементів. Використовують значення густини з довідника та застосовують значення невизначеності з таблиці В.7. Для класів точності гир від E_2 до M_2 значення «передбачуваної густини» таблиці В.7 є достатніми. Густина гир класу точності M_3 зазвичай не беруть до уваги.

Таблиця В.7 — Метод F2. Список сплавів, найбільш поширених для виготовлення гир

Сплав/ матеріал	Передбачувана густина	Невизначеність ($k = 2$)
Платина	21 400 кг/м ³	± 150 кг/м ³
Нейзильбер	8600 кг/м ³	± 170 кг/м ³
Латунь	8400 кг/м ³	± 170 кг/м ³
Нержавіюча сталь	7950 кг/м ³	± 140 кг/м ³
Вуглецева сталь	7700 кг/м ³	± 200 кг/м ³
Залізо	7800 кг/м ³	± 200 кг/м ³
Чавун (білий)	7700 кг/м ³	± 400 кг/м ³
Чавун (сірий)	7100 кг/м ³	± 600 кг/м ³
Алюміній	2700 кг/м ³	± 130 кг/м ³

В.7.9.4 Обчислювання

В.7.9.4.1 Густина гир із підгінною порожниною

Підгонка гирі з щільним матеріалом у середині порожнини може також впливати на густину гирі. Якщо сплав X (густиною ρ_x) становить x відсотків, і підгінний матеріал Y (густиною ρ_y) становить y відсотків від загальної маси, густину ρ_t може бути обчислено за таким рівнянням:

$$\rho_t = \frac{100}{\frac{x}{\rho_x} + \frac{y}{\rho_y}}. \quad (\text{В.7.9-1})$$

В.7.9.4.2 Густина складеної гирі

Те саме рівняння можна також використовувати для визначення результативної густини, якщо два різних компоненти входять до матеріалу гирі, або якщо дві гирі різної густини застосовують як еталонні. Кращі метали для гир із підгінною порожниною — це вольфрам ($18\,800 \text{ кг/м}^3 \pm 200 \text{ кг/м}^3$), свинець ($11\,300 \text{ кг/м}^3 \pm 150 \text{ кг/м}^3$), молібден ($10\,000 \text{ кг/м}^3 \pm 150 \text{ кг/м}^3$) й олово ($7\,000 \text{ кг/м}^3 \pm 100 \text{ кг/м}^3$).

В.7.9.5 Оформлення результатів

Записують результати вимірювання, застосовуючи форми OIML R 111-2, визначення густини — метод F.

В.7.10 Рекомендовані методи для визначення густини

Таблиця В.10 — Рекомендовані методи для визначення густини для гир різних класів точності

Гиря	Клас E ₁	Клас E ₂	Клас F ₁	Класи F ₂ , M ₁ , M ₂
5000 кг		E, F	E, F	F
2000 кг				
1000 кг				
500 кг				
200 кг				
100 кг				
50 кг	A, C, D	D, E, F	D, E, F	
20 кг				
10 кг	A, B1*, C, D			
5 кг				
2 кг				
1 кг	A, B*, C	B, F	B, C, F	
500 г				

Кінець таблиці 1

Гиря	Клас E_1	Клас E_2	Клас F_1	Класи F_2, M_1, M_2
200 г				
100 г				
50 г	A, B1*	B, C, F	F	
20 г				
10 г		F		
5 г				
2 г				
1 г	B*, F1			
500 мг				
200 мг	F1			
100 мг				
50 мг				
20 мг				
* За використання методу В для гир класу точності E_1 значення густини потрібно обчислювати за формулою (В.7.5-1).				

Примітка 1. Густина зазвичай не беруть до уваги для гир класу точності M_3 .

Примітка 2. Очищення потрібно повторювати після вимірювання густини, якщо рідина, яку використано в системі визначення густини, не є водою (інші рідини, які зазвичай застосовують (наприклад фторовуглець) залишають осад, що може бути вилучено очищенням за допомогою розчинника, такого як спирт).

В.8 Присвоювання класів точності за цим стандартом старим і/або спеціальним гирям

В.8.1 Сфера застосування

Цей підрозділ застосовують до гир, виготовлених до 1994 року (коли OIML R 111-1 (1994) набрав чинності) (гирі «до 94») або до гир, що мають особливу конструкцію або нестандартне номінальне значення, оскільки їх виготовлено для виняткового застосування.

В.8.1.1 Для гир «до 94» та/або спеціальних гир допускають визначені винятки, що стосуються форми та шорсткості поверхні, але вони повинні відповідати настановам, наведеним у В.8.2 та В.8.3. Особливе міркування повинно бути надано стосовно старих гир, особливо у випадках, якщо доступні вичерпні задокументовані дані щодо стабільності гир. Проте, крім особливих винятків, дозволених у В.8.2 та В.8.3, наведених нижче, застосовують усі вимоги цього стандарту.

В.8.1.2 Відповідно до цього розділу старим і/або спеціальним гирям може бути надано клас точності від E_1 до M_3 . Зазвичай, достатньо класифікувати гирю тільки один раз. Під час наступного калібрування потрібно виконувати вимоги до допустимих відхилів й умов для відповідного класу точності.

В.8.2 Винятки, що стосуються шорсткості поверхні

В 11.1.2 цього стандарту встановлено, що:

«Візуального огляду може бути достатньо, за винятком спірних випадків або сумнівів. У цьому разі застосовують значення, наведені в таблиці 6. Максимальна шорсткість поверхні, допустима для гир номінальною масою більше ніж 50 кг, повинна дорівнювати подвоєним значенням, нормованим у таблиці 6».

Відповідно до В.5.3.1.2.2 2) окремі подряпини можна ігнорувати під час вимірювання шорсткості.

Для гир «до 94» і/або спеціальних гир шорсткість потрібно вважати прийнятною, якщо наявна документація, у якій зазначено, що маса гир стабільна, і якщо шорсткість поверхні не перевищує подвоєних границь із таблиці 6 для відповідного класу точності.

В.8.3 Подання

Для гир «до 94» та/або спеціальних гир вимоги розділу 14 цього стандарту задовольняють, якщо клас точності позначено на футлярі для гир. Це застосовують до класів точності E_1 , E_2 , F_1 , F_2 і M_1 . Відповідно до 13.4.3 гирі класу точності M_1 потрібно маркувати « M_1 » або « M ».

ДОДАТОК С
(обов'язковий)

КАЛІБРУВАННЯ ГИР АБО НАБОРУ ГИР**С.1 Сфера застосування**

Цей розділ описує два методи для визначення умовного значення маси гир у наборі гир:

- 1) метод безпосереднього звірення; і
- 2) метод калібрування вгору/вниз, що застосовують тільки для набору гир.

Описують три різні цикли зважування, кожний з яких представляє форми зважування методом заміщення, призначеного для ваг з однією чашкою, але не обмеженого цим.

Перед визначенням маси повинна бути відома густина гир із достатньою точністю. Крім того, умови навколишнього середовища та метрологічні характеристики зважувальних приладів, які застосовують під час визначення маси, повинні бути також відомі з достатньою точністю. Наведено форми для визначення умовного значення маси і його невизначеностей.

С.2 Загальні вимоги**С.2.1 Умови навколишнього середовища**

Калібрування гир треба виконувати за стабільних зовнішніх умов, атмосферного тиску та температури, близької до температури приміщення¹⁾. Типові рекомендовані значення наведено в таблиці С.1.

Таблиця С.1 — Зовнішні умови протягом калібрування (типові значення, рекомендовані для одержання задовільних результатів)

Клас точності гирі	Зміни температури протягом калібрування ²⁾
E_1	$\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годину з максимальною різницею $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 12 год
E_2	$\pm 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годину з максимальною різницею $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 12 год
F_1	$\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годину з максимальною різницею $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 12 год
F_2	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годину з максимальною різницею $\pm 3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 12 год
M_1	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годину з максимальною різницею $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 12 год
Границі відносної вологості повітря (hr) ³⁾	
E_1	від 40 % до 60 % з максимальною різницею $\pm 5\text{ %}$ за 4 год
E_2	від 40 % до 60 % з максимальною різницею $\pm 10\text{ %}$ за 4 год
F	від 40 % до 60 % з максимальною різницею $\pm 15\text{ %}$ за 4 год
¹⁾ Також важливо, щоб різниця між температурою гир та температурою повітря всередині компаратора маси була настільки малою, наскільки це можливо. Збереження еталонної та випробної гирі всередині компаратора маси перед калібруванням і під час нього може зменшити цю різницю температур. ²⁾ Це зміна температури в лабораторії. Температурна стабілізація ваг і гир (див. В.4.3) також потребує стабільності відповідної температури лабораторії за 24 год до початку калібрування ³⁾ Верхня границя, головним чином, важлива під час збереження гир.	

С.2.1.1 Для гир класів точності E_1 і E_2 температура повинна бути в межах від $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Умови навколишнього середовища повинні відповідати технічним вимогам до зважувального приладу.

С.2.1.2 Якщо густина повітря відхиляється від $1,2\text{ кг/м}^3$ більше ніж на 10 %, дійсні значення маси потрібно використовувати в обчисленнях, і умовне значення маси потрібно обчислювати з дійсного значення маси.

С.2.2 Зважувальний прилад

Метрологічні характеристики застосовного зважувального приладу повинні бути відомі з попередніх вимірювань і його роздільна здатність, лінійність, відтворюваність та похибка від розташування вантажу на платформі (див. С.6.4) повинні бути такими, щоб досягти необхідної невизначеності.

С.2.3 Еталонні гирі

Еталонна гиря зазвичай повинна бути більш високого класу точності (див. 1.3.1), ніж гиря, яку калібрують. Під час калібрування гир класу точності E_1 еталонна гиря повинна мати схожі або кращі метрологічні характеристики (магнітні властивості, шорсткість поверхні), ніж гиря, яку калібрують.

С.2.3.1 5.2 і 5.3 потрібно виконувати.

С.3 Схеми зважування

С.3.1 Безпосереднє звірення

Зазвичай випробну гирю треба калібрувати за допомогою звірення з однією або більше еталонними гирями. У кожному звірнні номінальна маса випробної й еталонної гир повинна бути однаковою. Контрольний еталон (див. 2.5) можна застосовувати для відстежування процесу вимірювання [28].

Примітка 1. Особливі проблеми можуть виникнути під час калібрування гир класу точності E_1 номінальною масою менше ніж 1 г. Частково це відбувається завдяки відносно великій невизначеності еталонних гир у цьому діапазоні. Надалі нестабільність зважувального приладу і велика площа поверхні будуть вважатися чинниками, що негативно впливають на невизначеність вимірювання. Тому метод калібрування вниз суворо рекомендують для таких гир.

С.3.2 Калібрування вниз

Повний набір гир можна калібрувати відносно однієї або більше еталонних гир [29], [30], [31], [32]. Цей метод потребує кілька зважувань усередині кожної декади набору. Під час цих зважувань звіряють різні комбінації гир рівної сумарної номінальної маси. Цей метод головним чином застосовують для калібрування наборів гир класу точності E_1 , якщо потрібна найвища точність. Якщо за цього методу застосовують тільки одну еталонну гирю, то кількість рівнянь зважування повинна бути більше, ніж кількість невідомих гир та повинно бути виконано відповідні обчислення з поправками для того, щоб уникнути збільшення похибок. Якщо застосовують більше ніж одну еталонну гирю, то кількість рівнянь зважування може дорівнювати кількості невідомих гир. У цьому разі обчислення з поправками не є необхідними. Перевага цих методів полягає в тому, що вони охоплюють певну надмірність, що надає велику впевненість у результатах. Однак ці методи, зокрема обчислювання з поправками, вимагають більш складних математичних обчислень [29], [30]. Типова схема зважування для набору гир 5, 2, 2*, 1, 1* ($\cdot 10^n$ г) — це [30], [31]:

Таблиця С.2 — Типова схема зважування

Еталонна гиря	vs	$5 + 2 + 2^* + 1$
Еталонна гиря	vs	$5 + 2 + 2^* + 1^*$
5	vs	$2 + 2^* + 1$
5	vs	$2 + 2^* + 1^*$
$2 + 1$	vs	$2^* + 1^*$
$2 + 1$	vs	$2^* + 1^*$
$2 + 1^*$	vs	$2^* + 1$
$2 + 1^*$	vs	$2^* + 1$
2	vs	$1 + 1^*$
2	vs	$1 + 1^*$
2^*	vs	$1 + 1^*$
2^*	vs	$1 + 1^*$

У цьому прикладі еталонна гиря повинна мати номінальне значення маси $10 (\cdot 10^n$ г). При цьому 2^* може бути будь-якою комбінацією скомпонованих гир, що мають номінальне значення маси 2. Гиря 1^* може бути комбінацією гир $0,5 + 0,2 + 0,2^* + 0,1 (\cdot 10^n$ г) або може бути контрольною гирею (див. 2.5). Деякі звірення потрібно дублювати для спрощення обчислення. Наведену вище схему вимірювання зазвичай застосовують у разі використання того самого зважувального приладу в усіх звірнях.

С.4 Цикли зважування

Загальноприйняті процедури для трьох різних циклів зважування за одиночного звірення описано нижче в С.4.1 і С.4.2.

Примітка. Можна застосовувати інші процедури та цикли зважування. Зокрема застосовують цикли зважування, що є залежними один від одного, такі як $A_1, B_2, A_2, B_2, A_3, \dots$, невизначеність потрібно визначати за допомогою урахування коваріаційних членів, і формула, наведена в С.6.1, повинна видозмінюватися відповідно [33].

У циклах зважування «А» представляє зважування еталонної гирі, і «В» представляє зважування випробної гирі. Цикли АВВА та АВА зазвичай застосовують під час калібрування гир класів точності E і F .

Цикл АВ₁...В_пА часто застосовують під час калібрування гир класів точності М, але зазвичай не рекомендують для гир класів точності Е і F. Якщо однак застосовують компаратор маси з механізмом автоматичного переміщення гир та якщо систему встановлено в захисному корпусі, то цей цикл також можна допускати під час калібрування гир класів точності Е і F.

Тільки цикли АВВА та АВА корисні для методу калібрування вниз. Можна застосовувати більше однієї еталонної гирі, у цьому разі цикл зважування можна застосовувати для кожної еталонної гирі окремо. Еталонні гирі можна потім звіряти одну відносно іншої.

С.4.1 Звіряння випробної гирі з однією еталонною гирею (рекомендовано для гир класів точності Е і F)

Можна застосовувати різноманітні цикли зважування [34]. Для двох гир можливі такі цикли, що відомі як АВВА та АВА. Ці цикли усувають лінійний дрейф.

$$\text{Цикл АВВА } (r_1 t_1 t_2 r_2): l_{r1\ 1}, l_{t1\ 1}, l_{t2\ 1}, l_{r2\ 1}, \dots, l_{r1\ n}, l_{t2\ n}, l_{r2\ n} \\ \Delta l_i = (l_{t1i} - l_{r1i} - l_{r2i} + l_{t2i}) / 2, \quad (\text{С.4.1-1})$$

де $i = 1, \dots, n$.

$$\text{Цикл АВА } (r_1 t_1 r_2): l_{r1\ 1}, l_{t1\ 1}, l_{r2\ 1}, \dots, l_{r1\ n}, l_{t1\ n}, l_{r2\ n} \\ \Delta l_i = l_{t1i} - (l_{r1i} + l_{r2i}) / 2, \quad (\text{С.4.1-2})$$

де $i = 1, \dots, n$.

У циклах АВВА та АВА n — кількість циклів. Значення i наводять по черзі, за якої гирі потрібно розміщувати на зважувальній чашці. Тут підрядкові індекси «г» і «t» зазначають на еталонну і випробну гирі відповідно. Δl_i — різниця показів, отримана з циклу зважування i .

С.4.1.1 Часовий інтервал між зважуваннями повинен бути постійним.

С.4.1.2 Якщо необхідно визначати чутливість зважувального приладу протягом процесу зважування, то цикл АВВА може бути видозмінено у форму $l_r, l_t, l_{t+m_s}, l_{r+m_s}$, де « m_s » — гиря-допуск.

С.4.2 Звіряють кілька випробних гир однакової номінальної маси з однією еталонною гирею (цикл АВ₁...В_пА). Якщо кілька випробних гир $t(j)$ ($j = 1, \dots, J$) однакової номінальної маси потрібно калібрувати одночасно, то цикл зважування АВА може бути видозмінено в АВ₁...В_пА так:

Цикл АВ₁...В_пА.

$$l_{r1\ 1}, l_{t(1)\ 1}, l_{t(2)\ 1}, \dots, l_{t(J)\ 1}, l_{r2\ 1}, l_{r1\ 2}, l_{t(1)\ 2}, l_{t(2)\ 2}, \dots, l_{t(J)\ 2}, l_{r2\ 2}, \dots \\ [l_{r1\ 1-1}, l_{t(1)\ 1-1}, l_{t(2)\ 1-1}, \dots, l_{t(J)\ 1-1}, l_{r2\ 1-1}, l_{r1\ 1}, l_{t(1)\ 1}, l_{t(2)\ 1}, \dots, l_{t(J)\ 1}, l_{r2\ 1}]$$

де $i = 1, \dots, n$.

$$\Delta l_{i(j)} = l_{t(j)\ i} - (l_{r1\ i} + l_{r2\ i}) / 2, \quad (\text{С.4.2-1})$$

де $i = 1, \dots, n$.

Якщо можна знехтувати дрейфом у показах, тобто він менше або дорівнює 1/3 від необхідної невизначеності, то не є необхідним інвертувати порядок випробних гир в АВ₁...В_пА у разі повторення циклу.

Кількість гир зазвичай повинна бути не більше ніж 5 ($J \leq 5$).

С.4.3 Кількість циклів зважування

Кількість циклів зважування, n , повинна ґрунтуватися на необхідній невизначеності, повторюваності та відтворюваності вимірювання. Мінімальну кількість вимірювань, які повинно виконувати для класів точності від Е₁ до М₃, наведено в таблиці С.3.

Таблиця С.3 — Мінімальна кількість циклів зважування

Клас точності	Е ₁	Е ₂	F ₁	F ₂	М ₁ , М ₂ , М ₃
Мінімальна кількість АВВА	3	2	1	1	1
Мінімальна кількість АВА	5	3	2	1	1
Мінімальна кількість АВ ₁ ...В _п А	5	3	2	1	1

С.5 Аналізування даних

С.5.1 Середнє значення різниці умовного значення маси — одна випробна гиря

Для циклів АВВА та АВА різниця умовного значення маси між випробною й еталонною гирями в циклі i :

$$\Delta m_c = m_{ct} - m_{cr}, \quad (\text{С.5.1-1})$$

$$\Delta m_{ci} = \Delta l_i + m_{ci} C_i, \quad (\text{С.5.1-2})$$

де

$$C = (\rho_{ar} - \rho_o) \cdot \left(\frac{1}{\rho_l} - \frac{1}{\rho_r} \right). \quad (\text{С.5.1-3})$$

Середня різниця умовного значення маси за n циклів:

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}. \quad (\text{С.5.1-4})$$

С.5.1.1 Якщо густину ρ_l або ρ_r гирі невідомо, але матеріал відомо, то потрібно застосовувати відповідну передбачувану густину з таблиці В.7. Якщо відомо тільки, що густина гирі знаходиться всередині допустимих границь, то потрібно застосовувати значення 8000 кг/м^3 .

С.5.1.2 У разі, якщо поправку на виштовхувальну силу оцінюють як нехтовно малу, тобто

$$|C_i| \leq \frac{1}{3} \frac{U}{m_o}, \quad (\text{С.5.1-5})$$

то член $m_o C$, можна не брати до уваги. Однак внесок невизначеності, зумовлений C , може не бути нехтовно малим (див. нижче в С.6.3.1). Якщо доступно тільки середнє або єдине значення густини повітря, то поправку на виштовхувальну силу можна застосовувати після усереднення.

С.5.2 Середнє значення різниці умовного значення маси — кілька випробних гир

Якщо калібрують кілька випробних гир відповідно до циклу зважування $AB_1 \dots B_n A$, то середню різницю значень маси для гирі j отримують із формули (С.5.1-4) заміщенням Δl значенням $\Delta l_{(j)}$ у формулі (С.5.1-2).

С.5.3 Середнє значення різниці умовного значення маси — кілька серій вимірювання

Якщо є кілька ідентичних серій вимірювання J із середнім значенням $\overline{\Delta m_{cj}}$ та з приблизно однаковими середньоквадратичними відхилами, то середнє значення всіх вимірювань:

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \overline{\Delta m_{cj}}. \quad (\text{С.5.3-1})$$

С.5.3.1 Кілька серій вимірювання зазвичай виконують тільки під час калібрування гир класу точності Е, у такому разі відтворюваність зважування має бути вивчено.

С.5.4 Умове значення маси випробної гирі

Умове значення маси випробної гирі може бути обчислено за формулою:

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c}. \quad (\text{С.5.4-1})$$

С.5.4.1 Під час перевірки умове значення маси еталонної гирі не завжди відомо. У цьому разі треба застосовувати її номінальне значення маси.

С.6 Обчислювання невизначеності

Обчислювання невизначеності базується на [7] і відповідних документах Європейської організації з акредитації (ЕА) [35]. У посиланнях [28], [29], [30], [31] і [36] обчислювання невизначеності застосовують під час звіряння гир. Невизначеність оцінюють за типом А чи за типом В. Оцінку за типом А засновано на статистичному аналізі серії вимірювань, тоді як оцінку за типом В засновано на інших відомостях.

С.6.1 Стандартна невизначеність процесу зважування u_w (тип А)

Стандартна невизначеність процесу зважування $u_w(\Delta m_c)$ є середньоквадратичним відхилом різниці значень маси. Для n циклів вимірювання:

$$u_w(\overline{\Delta m_c}) = \frac{s(\Delta m_c)}{\sqrt{n}}, \quad (\text{C.6.1-1})$$

де $s(\Delta m_c)$ — для гир різних класів точності визначають нижче.

C.6.1.1 Для класів точності F_2 , M_1 , M_2 і M_3 зазвичай застосовують цикли АВВА, АВА чи АВ₁...В_nА. Для цих класів точності гир, якщо середньоквадратичний відхил вимірюваної різниці значень маси невідомо зі статистичних даних, то його можна оцінювати як:

$$s(\Delta m_c) = \frac{\max(\Delta m_c) - \min(\Delta m_c)}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{C.6.1-2})$$

за $n \geq 3$ циклів вимірювання.

Середньоквадратичний відхил можна також обчислювати, як описано в C.6.1.2.

C.6.1.2 Для гир класів точності E_1 , E_2 і F_1 дисперсія різниці значення маси Δm_c під час процесу зважування $s^2(\Delta m_c)$ оцінюють з n циклів вимірювання:

$$s^2(\Delta m_c) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta m_{ci} - \overline{\Delta m_c})^2 \quad (\text{C.6.1-3})$$

з $n - 1$ ступенів свободи.

C.6.1.3 Якщо виконують небагато вимірювань, то оцінка $s(\Delta m_c)$ може бути ненадійною. Треба застосовувати сумарну оцінку, отриману з попередніх вимірювань за схожих умов (див. D.1.2). Якщо це неможливо, то n повинно бути не менше ніж 5.

C.6.1.4 У разі, якщо є J серій вимірювання (де $J > 1$), дисперсію значення Δm_c оцінюють за допомогою об'єднання J серій так:

$$s^2(\Delta m_c) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J s_j^2(\Delta m_{cj}) \quad (\text{C.6.1-4})$$

з $J(n - 1)$ кількістю ступенів свободи (D.2).

Примітка. Підрядковий індекс «j» додають до $s^2(\Delta m_c)$, щоб зазначити розбіжність між середньоквадратичними відхилами кожної серії.

C.6.2 Невизначеність еталонної гирі $u(m_{cr})$ (тип B)

Стандартну невизначеність значення маси еталонної гирі $u(m_{cr})$ треба обчислювати зі свідчення про калібрування розподілом призначеної розширеної невизначеності U на коефіцієнт охоплення k (зазвичай $k = 2$) і поєднувати з невизначеністю внеску, зумовленого нестабільністю маси еталонної гирі $u_{inst}(m_{cr})$.

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}. \quad (\text{C.6.2-1})$$

Невизначеність внеску, зумовленого нестабільністю маси еталонної гирі $u_{inst}(m_{cr})$, можна оцінювати зі змінами маси, що спостерігають після того, як еталонну гирю калібрували кілька разів. Якщо значення, отримані під час попередніх калібрувань, недоступні, то оцінювання невизначеності потрібно ґрунтувати на досвіді.

C.6.2.1 Якщо повірену гирю класу точності F_1 або більш низького класу застосовують як еталонну і вона має сертифікат відповідності за цим стандартом, що не встановлює її дійсного значення маси й невизначеності, то невизначеність може бути оцінено з границь допустимої похибки δm для окремого класу точності:

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{\delta m^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}. \quad (\text{C.6.2-2})$$

C.6.2.2 Якщо комбінацію еталонних гир застосовують для звірянь і їхні коваріації невідомі, то можна передбачати коефіцієнт кореляції, що дорівнює одиниці [37]. Це буде призводити до лінійного додавання невизначеностей:

$$u(m_{cr}) = \sum_i u(m_{cr,i}), \quad (\text{C.6.2-3})$$

де $u(m_{cr,i})$ — стандартна невизначеність еталонної гирі i . Це є верхня границя для невизначеності.

С.6.3 Невизначеність поправки на виштовхувальну силу u_b (тип В)

Невизначеність поправки на виштовхувальну силу можна обчислювати за формулою (С.6.3-1) [38].

$$u_b^2 = \left[m_{cr} \frac{(\rho_r - \rho_t)}{\rho_r \rho_t} u(\rho_a) \right]^2 + \left[m_{cr} (\rho_a - \rho_o) \right]^2 \frac{u^2(\rho_t)}{\rho_t^4} + m_{cr}^2 (\rho_a - \rho_o) \times \\ \times \left[(\rho_a - \rho_o) - 2(\rho_{ai} - \rho_o) \right] \frac{u^2(\rho_r)}{\rho_r^4}, \quad (\text{С.6.3-1})$$

де ρ_{ai} — густина повітря протягом (попереднього) калібрування еталонної гирі під час застосовування еталонної гирі більш високого порядку. За застосовування формули (С.6.3-1) треба бути впевненим у тому, що застосовують те саме значення невизначеності густини еталонної гирі $u(\rho_r)$, що застосовували в обчисленнях невизначеності під час попереднього калібрування. Значна невизначеність не може бути обрана довільно.

С.6.3.1 Навіть якщо поправкою на виштовхувальну силу можна знехтувати (див. С.5.1.2), то невизначеність внеску, зумовленого явищем виштовхувальної сили, може не бути нехтовно малою, і це треба брати до уваги, якщо $u_b \geq u_c/3$ (див. формулу (С.6.3-1)).

С.6.3.2 Для класів точності M_1 , M_2 і M_3 невизначеність внеску, зумовленого поправкою на виштовхувальну силу, нехтовно мала та на неї можна зазвичай не зважати.

С.6.3.3 Для гир класів точності F_1 і F_2 густину гирі має бути відомо з достатньою точністю (див. таблицю 5).

С.6.3.4 Якщо густину повітря не вимірюють і застосовують середню густину повітря для цього місця, то невизначеність густини повітря можна оцінювати як:

$$u(\rho_a) = \frac{0,12}{\sqrt{3}} \quad [\text{кг/м}^3]. \quad (\text{С.6.3-2})$$

Більш низьке значення невизначеності можна застосовувати, якщо може бути забезпечено змістовні дані.

На рівні моря густину повітря потрібно припускати такою, що дорівнює $1,2 \text{ кг/м}^3$.

С.6.3.5 Для гир класу точності Е густину повітря треба визначати. Її невизначеність зазвичай оцінюють із невизначеностей температури, тиску та вологості повітря. Для класу точності E_1 за обчислення густини повітря можна використовувати CIPM-формулу (1981/91) [3] або її апроксимацію (див. додаток Е).

С.6.3.6 Оцінена дисперсія густини повітря:

$$u^2(\rho_a) = u_F^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial p} u_p \right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial t} u_t \right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial hr} u_{hr} \right)^2. \quad (\text{С.6.3-3})$$

За відносної вологості $hr = 0,5$ (50 %), температури 20°C і тиску $101\,325 \text{ Па}$, застосовують приблизні чисельні значення:

u_F = [невизначеність використовуваної формули]
(для CIPM-формули: $u_F = 10^{-4} \rho_a$)

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial p} = 10^{-5} \rho_a \text{ Па}^{-1}, \quad \Downarrow$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial t} = -3,4 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1} \rho_a, \quad \Downarrow$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial hr} = -10^{-2} \rho_a,$$

де hr — відносна вологість, як фракція.

С.6.3.7 Густину еталонної гирі ρ_r та її невизначеність має бути відомо зі свідоцтва про калібрування.

С.6.3.8 Для гир класу точності E_2 густину ρ_i не завжди відомо, тому її треба виміряти або брати з таблиці В.7 у В.7.9.3.

С.6.4 Невизначеність ваг u_{ba} (тип В)

С.6.4.1 Невизначеність внеску, зумовленого випробовуванням ваг і компараторів маси

Рекомендований підхід для визначення цієї складової — це випробовувати ваги й компаратори маси протягом прийнятних інтервалів часу й застосовувати результати випробування в обчисленнях невизначеності. Під час калібрування гир класу точності E_1 рекомендують виконати кілька вимірювань у різний час, щоб гарантувати достатність інформації про невизначеність під час вимірювання.

С.6.4.2 Невизначеність внеску, зумовленого чутливістю ваг

Якщо ваги градуують за допомогою гирі(гир)-допуска(-ів) масою m_s і стандартною невизначеністю $u(m_s)$, то невизначеність внеску, зумовленого чутливістю:

$$u_s^2 = (\overline{\Delta m_c})^2 \left(\frac{u^2(m_s)}{m_s^2} + \frac{u^2(\Delta I_s)}{\Delta I_s^2} \right), \quad (\text{С.6.4-1})$$

де ΔI_s — зміна показів ваг, спричинена гирею-допуском;

$u(\Delta I_s)$ — невизначеність ΔI_s ; і

$\overline{\Delta m_c}$ — середня різниця значень маси між випробною й еталонною гирями.

Якщо чутливість непостійна за часом, непостійна за різної температури й навантаження, то її відхил треба включати в невизначеність.

С.6.4.3 Невизначеність внеску, зумовленого дискретністю відліку електронних ваг

Для електронних ваг із ціною поділки шкали d невизначеність внеску, зумовленого роздільною здатністю:

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{2}, \quad (\text{С.6.4-2})$$

Коефіцієнт $\sqrt{2}$ виникає із двох показів, одного — для еталонної гирі й одного — для випробної гирі.

С.6.4.4 Невизначеність внеску, зумовленого розташуванням вантажу на платформі

Якщо відомо, що цей внесок значний, то його величину треба оцінювати й за потреби вносити в бюджет невизначеності.

С.6.4.4.1 Прийнятне рішення для невизначеності внеску, зумовленого розташуванням вантажу на платформі:

$$u_E = \frac{\frac{d_1}{d_2} \cdot D}{2\sqrt{3}}, \quad (\text{С.6.4-3})$$

де D — різниця між максимальним і мінімальним значеннями, отриманими під час випробування ваг на визначення похибки за розташування вантажу на платформі, виконаного відповідно до OIML R 76-2;

d_1 — оцінена відстань між центрами гир; і

d_2 — відстань від центра вантажоприймальної платформи до одного з кутів.

У більшості випадків невизначеність внеску u_E завжди перебивається невизначеністю внеску, зумовленого процесом зважування u_w (див. 6.1), і нею можна знехтувати.

С.6.4.4.2 За використання ваг з автоматичним механізмом переміщення гир різниця показів між двома гирями ΔI може бути різною, якщо позиції змінюють: $\Delta I_1 \neq \Delta I_2$. Це можна пояснити похибкою від розміщення вантажу на платформі і відповідну невизначеність треба оцінювати, використовуючи формулу (С.6.4-4). Ця невизначеність внеску застосовна, якщо її відомо з попередніх вимірювань із перестановками гир тієї самої номінальної маси. У разі, коли перестановку виконують протягом калібрування, середнє значення з двох різниць показів треба брати за результат зважування й u_E можна знехтувати.

$$u_E = \frac{|\Delta I_1 - \Delta I_2|}{2}. \quad (\text{С.6.4-4})$$

Примітка. Формулу (С 6 4-4) засновано на тій самій математичній передумові, що й формулу (15) та примітку 6 в OIML D 28.

С.6.4.5 Невизначеність внеску, зумовленого магнітними властивостями u_{ma}

Якщо гиря має високу магнітну сприйнятливість і/або намагнічена, то магнітну взаємодію може бути зменшено розміщенням немагнітного роздільника між гирею та вантажоприймальним пристроєм. Якщо гирі задовольняють вимоги цього стандарту, то невідомість внеску, зумовленого магнітними властивостями, u_{ma} , можна брати такою, що дорівнює нулю.

С.6.4.6 Сумарна стандартна невідомість ваг u_{ba}

Невідомості внесків додають квадратично так:

$$u_{ba} = \sqrt{u_s^2 + u_d^2 + u_E^2 + u_{ma}^2}. \quad (\text{С.6.4-5})$$

С.6.5 Розширена невідомість $U(m_{cl})$

Сумарну стандартну невідомість умовного значення маси випробної гирі наводять як:

$$u_c(m_{cl}) = \sqrt{u_w^2(\Delta m_c) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + u_{ba}^2}. \quad (\text{С.6.5-1})$$

Якщо поправку на виштовхувальну силу $m_{cr}C$ не застосовують, то відповідний внесок виштовхувальної сили треба додавати до сумарної невідомості в доповнення до u_b (див. формулу (15) і примітку 6 у [3]):

$$u_c(m_{cl}) = \sqrt{u_w^2(\Delta m_c) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + (m_{cr}C)^2 + u_{ba}^2}. \quad (\text{С.6.5-2})$$

Розширена невідомість умовного значення маси випробної гирі U така:

$$U(m_{cl}) = k u_c(m_{cl}). \quad (\text{С.6.5-3})$$

С.6.5.1 Зазвичай треба застосовувати коефіцієнт охоплення $k = 2$. Однак, якщо сумарний середньоквадратичний відхил процесу зважування невідомо і кількість вимірювання не може бути збільшено до 10 (через дуже великі гирі та тривалі процедури зважування), і невідомість $u_w(\Delta m)$ є домінуючим внеском в аналізі невідомості, тому що $u_w(\Delta m) > u_c(m_{cl})/2$, то коефіцієнт охоплення k треба обчислювати за припущення щодо розподілу Стюдента з довірчою ймовірністю 95,5 % та числом ефективних ступенів свободи v_{eff} (як обчислено з формули Уельса-Сатервайта в [35]). Коефіцієнт охоплення k для різного числа ефективних ступенів свободи v_{eff} наведено в таблиці С.4 нижче. Якщо можна припустити, що оцінки невідомостей типу В помірні з нескінченним числом ступенів свободи, то формула має вид:

$$v_{eff} = (n-1) \cdot \frac{u_c^4(m_{cl})}{u_w^4(\Delta m_c)}. \quad (\text{С.6.5-4})$$

Більш детально див. [8].

Таблиця С.4 — Коефіцієнт охоплення k для різного числа ефективних ступенів свободи v_{eff}

v_{eff}	1	2	3	4	5	6	8	10	20	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,37	2,28	2,13	2,00

ДОДАТОК D
(довідковий)

СТАТИСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ

D.1 Контрольний еталон

D.1.1 Контрольний еталон зазвичай являє собою гирю того самого типу і номінальної маси, що й випробна гиря, яку використовують у калібруванні, і вводять у схему зважування як «невідому» гирю. Процедура контролю працює щонайкраще в схемі зважування, у якій контрольний еталон можна легко вводити в схему як невідому гирю. Наприклад для випробних гир із позначками 5, 2, 2, 1 контрольний еталон із позначкою «1» можна вводити в схему зважування так, щоб гиря, яку калібрують, могла бути гирею з позначками 5, 2, 2, 1, 1. Для кілограмових гир, які калібрують відносно двох ета-

лонних кілограмових гир у схемі 1, 1, 1, 1, контрольний еталон (див. 2.5) може бути різницею між двома еталонними кілограмовими гирями.

D.1.2 Призначенням контрольного еталона є можливість перекоонатися в достатній якості окремого калібрування. Історично для цієї мети необхідно статистичні значення контрольного еталона. Прийняте значення різниці маси для контрольного еталона \bar{m}_{diff} (зазвичай середнє значення) обчислюють зі статистичних даних і базується воно щонайменше на 10—15 вимірюваннях. Значення контрольного еталона для нового калібрування m_{diff} перевіряють для погодженості з прийнятим значенням, яке застосовують у методиці статистичного контролю. Перевірку засновано на t -статистиці:

$$t = \frac{|m_{\text{diff}} - \bar{m}_{\text{diff}}|}{S}, \quad (\text{D.1.2-1})$$

де S — середньоквадратичний відхил із n статистичних значень різниці маси, що оцінюють із $\nu = n - 1$ числом ступенів свободи:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_{\text{diff}} - \bar{m}_{\text{diff}})^2}. \quad (\text{D.1.2-2})$$

Калібрування вважають підконтрольним, якщо:

$t \leq$ критичному значенню розподілу Стюдента з ν числом ступенів свободи.

D.1.3 Критичні значення, що залежать від числа ступенів свободи для S , наведено в таблиці D.1 для двобічної перевірки за рівня значимості $\alpha = 0,05$. Якщо число ступенів свободи велике (> 15), то допустимо використовувати коефіцієнт 2 замість критичного значення з таблиці. Якщо калібрування вважають непідконтрольним із t -перевірки, то причину потрібно досліджувати й виправляти перед тим, як результати калібрування може бути занесено до протоколу. Ця перевірка є переконливою для виявлення аномалій або промаху в середньому значенні процесу, охоплюючи зміни значення еталонної гирі на приблизно два або більше середньоквадратичних відхили. Це неефективно для запобіжних заходів проти незначних змін на приблизно половину середньоквадратичного відхилу та проти плавного дрейфу.

D.1.4 Прийняте значення контрольного еталона обновлюють як дані, на яких воно накопичується. Можна дотримуватися кількох підходів, однак дані треба завжди наносити на графік і проводити випробування на предмет наявності дрейфу або зміни. Значення контрольного еталона повинно мінятися від його «старого» значення \bar{m}_{diff} до «нового» значення \bar{m}'_{diff} , заснованого на останніх 10—15 вимірюваннях, якщо:

$$t = \frac{|\bar{m}_{\text{diff}} - \bar{m}'_{\text{diff}}|}{\sqrt{\frac{S_{\text{old}}^2}{J} - \frac{S_{\text{new}}^2}{K}}} > t_{\alpha/2}(\nu), \quad (\text{D.1.4-1})$$

де J і K — кількість «старих» і «нових» вимірювань відповідно, і $\nu = J + K - 2$.

D.2 Точність ваг

Точність ваг можна також контролювати, застосовуючи методику статистичного контролю. Залишковий середньоквадратичний відхил зі схеми зважування або середньоквадратичний відхил повторюваних вимірювань окремої гирі є основою перевірки. Випробовування, крім того, залежить від попередніх статистичних середньоквадратичних відхилів, отриманих на тих же вагах. Якщо є m середньоквадратичних відхилів s_1, \dots, s_m від статистичних даних, то сумарний середньоквадратичний відхил:

$$s_p = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_i s_i^2} \quad (\text{D.2-1})$$

є найкращою оцінкою середньоквадратичного відхилу ваг. Рівняння, наведене вище, припускає, що окремі середньоквадратичні відхили мають ν ступенів свободи, у цьому разі сумарний середньоквадратичний відхил має $m \cdot \nu$ ступенів свободи. Для кожної нової схеми або серії вимірювання залишковий середньоквадратичний відхил можна перевіряти відносно сумарного значення. Статистична перевірка:

$$F = \frac{s_{\text{new}}^2}{s_p^2}. \quad (\text{D.2-2})$$

D.2.1 Зазвичай перевірку проводять тільки за погіршення точності. Точність ваг вважають підконтрольною, якщо:

$F \leq$ критичному значенню F -розподілу з v ступенями свободи для s_{new} і $m \cdot v$ ступенями свободи для s_p . Критичні значення F для односторонньої перевірки за рівня значимості $\alpha = 0,05$ наведено в таблиці D.2. Якщо середньоквадратичний відхил вважають таким, що має погіршення, то причину потрібно досліджувати й виправляти.

Таблиця D.1 — Критичні значення розподілу Стюдента для двобічної перевірки з $\alpha = 0,05$

v	Критичне значення	v	Критичне значення	v	Критичне значення	v	Критичне значення	v	Критичне значення
1	12,706	11	2,201	21	2,080	31	2,040	41	2,020
2	4,303	12	2,179	22	2,074	32	2,037	42	2,018
3	3,182	13	2,160	23	2,069	33	2,035	43	2,017
4	2,776	14	2,145	24	2,064	34	2,032	44	2,015
5	2,571	15	2,131	25	2,060	35	2,030	45	2,014
6	2,447	16	2,120	26	2,056	36	2,028	46	2,013
7	2,365	17	2,110	27	2,052	37	2,026	47	2,012
8	2,306	18	2,101	28	2,048	38	2,024	48	2,011
9	2,262	19	2,093	29	2,045	39	2,023	49	2,010
10	2,228	20	2,086	30	2,042	40	2,021	50	2,009

Примітка. v — число ступенів свободи.

Таблиця D.2 — Критичні значення F -розподілу для односторонньої перевірки того, що s_{new} (v ступенів свободи) не перевищує s_p ($m \cdot v$, v) за рівня значимості $\alpha = 0,05$

$F(\alpha, v, v \cdot m)$ $\alpha = 0,05$	N									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m										
1	161,448	19,000	9,277	6,388	5,050	4,284	3,787	3,438	3,179	2,978
2	18,513	6,944	4,757	3,838	3,326	2,996	2,764	2,591	2,456	2,348
3	10,128	5,143	3,863	3,259	2,901	2,661	2,488	2,355	2,250	2,165
4	7,709	4,459	3,490	3,007	2,711	2,508	2,359	2,244	2,153	2,077
5	6,608	4,103	3,287	2,866	2,603	2,421	2,285	2,180	2,096	2,026
6	5,987	3,885	3,160	2,776	2,534	2,364	2,237	2,138	2,059	1,993
7	5,591	3,739	3,072	2,714	2,485	2,324	2,203	2,109	2,032	1,969
8	5,318	3,634	3,009	2,668	2,449	2,295	2,178	2,087	2,013	1,951
9	5,117	3,555	2,960	2,634	2,422	2,272	2,159	2,070	1,998	1,938
10	4,965	3,493	2,922	2,606	2,400	2,254	2,143	2,056	1,986	1,927
11	4,844	3,443	2,892	2,584	2,383	2,239	2,131	2,045	1,976	1,918
12	4,747	3,403	2,866	2,565	2,368	2,227	2,121	2,036	1,968	1,910
13	4,667	3,369	2,845	2,550	2,356	2,217	2,112	2,029	1,961	1,904

Кінець таблиці D.2

$F(\alpha, v, v \cdot m)$ $\alpha = 0,05$	N									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m										
14	4,600	3,340	2,827	2,537	2,346	2,209	2,104	2,022	1,955	1,899
15	4,543	3,316	2,812	2,525	2,337	2,201	2,098	2,016	1,950	1,894
16	4,494	3,295	2,798	2,515	2,329	2,195	2,092	2,011	1,945	1,890
17	4,451	3,276	2,786	2,507	2,322	2,189	2,087	2,007	1,942	1,887
18	4,414	3,259	2,776	2,499	2,316	2,184	2,083	2,003	1,938	1,884
19	4,381	3,245	2,766	2,492	2,310	2,179	2,079	2,000	1,935	1,881
20	4,351	3,232	2,758	2,486	2,305	2,175	2,076	1,997	1,932	1,878
30	4,171	3,150	2,706	2,447	2,274	2,149	2,053	1,977	1,915	1,862
40	4,085	3,111	2,680	2,428	2,259	2,136	2,042	1,967	1,906	1,854
50	4,034	3,087	2,665	2,417	2,250	2,129	2,036	1,962	1,901	1,850
60	4,001	3,072	2,655	2,409	2,244	2,124	2,031	1,958	1,897	1,846
70	3,978	3,061	2,648	2,404	2,240	2,120	2,028	1,955	1,895	1,844
80	3,960	3,053	2,642	2,400	2,237	2,117	2,026	1,953	1,893	1,843
90	3,947	3,046	2,638	2,397	2,234	2,115	2,024	1,951	1,891	1,841
100	3,936	3,041	2,635	2,394	2,232	2,114	2,023	1,950	1,890	1,840
∞	3,841	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831

ДОДАТОК Е
(довідковий)

СИРМ-ФОРМУЛА ТА АПРОКСИМУЮЧА ФОРМУЛА

Е.1 СИРМ-формула

У 1981 році Міжнародний Комітет Мір і Ваг (CIPM) [39] рекомендував використовувати таку формулу для визначення густини вологого повітря:

$$\rho_a = \frac{pM_a}{ZRT} \left[1 - x_v \left(1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right], \quad (\text{Е.1-1})$$

де p — атмосферний тиск;

M_a — молярна маса сухого повітря;

Z — стисливість;

R — молярна газова стала;

T — термодинамічна температура, що використовує ITS-90;

x_v — молярна фракція водяної пари; і

M_v — молярна маса води.

Ця формула стає відомою як рівняння CIPM-81. З моменту її публікації в 1981 році відбулося кілька змін, що встановлюють рекомендовані значення використовуваних сталих. Наразі формулу згадують як «рівняння для визначення густини вологого повітря 1981/91» або тільки «рівняння 1981/91» після того, як на засіданні в 1991 році Консультативний Комітет з маси (CCM) уточнив кілька сталих, які застосовують у формулі.

Е.2 Сталі

Е.2.1 Молярна маса сухого повітря M_a

Молярну масу сухого повітря M_a можна обчислювати, застосовуючи x_{CO_2} як молярну фракцію діоксида вуглецю так:

$$M_a = [28,9635 + 12,011(x_{CO_2} - 0,0004)] < 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}. \quad (\text{Е.2.1-1})$$

Таблиця Е.1 — Рекомендоване значення для M_a/R
за $x_{CO_2} = 0,0004$

Стала	Рекомендоване значення 1991 року	Одиниця вимірювання
M_a/R	3,48349	$10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{К/Дж}$

Е.2.2 Молярна фракція водяної пари x_v

Молярну фракцію водяної пари x_v , що є функцією відносної вологості hr або крапки роси t_r , коефіцієнта розширення f і тиску насиченої

пари вологого повітря p_{sv} , наводять у такий спосіб:

$$x_v = (hr)f(p, t) \frac{p_{sv}(t)}{p} = f(p, t_r) \frac{p_{sv}(t_r)}{p}, \quad (\text{Е.2.2-1})$$

де hr — відносна вологість, виражена дробовим числом;

p — атмосферний тиск;

t — температура в градусах Цельсія;

$p_{sv}(t)$ — тиск насиченої пари вологого повітря; і

t_r — крапка роси.

Е.2.2.1 Тиск насиченої пари вологого повітря p_{sv} можна обчислювати так:

$$p_{sv} = 1 \text{ Па} \cdot \exp\left(AT^2 + BT + C + \frac{D}{T}\right), \quad (\text{Е.2.2-2})$$

де A, B, C, D — постійні параметри тиску насиченої пари за насичення. Рекомендовано такі значення.

Таблиця Е.2 — Рекомендовані значення для постійних A, B, C, D

Стала	Рекомендоване значення 1991 року	Одиниця вимірювання
A	1,2378847	10^{-5} 1/К^2
B	-1,9121316	10^{-2} 1/К
C	33,93711047	
D	-6,3431645	10^3 К

Е.2.2.2 Коефіцієнт розширення f

Коефіцієнт розширення f є функцією трьох сталих (α, β, γ) і температури t в градусах Цельсія. Цей коефіцієнт можна обчислювати так:

$$f = \alpha + \beta p + \gamma t^2. \quad (\text{Е.2.2-3})$$

Таблиця Е.3 — Рекомендовані значення для сталих α, β, γ

Стала	Рекомендоване значення 1991 року	Одиниця вимірювання
α	1,00062	
β	3,14	10^{-8} 1/Па
γ	5,6	10^{-7} 1/К^2

Е.2.3 Коефіцієнт стисливості Z

Коефіцієнт стисливості Z можна обчислювати, застосовуючи таке рівняння:

$$Z = 1 - \frac{p}{T} \left[a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + (b_0 + b_1 t) x_v + (c_0 + c_1 t) x_v^2 \right] + \frac{p^2}{T^2} (d + e x_v^2). \quad (\text{Е.2.3-1})$$

Таблиця Е.4 — Рекомендовані значення для сталих $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, c_0, c_1, d, e$

Стала	Рекомендоване значення 1991 року	Одиниця вимірювання	Стала	Рекомендоване значення 1991 року	Одиниця вимірювання
a_0	1,58123	10^{-6} К/Па	c_0	1,9898	10^{-4} К/Па
a_1	-2,9331	10^{-8} 1/Па	c_1	-2,376	10^{-6} 1/Па
a_2	1,1043	$10^{-10} \text{ 1/К} \cdot \text{Па}$	d	1,83	$10^{-11} \text{ К}^2/\text{Па}^2$
b_0	5,707	10^{-6} К/Па	e	-0,765	$10^{-8} \text{ К}^2/\text{Па}^2$
b_1	-2,051	10^{-8} 1/Па			

Е.3 Апроксимуюча формула для густини повітря

Найбільш точна формула для густини повітря — це CIPM-формула (1981/91) [39].

Апроксимуючу формулу також можна застосовувати як:

$$\rho_a = \frac{0,34848p - 0,009(hr) \cdot \exp(0,061t)}{273,15 + t}, \quad (\text{Е.3-3})$$

де ρ_a — густина повітря, отримана в кг/м^3 ;

p — атмосферний тиск, наведений у мбар або ГПа;

hr — відносна вологість, виражена у відсотках; i

t — температура в $^{\circ}\text{C}$.

Формула (Е.3-1) має відносну вологість повітря $2 \cdot 10^{-4}$ в діапазоні $900 \text{ кПа} < p < 1100 \text{ кПа}$, $10^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$ і $hr < 80\%$.

Для гир класу точності E_1 густину повітря треба завжди визначати, ґрунтуючись на відповідних вимірюваннях. Однак, наближене рівняння, що впливає, — це спосіб оцінити густину повітря в лабораторіях, що не мають засобів для визначення густини повітря на місці. Має бути відомо висоту над рівнем моря. Тому, якщо густину повітря не вимірюють, то її потрібно обчислювати як середнє значення для місця лабораторії так:

$$\rho_a = \rho_0 \cdot \exp\left(\frac{-p_0}{\rho_0} gh\right), \quad (\text{Е.3-2})$$

де $p_0 = 101\,325 \text{ Па}$;

$\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$; i

h — висота над рівнем моря, виражена в метрах.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM) (1993), ISO (Міжнародний словник основних і загальних термінів з метрології).

2 International vocabulary of terms in legal metrology (VIML) (2000), OIML (Міжнародний словник термінів у законодавчій метрології).

3 OIML D 28 Conventional value of the result of weighing in air (2004) (D 28 was previously published as OIML R 33) (Умовне значення результату зважування в повітрі) (D 28 опубліковано раніше як OIML R 33).

4 ISO 4287:1997 Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms definitions, and surface texture parameters (Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення та параметри структури поверхні).

5 ISO/IEC Guide 2:1996 Standardization and related activities — General vocabulary (Стандартизація та пов'язана діяльність. Загальний словник).

6 Davis R. S. Determining the magnetic properties of 1 kg mass standards J. Res. National Institute of Standards and Technology (USA), 100, 209—25, May—June 1995; Errata, 109, 303, March—April 2004 (Визначення магнітних властивостей еталонних гир 1 кг. — Національний Інститут Стандартів та Технологій (США)).

7 Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), first edition, 1993, corrected and reprinted 1995, ISO (Настанова з визначення невизначеності вимірювання, 1-е вид., 1993, виправлено та перевидалено, 1995).

8 Myklebust T., Kallgren H., Lau P., Nielsen L. and Riski K. Testing of weights: Part 3 — Magnetism and convection OIML Bulletin XXXVIII, 1997, pp. 5—10 (Досліджування гир. Частина 3. Магнітні властивості та конвекція).

9 Glaser M. Magnetic interactions between weights and weighing instruments. Meas. Sci. Technol. 12. — 2001, pp. 709—715 (Магнітні взаємодії між гирями та зважувальними приладами).

10 ISO 261:1998 — ISO general-purpose metric screw threads — General plan (ISO метрична різьба загальної призначеності. Основний план).

11 Glaser M. Change of the apparent mass of weights arising from temperature differences. — Metrologia 36 (1999), pp. 183—197 (Змінювання уявної маси гирі від збільшення температури).

12 Jean M. Bennett and Lars Mattsson. Introduction to Surface Roughness and Scattering. — Optical Society of America. — 1989 (Вступ щодо шорсткості поверхні та розмах).

13 ISO 5436:1985 Calibration specimens — Stylus instruments — Types, calibration and use of specimens. (Ed. 1; 20 p; K) (Калібрувальні зразки. Щупові прилади. Типи, калібрування та застосування щупових приладів).

14 ISO 3274:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments (Ed. 2; 13 p; G). ISO 3274:1996/Cor 1:1998 (Ed. 1; 1 p; *) (Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Номінальні характеристики контактних (щупових) приладів).

15 ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture (Ed. 2; 8 p; D). ISO 4288:1996/Cor 1:1998 (Ed. 1; 1 p; *) (Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Правила та процедури оцінювання структури).

16 Myklebust T. Methods to determine magnetic properties of weights and magnetic field and field gradients of weights. — National Measurement Service — Norway. 1995 (Методи визначення магнітних властивостей гир та градієнтів магнітних полів гир. Національна Вимірювальна Служба. — Норвегія).

17 Myklebust T. Intercomparison: Measurement of the volume magnetic susceptibility and magnetisation of two cylindrical (kg) weights. EUROMET project 324. — Justervesenet (NO) 1997 (Взаємні звіряння. Вимірювання об'ємної магнітної сприйнятливості й намагніченості двох циліндричних гир (кг)).

18 Myklebust T. and Davis R.S. Comparison between JV and BIPM to determine the volume susceptibility of one 20 g weight and two 1 g weights, Justervesenet. 1996 (Звіряння між JV і BIPM з метою визначення об'ємної сприйнятливості гирі 20 г та двох гир 1 кг).

19 Myklebust T. and Borjesson L. Comparison of two instruments based on the attracting method. — National Measurement Service. — Norway. — 1995 (Звіряння двох приладів, заснованих на методі притягання. — Національна Вимірювальна Служба. — Норвегія).

20 Ueki M., Nezu Y. and Ooiwa A. New facility for weight calibration service, Proceedings of the 14-th IMEKO World Congress and Bulletin of NRLM vol. 46. — No 4, pp. 223—228. — 1997 (Нові послуги під час калібрування гир).

21 Schoonover R.M. and Davis R.S. Quick and Accurate Density Determination of Laboratory Weights (Proceedings. — 8-th Conference. IMEKO Technical Committee TC3 on Measurement of Force and Mass. — Krakow. — Poland, September 9—10. — 1980) (Paper in «Weighing Technology», pp. 1123—1127 (Druk, Zaklad Poligraficzny Wydawnictwa SIGMA, Warsaw, Poland (1980) (Швидке та точне визначення густини лабораторних гир).

22 Kobata T., Ueki M., Nezu Y., Ooiwa A. and Ishii Y. Characterization of an Acoustic Volumeter for Measuring the Volume of Weights. — Proceedings of 15-th IMEKO World Congress. — 1999 (Характеризування акустичного вимірювача об'єму для вимірювання об'єму гир).

23 Ueki M., Kobata T., Mizushima S., Nezu Y., Ooiwa A. and Ishii Y. Application of an Acoustic Volumeter to Standard Weights — Proceedings of 15-th IMEKO World Congress. — 1999 (Застосування акустичного вимірювача об'єму для еталонних гир).

24 Bettin H., Spieweck F. Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990. — PTB-Mitt. 1003/90, pp. 195—196.

25 Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A., Bignell N. [NMIJ, BIPM, IMGIC, NML]. — Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports. — Metrologia, 2001, 38, n°4, pp. 301—309 (Рекомендовані таблиці для густини води від 0 °C до 40 °C, засновані на останніх експериментальних результатах).

26 Gorski W., Toth H.G. Destilliertes Wasser als Dichtereferenzmaterial — Die elektrische Leitfähigkeit als Kriterium seiner Güte. — PTB-Mitt. 98 5/88, pp. 324—325.

27 Lau P. Weight Volume and Centre of Gravity, SP-AR to be published (Secretariat is updating this reference (9/6/02)) (Об'єм гирі та центр тяжіння).

28 Croarkin C. An Extended Error Model for Comparison Calibration, Metrologia 26, 107. — 1989 (Позширена модель похибки для калібрування під час звіряння).

29 Schwartz R. Guide to mass determination with high accuracy PTB-Bericht MA-40. — Braunschweig. — 1995. See also Kochsiek M., Glaser M. Comprehensive Mass Metrology. — Wiley. — New York, Sec. 3.4. Mass determination with balances 2000 (Настанови з визначення маси з високою точністю. Див. також Визначення маси за допомогою ваг).

30 Chapman G.D. Orthogonal designs for calibrating kilogram submultiples, NRCC25819. — 27 April 1995. — National Research Council Canada. — Canada (Ортогональні схеми для калібрування вниз від кілограма).

- 31 Morris E.C. Decade Design for Weighings of Non-uniform Variance. — Metrologia 29, 373. — 1992 (Декадна схема зважування за нерівномірних дисперсій).
- 32 Cameron J.M., Croarkin M.C. and Raybold R. C.R. Designs for the calibration of standards of mass — NBS TN 952. — 1977 (Схеми для калібрування еталонних гир).
- 33 Glaser M. Cycles of comparison measurements, uncertainties and efficiencies. — Meas. Sci. Technol 11. — 2000, pp. 20—24 (Цикли вимірювань під час звіряння, невизначеності та ефективності).
- 34 Sutton C.M. and Clarkson M.T. A general approach to comparisons in the presence of drift.— Metrologia 30, 487 — 1993/94 (Загальний підхід до звірянь за присутності дрейфу).
- 35 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA-4/02. — 1999 (Вираження невизначеності вимірювання під час калібрування).
- 36 Bich W., Cox M.G. and Harris P.M. Uncertainty modelling in mass comparisons. — Metrologia 30, 495. — 1993/4 (Моделювання невизначеності під час звіряння гир).
- 37 Bich W. Covariances and restraints in mass metrology. — Metrologia 27, 111. — 1990 (Коваріації та обмежування у вимірюваннях маси).
- 38 Glaser M. Covariances in the determination of conventional mass. — Metrologia 37, 249—251. — 2000 (Коваріації у визначенні умовної маси).
- 39 Davis R.S. Equation for the determination of the density of moist air (1981/91). — Metrologia 29, 67. — 1992. Giacomo P. Equation for the determination of the density of moist air (1981). — Metrologia 18, 33. — 1982 (Рівняння для визначання густини вологого повітря).
- 40 Chung J.W., Ryu K.S., Davis R.S. Uncertainty analysis of the BIPM susceptometer. — Metrologia 38 (2001), pp. 535—541 (Аналіз невизначеності вимірювача магнітної сприйнятливості BIPM).

ДОДАТОК НА

ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ, ІДЕНТИЧНИХ МІЖНАРОДНИМ, НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

- 1 ДСТУ ISO 3274-2002 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні Профільний метод. Номінальні характеристики контактних (щупових) приладів (ISO 3274:1996, IDT)
- 2 ДСТУ ISO 4288-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS) Структура поверхні Профільний метод. Правила і процедури оцінення структури (ISO 4288:1996, IDT)
- 3 ДСТУ OIML D 20:2008 Метрологія. Первинна та періодична повірка засобів вимірювальної техніки і контроль процесів вимірювання (OIML D 20:1998, IDT)
- 4 ДСТУ OIML D 28:2008 Умовне значення результату зважування в повітрі (OIML D 28:2004, IDT)
- 5 ДСТУ OIML R 111-2:2008 Гирі класів точності E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} і M_3 Частина 2. Форма звіту про випробування (OIML R 111-2:2004, IDT).

Код УКНД 17.060

Ключові слова: вимірювання, гиря, границі допустимої похибки, густина, маса, метрологія, невизначеність, умовне значення маси.

Редактор Л. Ящук
Технічний редактор О. Касіч
Коректор І. Копацька
Верстальник В. Перекрест

Підписано до друку 24 12 2010 Формат 60 × 84 1/8
Ум. друк. арк. 8,37 Обл.-вид. арк. 4,69 Зам **2792** Ціна договірна

Виконавець
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14 01 2006, серія ДК, № 1647