

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	9
1.1. Класифікація еталонів	9
1.2. Еталони основних одиниць системи СІ	19
1.2.1. Метр	28
1.2.2. Кілограм	50
1.2.3. Ампер	75
1.2.4. Кельвін	86
1.2.5. Секунда	97
1.2.6. Кандела	126
1.2.7. Моль	130
РОЗДІЛ 2	136
2.1. Національна еталонна база України	136
РОЗДІЛ 3	
ВІЙСЬКОВІ ЕТАЛОНИ	146
3.1. Військова метрологія	146
3.2. Еталони у Збройних Силах України	152
3.3. Метрологічне обслуговування засобів вимірювання техніки військового призначення	161
Висновок	171
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	174
ПРО ВАЖЛИВЕ, ЦІКАВЕ ТА НЕОБХІДНЕ	180
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	188
УКЛАДАЧІ	191

ВСТУП

Для забезпечення єдності вимірювань необхідна чітка тотожність одиниць, в яких були б проградуйовані усі засоби технічних вимірювань однієї й тієї самої фізичної величини (ФВ). Це досягається шляхом точного відтворення та збереження прийнятих на Міжнародній конференції з мір і ваги одиниць ФВ і передачі їх розмірів засобам вимірювань (ЗВ).

Відтворення, збереження та передача розмірів одиниць проводиться за допомогою еталонів та зразкових ЗВ. Вищою ланкою у метрологічному колі передачі розмірів одиниць вимірювання ФВ є еталони.

Редакція Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», що набрала чинності з 1 січня 2016 року, дає таке визначення еталона.

ЕТАЛОН – це реалізація визначення даної величини із встановленим значенням величини та пов'язаною з ним невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння.

Еталон одиниці фізичної величини – це ЗВ техніки, який забезпечує відтворення та зберігання одиниці ФВ та передавання її розміру відповідним засобам, що стоять нижче за повірною схемою, офіційно затверджений як еталон.



Слово «еталон» – французького походження (etalon), що означає зразок, міра.

Усі основні одиниці ФВ відтворюються з найвищою точністю за допомогою міжнародних еталонів відповідних одиниць і зберігаються у Міжнародному бюро мір та ваги у спеціальних лабораторіях у м. Севрі поблизу Парижа. Програмою діяльності Міжнародного бюро мір та ваги передбачені систематичні міжнародні зіставлення національних еталонів великих метрологічних лабораторій різних держав з міжнародними еталонами та між собою.

Нині за допомогою смартфонів звичайні люди вимірюють безліч ФВ. Ми б сказали, «вимірювання рулять».

...Коли ви можете виміряти те, про що ви говорите, і висловити це в цифрах, ви знаєте щось про це; але коли ви не можете висловити це в цифрах, ваші знання убогі і незадовільні; це може бути початок знання, але, незалежно від предмета, ви навряд чи дісталися стадії науки.

Вільям Томсон

У сьогоднішньому світі, коли вчені щодня розробляють нові технології у сферах медицини, космонавтики, електроніки та військової справи, навіть найменше відхилення від стандартів міжнародної системи одиниць СІ може спричинити катастрофу. Щоб у всіх країн зберігалось єдине уявлення про вагу кілограма, довжину метра та властивості інших величин, у Франції зберігаються їхні еталони, за копіями яких звірялися усі країни (так було до 20 травня 2019 року).

Насамперед зразки виникли задля забезпечення торгівлі, зокрема міжнародної. Якщо ми обмінюємо один товар на інший, то маємо бути впевнені, що метри сукна, кілограми зерна ми міряємо однаковими одиницями.

Друга сфера, де необхідні еталони – це наука. Проблема якості виміру в науці та міжнародний його характер – річ найважливіша. Хтось із фізиків сказав, що **в будь-якому знаку після коми таїться відкриття: щось та знайдете**. І, справді, було зроблено багато відкриттів, коли збільшувалася точність вимірювань.

У минулому ХХ сторіччі відбулась радикальна зміна уявлень щодо одиниць вимірювання та еталонів, що їх відтворюють. Система, що ґрунтується на механічних вимірюваннях і еталонах, подібних до платиноіридієвого еталона метра або еталона ампера у вигляді струмових ваг, фактично відійшла у минуле. Вона замінюється новою системою, що спирається на атомні і квантові явища, де за еталон приймаються досліджені стабільні фізичні явища і сталі (константи).

Може здатися, що існуючі сьогодні еталони, включаючи національний первинний еталон, стануть непотрібні. Це не так. Перехід до нових визначень одиниць СІ дає змогу

змінити конструкцію первинних еталонів, зробивши їх точнішими і позбавивши «артефакту», виробленого людиною. Тепер будь-яка кваліфікована лабораторія, що має достатні фінанси, може відтворити одиницю з високою точністю на передовому рівні. Однак якщо точність окремих елементів та вузлів не буде достатньою, то установка, наприклад, що побудована за принципом ваг Кіббла, не забезпечить очікувану «вищу точність». Тому для забезпечення єдності вимірів у країні, щоб усі виміри проводилися в одних одиницях з очікуваною точністю, потрібно зберігати і вдосконалювати систему еталонів. Крім того, ваги Кіббла – дуже дороге обладнання, і для калібрування масово застосовуваних робочих ЗВ підійдуть простіші еталони, які використовуються і сьогодні. А «вища точність» виявиться затребувана сучасними високими технологіями в науці та промисловості.

Виникає питання: якщо кожен може зробити зразок, за точності, що не поступається первинному, то як бути в ситуації, коли результати відтворення кілограма на двох зразках вийдуть різними?

З цією метою метрологи всього світу проводять міжнародні звіряння, коли той самий об'єкт «зважують» на первинних зразках різних країн і порівнюють результати.

Якщо у когось результат надто сильно відхиляється від загального середнього, найімовірніше, у роботі цього еталона є неточності і він потребує налаштування. Держави, які успішно завершили міжнародні звіряння, починають визнавати вимірвальні та калібрувальні можливості один одного за даним видом вимірювання, а відомості про це заносяться до бази даних Міжнародного бюро з мір і ваг.

***Результати вимірювань виражаються
в одиницях міжнародної системи одиниць
фізичних величин СІ, яка
офіційно прийнята у 1960 році.
В Україні система СІ використовується
як обов'язкова з 1980 року.***

Державна метрологічна система України – комплекс встановлених стандартами правил, положень, норм та вимог, що визначають організацію і методику проведення робіт із забезпечення єдності і точності вимірювань.

Однією з важливих вимог до еталонів є висока стабільність. Оскільки згадані вище еталони є важкодоступними, необхідно підтримувати незмінність відтворення ними одиниць протягом довгого часу, що можливо забезпечити із задовільною точністю лише при створенні унікальних умов зберігання самих еталонів або різного роду систем зберігання одиниць. Ситуація почала суттєво змінюватися завдяки введенню еталонів, що ґрунтуються на атомних та квантових явищах, які замінили механічні еталони.

Найбільш яскраво переваги нових еталонів виявилися на прикладі квантового еталона часу – частоти.

До 20 травня 2019 року секунда визначається через кількість періодів коливань сигналу, частота якого знаходиться у надвисокочастотному діапазоні. Ця частота шляхом поділу або змішування може бути перенесена в широкий діапазон частот. Похибка вимірювання частоти може бути дуже малою – до 10^{-15} , а крім того, ця частота може передаватися по телекомунікаційних системах. Таким чином, вона стає доступною для кожного споживача.

Успіхи у використанні квантових ефектів і у технологіях виготовлення відповідних пристроїв для їх надійної реалізації призвели до створення паралельної із SI практичної системи електричних одиниць, а також визначили умови для створення природного еталона одиниці маси замість існуючого артефакту у вигляді платино-іридієвого циліндра. Усе це в сукупності поставило питання про перегляд визначень одиниць вимірювань, методики їх відтворення, принципів побудови еталонної бази і самої SI. Фактично народилась нова метрологія, яка одержала назву квантової. Розгляду змісту квантової метрології, еталонів, створених на основі квантових ефектів, а також перспектив розвитку присвячений цей навчальний посібник.

Навчальний посібник з дисциплін: «Метрологія, стандартизація, системи якості», «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» – ОНМУ; «Основи інженерії для забезпечення військ (сил)» (Розділ II Основи стандартизації та основи метрології), «Стандартизація та технічні обстеження будівель, споруд та комунальних систем», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Основи організації технічного контролю та прийомки продукції військового призначення» – (ВА) студентами денної і заочної форм навчання ОНМУ, а також курсантами Військової академії (м. Одеса) підготували: к. т. н., доценти: Пізінцалі Людмила Вікторівна – доцент кафедри «ТОРС»; Александровська Надія Ігорівна – доцент кафедр: «СЕУ та ТЕ», «НКС» Науково-навчального інституту морського флоту (ННІМФ) ОНМУ; к. т. н. Россомаха Олена Ігорівна – доцент кафедри «НКС», старший викладач кафедри «ТОРС» ННІМФ ОНМУ; Россомаха Олег Анатолійович – начальник навчально-методичного відділу ОНМУ, старший викладач кафедри «СЕУ та ТЕ» ННІМФ ОНМУ; Гуменний Ігор Валерійович – майстер виробничого навчання навчальної лабораторії зварювання кафедри «Технологія матеріалів» ННІМФ ОНМУ, а також викладачі Військової академії (м. Одеса): к. т. н., доценти: Рабоча Тетяна Валентинівна – доцент кафедри «Забезпечення військ (сил)»; Нікул Станіслав Олексійович – полковник, начальник кафедри РАО; Булгаков Руслан Валерійович – полковник, начальник кафедри забезпечення військ (сил) та старший викладач кафедри «РАО» Леонід Григорович Гордішевський за діючими навчальними програмами.

Автори висловлюють подяку рецензентам за цінні зауваження і рекомендації, враховані під час доопрацювання навчального посібника, які багато в чому сприяли поліпшенню рукопису.

*Окрема подяка
кандидату психологічних наук
ПІЗІНЦАЛІ Віктору Валентиновичу
за допомогу в технічному перекладі українською мовою*