

## **Основні поняття, терміни і визначення метрології. Правові основи метрології.**

### **4.1 Основні завдання наукової метрології**

**Метрологія** (від грец. "метро" – міра, "логос" – вчення) – наука про виміри, методи і засоби забезпечення їхньої єдності і необхідної точності.

Виміри допомагають пізнавати матеріальний світ і природні закономірності. Вони поєднують теорію з практичним життям суспільства і використовуються усюди: у науці, у будь-якому виробництві, для обліку матеріальних цінностей, забезпечення стандартних параметрів якості, удосконалювання технологічних процесів, автоматизації виробництв, стандартизації й інших видів діяльності.

Значення метрології в економіці будь-якої країни дуже велике, тому що від обліку матеріальних цінностей багато в чому залежить добробут суспільства.

Стан засобів вимірювання визначає стабільність роботи підприємства і якість продукції, що випускається. Так, за висновком метрологічних служб, близько 50% неякісної продукції випускається внаслідок незадовільного стану вимірювальних приладів.

На підприємствах харчової промисловості і ресторанного господарства необхідні добре налагоджені системи обліку і контролю якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції, що засновані на використанні досить точних засобів вимірювання.

**Об'єкт метрології** – засоби вимірювань: міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, допоміжні засоби вимірювань, вимірювальні установки та вимірювальні системи, еталони.

**Завдання метрології.** Основними завданнями метрології є:

- розвиток загальної теорії вимірювань;
- встановлення одиниць фізичних величин і узаконення певних одиниць вимірювань;
- розробка методик вимірювань та засобів вимірювальної техніки;
- забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань;
- встановлення еталонів одиниць вимірювань;
- проведення регулярної повірки мір та вимірювальних приладів, що знаходяться в експлуатації;
- випробування нових засобів вимірювання тощо.

Сучасна метрологія класифікується трьома головними областями:

- наукова метрологія,
- промислова метрологія,
- законодавча метрологія.

**Наукова метрологія** – це частина метрології, що вивчає загальні метрологічні питання, незалежно від величин, що вимірюються.

Вона охоплює загальні теоретичні і практичні проблеми, що стосуються одиниць вимірювання, у тому числі застосування і забезпечення єдності вимірювань, використовуючи наукові методи, проблеми помилок і погрешностей під час вимірювань і проблеми метрологічних властивостей засобів вимірювань.

**Промислова метрологія** займається вимірюваннями на виробництві і контролем якості. Вона охоплює методи перевірки, періодичність перевірок, контроль процесу вимірювання і контроль засобів вимірювань у промисловості з метою забезпечення того, щоб їх стан відповідало вимогам до їх використання.

**Законодавча метрологія** охоплює сукупність взаємообумовлених норм, вимог і правил, спрямованих на забезпечення метрологічної єдності вимірів, що набувають правову обов'язкову силу. Це частина метрології, що підпадає під законодавчий/регуляторний контроль, тобто знаходиться під контролем відповідних органів державної влади.

Законодавство України про метрологію представлено у:

- ЗАКОНІ УКРАЇНИ від 5 червня 2014 року № 1314-VII “Про метрологію та метрологічну діяльність”. Закон регулює відносини, що виникають в процесі провадження метрологічної діяльності.
- ДСТУ 2681-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни і визначення.

## 4.2. Основні етапи розвитку метрології

Метрологія як наука й область практичної діяльності виникла в древні часи. Основою системи мір у слов'ян були давньоєгипетські одиниці вимірювань, а вони у свою чергу були запозичені в Древній Греції і Римі. Природно, що кожна система мір відрізнялася своїми особливостями, зв'язаними не тільки з епохою, але і з національним менталітетом.

Метрична система мір була уведена у Франції в 1840 році.

З розвитком науки і техніки були потрібні нові виміри і нові одиниці вимірювання, що стимулювало у свою чергу удосконалювання фундаментальної і прикладної метрології.

Спочатку прототип одиниць вимірювання шукали в природі, досліджуючи макрооб'єкти і їхній рух. Так, секундою стали вважати як частину періоду обертання Землі навколо осі. Поступово пошуки перемістилися на атомний і внутрішньоатомний рівень. У результаті уточнювалися "старі" одиниці (міри) і з'явилися нові.

У 1960 році прийнята Міжнародна система одиниць СІ (SI), де метр як одиниця довжини, що дорівнює 1650763,73 довжини хвилі випромінювання у вакуумі (криптоновий еталон метра).

У 1983 році було прийнято нове визначення метра: це довжина шляху, що проходить світло у вакуумі за  $1/299792458$  частку секунди. Це стало можливим після того, як швидкість світла у вакуумі (299792458 м/с) метрологи прийняли як

фізичну константу. Цікаво відзначити, що тепер з погляду метрологічних правил метр залежить від секунди.

У 1988 році на міжнародному рівні були прийняті нові константи в області вимірів електричних одиниць і величин, а в 1989 році прийнята нова Міжнародна практична температурна шкала МТШ-90.

У розвитку вітчизняної метрології виділяють декілька етапів:

Перший етап (до 1892 року) охоплює період від стихійного зародження метрологічної діяльності до створення єдиних еталонів.

Другий етап – Менделєєвський. Він охоплює проміжок часу 1892-1917 р.р. У цей період у Росії, а також в Україні впроваджується метрична система мір.

Третій етап розвитку метрології охоплює період 1918-1945 рр. і називається нормативним етапом. У цей період створюється нормативно-технічна документація різного рівня з метрології; вся інформація зосереджується у Головній палаті мір і ваг; здійснюється комплекс заходів щодо створення державної метрологічної служби. Починається впровадження Міжнародної метричної системи мір.

Четвертий етап розвитку метрології охоплює період з 1945 по 1980 роки. Цей післявоєнний етап характеризується інтенсивним розвитком метрологічної діяльності. З 1963 року Міжнародна система одиниць фізичних величин почала впроваджуватися як обов'язкова в усіх галузях науки, техніки та в народному господарстві. У 1967 році відбувається зародження кваліметрії. Відмінною особливістю четвертого етапу є повсюдне впровадження стандартизації як головної організаційно-правової форми забезпечення єдності вимірювання в країні.

На п'ятому етапі розвитку метрології, який охоплює 1980-1991 рр. приділяється значна увага проблемам вимірювання якості продукції. У цей період розвивається кваліметрія як розділ метрології. **Кваліметрія вивчає питання, пов'язані з вимірюванням якості продукції.** Метрологічні методи починають впроваджувати і використовувати при управлінні якістю продукції, вимірюванні нефізичних величин.

Шостим етапом розвитку метрології в незалежній Україні є розвиток метрології з 1992 року. Він пов'язаний зі створенням національної метрологічної системи, еталонної та вимірювальної бази. Здійснюється удосконалення кваліметрії, зароджується і впроваджується система відповідності продукції (сертифікації). Метрологічна наука спрямована на удосконалення стандартизації й управління якістю продукції в Україні.

Разом з розвитком фундаментальної і практичної метрології відбувалося становлення законодавчої метрології.

**Законодавча метрологія** – це розділ метрології, що включає комплекси взаємозалежних і взаємообумовлених загальних правил, а також інші питання, що потребують регламентації і контролю з боку держави, які спрямовані на забезпечення єдності вимірювання і однаковості засобів вимірювання.

Законодавча метрологія є засобом державного регулювання метрологічної діяльності за допомогою законів і законодавчих положень, що вводяться в практику через Державну метрологічну службу, метрологічні служби державних органів управління і юридичних осіб.

### 4.3 Фізичні величини та одиниці їх вимірювання

**Фізичною величиною** називають властивість фізичного об'єкта (явища, процесу), що є загальним у якісному відношенні для багатьох фізичних об'єктів, відрізняючись при цьому кількісним значенням.

*Характеристиками* фізичних величин є **розмір**, тобто кількість одиниць фізичної величини в даному об'єкті, виявлене вимірювальними випробуваннями, і **розмірність** – вираження, що зв'язує вимірювану величину з основними одиницями системи вимірювання при коефіцієнті пропорційності, рівному одиниці.

Одиниці вимірювання:

- основні одиниці системи СІ: метр, кілограм, секунда, Кельвін, Ампер, кандела, моль;
- похідні – засновані на основних одиницях.

Основні величини не залежні одна від одної, але вони можуть бути основою для встановлення зв'язків з іншими фізичними величинами, що називають похідними від них. Згадаємо формулу Ейнштейна:  $E = mc^2$ , до якої входить основна одиниця – маса, а енергія – це похідна одиниця, залежність між якою й іншими одиницями визначає дана формула.

Сукупність основних і похідних одиниць називається *системою одиниць фізичних величин*.

### Одиниці вимірювань

XI Генеральна конференція по мірах і вагам у 1960 році затвердила Міжнародну систему одиниць, що позначається **SI** (від початкових букв французької назви Systeme International d'Unites), українською мовою – **СІ**.

В наступні роки Генеральна конференція прийняла ряд доповнень і змін, у результаті чого в системі стало сім основних одиниць, додаткові і похідні одиниці фізичних величин, а також розробила наступні визначення **основних одиниць**:

- одиниця довжини – **метр** – довжина шляху, що проходить світло у вакуумі за  $1/299792458$  частку секунди;
- одиниця маси – **кілограм** – маса, що дорівнює масі міжнародного прототипу кілограма;
- одиниця часу – **секунда** – тривалість 9192631770 періодів випромінювання, що відповідає переходові між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133 при відсутності збурювання з боку зовнішніх полів;
- одиниця термодинамічної температури – **Кельвін** -  $1/273,161$  частина термодинамічної температури потрійної точки води. До 1967 р. одиниця

іменувалася градус Кельвіна. Допускається також застосування шкали Цельсія;

- одиниця сили електричного струму – **Ампер** – сила струму, що не змінюється при проходженні по двох рівнобіжних провідниках нескінченної довжини і мізерно малого кругового перетину, розташованими на відстані 1 м один від іншого у вакуумі, створив би між цими провідниками силу, рівну  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на кожен метр довжини;
- одиниця кількості речовини – **моль** – кількість речовини системи, що містить стільки ж структурних елементів, скільки атомів утримується в нукліді вуглецю-12 масою 0,012 кг;
- одиниця сили світла – **кандела** – сила світла в заданому напрямку джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, енергетична сила якого в цьому напрямку складає Вт/ср; 1/683 ват на стерадіан – одиниця (похідна) енергетичної сили світла. Стерадіан (ср) – одиниця вимірювання тілесного (просторового кута).

Міжнародна система SI вважається найбільш досконалою й універсальною в порівнянні з попередніми. Крім основних одиниць, у системі SI є **додаткові одиниці** для вимірювання плоского і тілесного кутів – радіан і стерадіан відповідно, а також велика кількість похідних одиниць простору і часу, механічних величин, електричних і магнітних величин, теплових, світлових і акустичних величин, а також іонізуючих випромінювань.

Система SI охоплює також дві додаткові одиниці плоского (радіан) і тілесного (стерадіан) кутів:

— радіан — кут між двома радіусами кола, довжина дуги між якими дорівнює радіусу;

— стерадіан — тілесний кут з вершиною у центрі сфери, який вирізає на її поверхні площу, що дорівнює площі квадрата зі стороною, рівною радіусу сфери.

Похідні одиниці SI утворюють з основних і додаткових одиниць за певними правилами. Так, електричні і магнітні одиниці SI створюють відповідно до раціоналізованої форми рівняння електромагнітного поля. Похідні одиниці SI, які мають спеціальні назви, використовують для утворення інших похідних одиниць. Застосовують також похідні одиниці, пов'язані з іншими за допомогою системи простих рівнянь, у яких числові коефіцієнти дорівнюють одиниці, наприклад:

$$[V]=[S]/[t]=1 \text{ м/с}, \quad (2)$$

де  $V$  — швидкість;  $S$  — довжина пройденого шляху;  $t$  — час руху точки.

Підставивши замість *Si fix* одиниці, отримують значення 1 м/с. Отже, одиниця швидкості (метр за секунду) дорівнює швидкості прямолінійного і рівномірного руху точки, при якому ця точка за 1 с переміщується на відстань 1 м.

Похідні одиниці SI утворюють також на основі законів, які встановлюють зв'язок між фізичними величинами, або рівнянь, за якими визначають фізичну величину. Наприклад, для визначення електричної напруги використовують рівняння:

$$U = P/I, \quad (3)$$

де  $P$  — потужність струму, Вт;  $I$  — сила струму, А.

Отже, основні і похідні одиниці тісно взаємопов'язані (рис. 4.1).

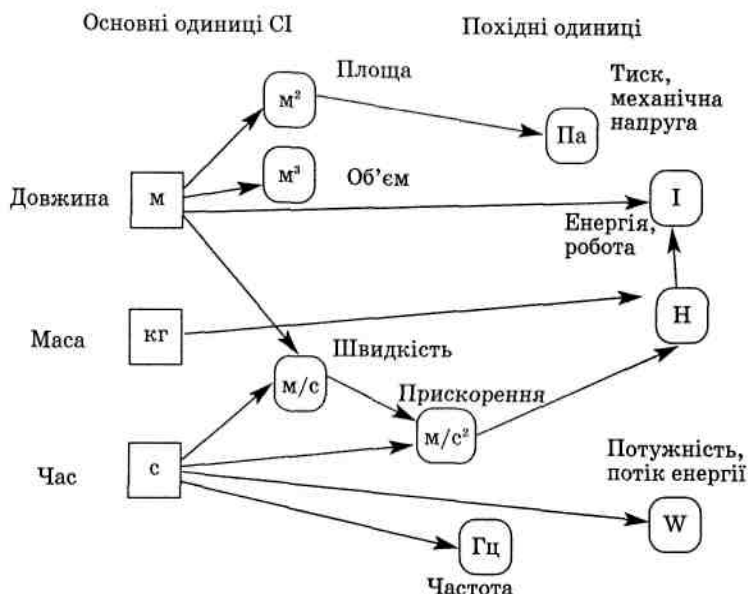


Рис. 4.1. Структура зв'язку між основними і похідними одиницями

Одночасно з основними та похідними одиницями системи СІ допускається використання десяткових кратних і частинних одиниць, створених множенням вихідних одиниць СІ на число  $10^n$ , де  $n$  може бути додатним і від'ємним цілим числом (вихідними є одиниці, назва яких утворена без префіксів). У табл. 4.1 наведено префікси і множники, які застосовують для створення десяткових кратних і частинних одиниць від одиниць СІ. Використання кратних частинних одиниць дає змогу чітко представляти значення фізичних величин із різних галузей знань, але їх не слід вважати вичерпними, оскільки вони не завжди охоплюють діапазони вимірів фізичних величин (наприклад, відстані до невідомих зірок, концентрація окремо взятої забруднюючої речовини в рослині).

При використанні кратних, частинних одиниць від одиниць СІ необхідно вдаватися до рекомендацій довідкової літератури, зокрема основних:  
—кратні і частинні одиниці використовувати переважно для вимірюваного значення величини;

- одночасно застосовувати мінімальну їх кількість;
- у деяких випадках, коли числові значення виходять за межі діапазону від  $10^{-1}$  до  $10^3$ ,
- раціонально послуговуватися однією (кратною, частинною) величиною (наприклад, лінійними розмірами у міліметрах на кресленнях).

Незважаючи на переваги і повноту системи СІ, існує велика кількість одиниць, які до неї не входять. Їх використання пов'язане з раціональністю застосування, історичними традиціями тощо. Такими одиницями послуговуються з обмеженням або без обмеження терміну дії. Наприклад, поширені такі одиниці: тонна (одиниця маси), яка в перспективі заміниться на мегаграм (термін дії обмежений); літр (одиниця об'єму), що замінена на кубічний дециметр; хвилина, година, доба (одиниці часу), одиниці часу пов'язані з астрологічним явищем (обертанням Землі навколо Сонця) і тому не можуть бути повністю вилучені із використання.

Застосування відносних і логарифмічних одиниць обмежені певним терміном тому, що вони не пов'язані із системами одиниць (не залежать від вибору основних одиниць і у всіх системах залишаються незмінними).

Таблиця 4.1

Префікси і множники для утворення десяткових кратних і частинних одиниць

Множник	Префікси	Позначення префікса	
		українське	міжнародне
$10^{18}$	екса	Е	E
$10^{15}$	пета	П	P
$10^{12}$	тера	Т	T
$10^9$	гіга	Г	G
$10^6$	мега	М	M
$10^3$	кіло	к	k
$10^2$	гекто	г	h
$10^1$	дека	да	da
$10^{-1}$	деци	д	d
$10^{-2}$	санті	с	c
$10^{-3}$	мілі	м	m
$10^{-6}$	мікро	мк	$\mu$
$10^{-9}$	нано	н	n
$10^{-12}$	піко	п	p
$10^{-15}$	фемто	ф	f
$10^{-18}$	атто	а	a

У деяких галузях застосовують англійську (дюймову) систему мір — сукупність одиниць фізичних величин, основою якої є одиниця довжини ярд (1 ярд = 36 дюймам). За міжнародною згодою прийнято, що дюйм дорівнює 0,0254 м.

Запровадження Міжнародної системи СІ сприяло по-розумінню при використанні одиниць фізичних величин, що є необхідною складовою процедури вимірювання в будь-якій галузі виробництва, науки, охорони навколишнього природного середовища. Так, наприклад, для вирішення екологічних проблем регіонального чи світового масштабу необхідно оперувати інформацією про атмо-сферне повітря, забруднення Світового океану, поширення інфекцій, вираженою у певних одиницях. Значення і розмірність фізичних величин мають бути зрозумілими науковцям різних країн.