

## Вступ

Ефективність управління виробництвом теплоти і електричної енергії на ТЕС та АЕС багато в чому визначається якістю вимірювальної інформації. Для її отримання використовують такі інструменти технічного регулювання як метрологія, стандартизація та сертифікація. Метрологія як наука про вимірювання створює інформаційну та технічну основи стандартизації і сертифікації, на яких ґрунтується управління якістю продукції, технологічних процесів та режимів експлуатації обладнання.

Якість виробництва електроенергії і теплоти на ТЕС та АЕС обумовлюється рівнем технічної досконалості основного і допоміжного обладнання, механізацією, автоматизацією, оптимізацією його роботи та безпекою. Складовими технологічними процесами є: одержання і перетворення теплоти палива (підготовка, спалення, генерація пари, транспортування та видалення у довкілля технологічних відходів – газових та твердих вогнищевих залишків тощо).

Відповідність режимів роботи енергетичного обладнання, характеристик технологічних процесів ТЕС та АЕС вимогам нормативно-технічної документації (НТД), безпеки праці та екологічної безпеки визначається завдяки вимірювальній інформації. Параметри пари (тиск 23,54 МПа, температура 540 °С), значні одиничні потужності енергоблоків та неперервне виробництво обумовлюють необхідність впровадження сучасних систем управління. Такі системи потребують великих обсягів вимірювання технічних, технологічних, техніко – економічних та екологічних показників (для енергоблоків потужністю 200 та 300 МВт – на рівні 600–750 та 1000–1200 одиниць, відповідно).

Досвід експлуатації енергоблоків показує, що необхідний рівень якості вимірювальної інформації досягається через залучення широкого кола технічних працівників основних цехів та технічних служб електростанції,

зокрема інженерів-теплоенергетиків. Ефективність їх роботи визначається рівнем інтеграції знань енерговиробництва та його метрологічних основ.

У відповідності з діючими освітніми стандартами у складі професійних дисциплін навчального плану підготовки спеціалістів-теплоенергетиків з 2000 року передбачена дисципліна «Метрологія та стандартизація». Так створилась класична дидактична закономірність опанування знань, умінь і навичок через логічні операції дедукції та індукції шляхом послідовного вивчення дисциплін «Метрологія та стандартизація» та «Теплотехнічні вимірювання та прилади». Однак в Україні навчальна-методична література з метрологічних основ теплоенергетичної галузі майже повністю відсутня.

Дисципліна «Метрологія та стандартизація» є науковою основою метрологічного забезпечення енерготехнології на електростанціях і рівень метрологічної підготовки інженера – теплоенергетика має відповідати його провідній ролі на ТЕС і АЕС як технолога енерговиробництва. Галузева теплоенергетична направленість дисципліни досягається її широкими дисциплінарними зв'язками із спеціальними дисциплінами, які формують науково-теоретичні основи спеціальності.

Підручник «Метрологія та стандартизація в теплоенергетиці» сприятиме майбутньому інженеру-теплоенергетику після опанування спеціальних дисципліни не лише грамотно користуватись вимірювальною технікою та дотримуватись правил і норм метрологічного забезпечення енерготехнології, а й брати активну участь в його удосконаленні із урахуванням досягнень метрологічної науки, вимірювальної техніки та енерготехнології.

Підручник містить 13 глав, підготовлених колективом авторів:

Л.О. Кесовою, В.І. Промоскалем, В.В. Червоним. Загальне редагування проведено Л.О. Кесовою.

По главах матеріал підручника подається таким чином:

Перша глава – визначення понять метрології, стандартизації і сертифікації (потрійного союзу управління якістю), предмету, методу, засобів і принципів метрології та її місця в системі наук.

Розглянуто емпіричні методи пізнання, зв'язки між ними та місце

вимірювань серед них. Наведено базові метрологічні терміни з міжнародних (ISO), міждержавних (ГОСТ) та державних (ДСТУ) стандартів у відповідності до сучасного стану метрології.

Друга глава дає поняття властивості об'єктів та їх класифікацію. Визначаються основні поняття метрології: фізична величина (ФВ), її рід, розмір, значення, числове значення, одиниця. Розглядаються неархімедові, векторні та скалярні (пропорційні, адитивні, інтервальні та відносні) фізичні величини; на загальносмысловому рівні наведено їх класифікація за характером виявлень розмірів ФВ, належності до різних груп фізичних процесів тощо.

Третя глава містить найзагальніші виявлення властивостей у відношеннях еквівалентності, порядку та адитивності, у комбінаціях таких відношень класифікуються реалізації різних емпіричних методів їх пізнання. Наводяться приклади класифікацій за дихотомічними ознаками вогнищевих залишків, летучої золи, теплоти спалення палива, приклади використання результатів лічби (вимірювання), об'єктів із класів еквівалентності для розрахунку технологічних, техніко-економічних та екологічних показників роботи складових та енергоблоку в цілому.

Четверта глава надає шкали вимірювань, які сприяють вивченню як кількісних, так і якісних властивостей. Приділяється увага неметричним шкалам, які досить широко використовуються в енерготехнологіях на ТЕС та АЕС: шкали назв (вогнищевих залишків, вугільних кусків та частинок пилу, частинок летучої золи та золошлакових матеріалів (ЗШМ), радіонуклідів тощо); шкали порядку: (оцінки закругленості частинок ЗМШ, міжнародна шкала оцінки небезпеки подій на АЕС, шкала твердості чорних і кольорових металів тощо).

Метричні шкали репрезентовані шкалами інтервалів (шкали часу, шкали умовних температур), шкалами відношень (термодинамічна температурна шкала ТТШ, абсолютна АТТШ, міжнародна температурна шкала МТШ-90, та шкала потужності поглиненої дози іонізуючого випромінювання). На прикладі поширеної в теплоенергетиці шкали помелоздатності кам'яного

вугілля, більш докладно розглядається абсолютна шкала. Наведено порівняльний аналіз шкал вимірювання.

П'ята глава містить інформацію про системи ФВ та системи їх одиниць. Розглядаються вибір ФВ, утворення метричної системи мір величин та основні етапи історії метричної системи. Показано використання в метрологічній практиці регламентованих рівнянь зв'язків між ФВ і між числовими значеннями ФВ, а також основного рівняння вимірювання для утворення похідних величин та одиниць SI і переходу від однієї системи мір до іншої. Наведено позасистемні одиниці та правила утворення десяткових та часткових одиниць. Суттєво розширено розгляд аналізу розмірностей, який використовується в дослідницькій практиці багатьох областей фізики та складових теплоенергетики (механіка, тепломасообмін, гідрогазодинаміка). Визначено умови використання теорії розмірностей та теорії подібності.

Шоста глава надає класифікацію видів вимірювань за різними ознаками. Наголошується на принципових відмінностях між прямими та непрямими, опосередкованими та сукупними (сумісними), а також між сумісними та сукупними вимірюваннями. Надані основні характеристики (принцип, метод, похибка, невизначеність) вимірювання та цілий ряд понять, що визначають характеристики якості вимірювань згідно з ДСТУ 2681-94 та ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1...6:2005.

Сьома глава присвячена методам вимірювання та їх класифікації. Наведені приклади методів вимірювання в теплоенергетиці (рівня води в барабані котла, деаераторах і підігрівачах, швидкості та витрати рідин (газу, пари, повітря, мазуту) звужувальними та напірними пристроями тощо).

Виконані класифікація методів вимірювання за різними ознаками. Більш детально розглянута класифікація методів за способом порівняння вимірюваної ФВ з одиницею: методи опосередкованого порівняння (МОП) та методи безпосереднього порівняння (МБП) вимірюваної величини з мірою. За наявністю чи відсутністю зрівноваження методи МБП поділяються на методи зіставлення та методи зрівноваження вимірюваної величини з мірою.

У восьмій главі викладаються загальні відомості про похибки

вимірювання та невизначеності вимірювання результатів, які водночас запроваджуються в сучасній вітчизняній метрологічній практиці; надаються їх класифікації за різними класифікаційними ознаками.

Глава дев'ята присвячена оцінюванню випадкових похибок та результатів вимірювання через їх розподіли (нормальний розподіл, розподіл Стюдента); аналізуються статистичні вибірки та підсумовуються складові випадкових похибок.

У десятій главі розглядаються оцінювання систематичних похибок, їх виявлення (графічні та статистичні), усунення причин похибок, їх вилучення в процесі вимірювання та корекцією результату останнього.

У главі XI розглядаються методичні та нормативні аспекти об'єднання (підсумовування) систематичних та випадкових похибок, знехтування однією із них в процесі оброблення результатів прямих (однократних, багатократних і їх рядів), а також непрямих (опосередкованих та сумісних) вимірювань.

У главі XII наводяться методи оцінювання складових невизначеностей (стандартної, сумарної, розширеної та відносної), їх форми та подання.

У главі XIII надані загальні засади стандартизації і, зокрема, її загально визнані поняття сутності, теоретичні і методичні основи, категорії і види стандартів та міжнародні організації зі стандартизації.

В основу підручника покладені навчально-методичні розробки авторів із методичного забезпечення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також самостійної роботи студентів з дисциплін «Метрологія та стандартизація» і «Теплотехнічні вимірювання та прилади», передбаченими навчальним планом підготовки інженерів-теплоенергетиків по спеціальності «Теплові електричні станції та установки».

## Розділ 1. Предмет «Метрологія та стандартизація»

### 1.1. Метрологія та її місце в системі наук

Метою будь-якого виробництва являється випуск якісної продукції (товару, виробу, послуги, науково-обґрунтованої ідеї, професійно оформленого документу, підготовленого інженера тощо). Міжнародний стандарт ISO 8402 визначає *якість як сукупність характеристик об'єкта, які відносяться до його здібності задовольняти обумовлену або передбачену потребу*. Терміном «об'єкт» тут визначено усе, що може бути індивідуально розглянуто та описано, тобто товар (виріб), послуга, процес, система. Для ТЕС та АЕС таким об'єктом є енергоблок, як складна технічна система, в якій реалізується процес перетворення теплоти палива в кінцевий товар. Товар енерговиробництва на енергоблоці – це відпущені споживачу теплота та електроенергія, характеристиками якості яких є їх параметри (температура, тиск, кількість теплоти, електрична напруга, частота, кількість електроенергії тощо).

Сьогодні дедалі знаходить визнання концепція загального управління якістю TQM (Total Quality Management), головним принципом якої є стратегічна орієнтація на споживача. Управління якістю ґрунтується на потрібному союзі *метрології*<sup>1</sup>, *стандартизації*<sup>2</sup> та *сертифікації*<sup>3</sup> (підтвердження відповідності) [1].

Управління якістю товару (виробу) неможливо уявити без контролю його виробництва, який ґрунтується на обліку багаточисельних результатів *вимірювань* параметрів технологічного процесу перетворення теплоти палива в його кінцевий товар. Вимірювання, методи та засоби забезпечення їх *єдності*<sup>4</sup>, а також способи досягнення необхідної точності вимірювань вивчає

---

<sup>1</sup>*Метрологія* – (гр. metron – міра + logos – наука) наука про вимірювання[2].

<sup>2</sup>*Стандарт* – (англ. standart) – взірць, еталон, модель.

<sup>3</sup>*Сертифікат* – (фр. certificate – лат. certum вірно + facere – робити) – документ, який підтверджує якість товару [3].

<sup>4</sup>*Єдність вимірювань* – стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в узаконених.

наука, яка називається метрологією.

*Предмет метрології* – здобуття кількісної інформації з заданими точністю і достовірністю про властивості об'єктів і процесів.

*Методи метрології* – це методи вимірювання, відтворення величин із заданими розмірами, порівняння величин, вимірювальних перетворень, оброблення спостережень, планування вимірювального експерименту.

*Засоби метрології* – сукупність засобів вимірювань, контролю та метрологічних стандартів, які забезпечують їх раціональне використання.

*Принципи метрології* реалізуються в діяльності, яка забезпечує необхідну якість вимірювань, зокрема, їх єдність та достовірність.

Метрологія створює *інформаційну та технічну основу* для управління якістю продукції; *нормативну базу* систем якості складають стандарти.

*Стандарт* – це нормативно-технічний документ (НТД), розроблений з метою досягнення оптимального ступеня упорядкування у визначеній ситуації, в якому установлюються загальні правила для багатократного використання та принципи (характеристики), що стосуються різних видів і результатів діяльності.

*Стандартизація* – це діяльність, яка направлена на досягнення упорядкування у сферах виробництва та обігу продукції і підвищення конкурентної здібності робіт (послуг) шляхом установлення правил і характеристик для їх багатократного використання.

Постійне ускладнення продукції та зростання різноманітних послуг, проблеми захисту інтересів споживачів і контролю безпеки продукції, робіт та послуг виявили необхідність в гарантіях відповідності їх якості заявленим нормам.

*Сертифікація (підтвердження відповідності)* – це документальне підтвердження відповідності вимогам нормативних документів продукції, процесів виробництва, експлуатації, зберігання, перевозки, реалізації, утилізації, виконання робіт, надавання послуг.

---

одинацях і похибки вимірювань відомі із заданою ймовірністю[2, 3].

Метрологія та стандартизація виникли практично водночас і розвивались паралельно. Коли в якій-небудь країні устанавлювався достатньо сильний державний апарат, він брав під свій контроль національні одиниці вимірювань та міри, які їх матеріалізували. Це обумовило необхідність устанавлення єдиних норм і правил, тобто створення нормативних документів, в тому числі стандартів. Реалізація вимог стандартів неминуче пов'язана з виконанням вимірювань. Разом с тим, метрологія наскрізь пронизана стандартизацією: одиниці вимірювань та правила їх застосування, методи передавання розмірів одиниць від державних еталонів і парку установок вищої точності, засоби вимірювань стандартизовані. Діяльність метрологічних служб регламентована стандартами Державної системи забезпечення єдності вимірювань [3].

Система сертифікації спирається на єдність вимірювань в країні, оскільки у процесі реалізації процедури підтвердження відповідності проводиться перевірка виконання вимог стандартів та інших нормативних документів, які звичайно утримують метрологічні норми.

**Тісні і багатогранні** взаємозв'язки метрології, стандартизації та сертифікації, обумовили по меншій мірі два результати. *По-перше, державна політика формується та реалізується єдиним органом виконавчої влади – Департаментом технічного регулювання при Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України, за всіма трьома напрямками; згідно з Указом Президента України (№634/2011 від 31.05.2011 року) він є спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері захисту прав споживачів, метрології, стандартизації та сертифікації.* По-друге, у відповідності з діючими освітніми стандартами у навчальних планах підготовки багатьох спеціалістів ВНЗ України, в тому числі і інженерів-теплоенергетиків, передбачена навчальна дисципліна «Метрологія та стандартизація».

Звичайно метрологію представляють як науку та галузь діяльності, яка складається з трьох взаємопов'язаних розділів – теоретичного, законодавчого



та прикладного.

*Теоретична (фундаментальна) метрологія* вивчає та розробляє наукові основи (теорія вимірювань, їх шкал, проблеми установалення систем величин та одиниць, теорія первинних засобів вимірювання (еталонів), точності вимірювань тощо).

*Законодавча метрологія* включає взаємопов'язані юридичні та науково-технічні питання, що потребують регламентації зі сторони держави з метою забезпечення єдності вимірювань.

*Прикладна (практична) метрологія* розробляє питання практичного застосування положень теоретичної та законодавчої метрології.

В останні десятиліття метрологія активно проникає в нові для себе області: випробування і контроль якості продукції, кібернетика і системотехніка, охорона здоров'я та довкілля, соціологія і психологія, педагогіка і спорт та ін. На черзі вимірювання таких властивостей, як блиск, глянець, запах, смак тощо. Стали вимірювати не тільки величини, які включені в Міжнародну систему одиниць (SI), але й властивості, що не описуються фізичними законами. Деякі із вимірюваних властивостей не є величинами, тому що носять не кількісний, а якісний характер [4].

Багатогранність метрології визначила її особливе місце в системі наук. Головною особливістю метрології, яка виділяє її серед інших прикладних наук, являється велика кількість принципів положень, установлених умовно, по угоді: вибір системи одиниць, розміри основних одиниць, методики виконання вимірювань (МВВ), нормальні (стандартні) умови вимірювань тощо. Для забезпечення єдності вимірювань у державі і захисту інтересів споживачів розроблені юридичні акти, які мають правову основу. Забезпечення єдності вимірювань завжди було і залишається природною державною монополією і здійснюється за підтримки і під наглядом державних органів управління. Саме тому, на відміну від більшості інших наукових дисциплін, метрологія має у своєму складі законодавчий розділ.

Метрологія стала такою наукою, на досягнення, засоби та методи якої

спираються у своєму розвитку як фундаментальні, так і прикладні наукові напрямлення. Розвиток наукових теорій та їх практичне застосування без первинної інформації, яку одержують шляхом вимірювання у процесі наукового емпіричного пізнання неможливі. Тому метрологія має зв'язок зі всіма науковими дисциплінами. В цьому відношенні слід відзначити взаємозв'язок та взаємообумовленість розвитку теплоенергетики та її метрологічного забезпечення. З одного боку, фундаментальні основи теплоенергетики (термодинаміка, теорія теплоти та гідрогазодинаміка) використовується в теоретичній і прикладній метрології. За їх допомогою опрацьовані методи вимірювання температури (контактна та безконтактна термометрія) і теплових величин, які підлягають обліку чи контролю енергозбереження (тепловий потік, кількість теплоти, витрати і маси рідинних та газових середовищ). З іншого боку, досягнення з метрологічного забезпечення температурних та теплових вимірювань, результати більшості яких є режимно-технологічними параметрами чи показниками енерговиробництва на ТЕС та АЕС, сприяють подальшій оптимізації та підвищенню його якості.

У метрології багато загального з кібернетикою. Сучасні вимірювальні інформаційні системи – це складний комплекс обладнань, який виконує функції сприйняття інформації про досліджуваний об'єкт, оброблення, зберігання та видачі вимірювальної інформації. Науковий розвиток таких комплексів ґрунтується, з одної сторони, на досягненнях кібернетики, а з іншої – на успіхах радіоелектроніки, вимірювальної та обчислювальної техніці. Взаємозбагачуючий вплив метрології і кібернетики обумовлений єдністю цілей, рішенням проблем надійності та якості.

Сукупність досягнень методів та засобів метрології по суті є технологією для одержання точної і достовірної інформації про властивості досліджуваних об'єктів та явищ. Метрологія, вимірювання, одержання вимірювальної інформації є початковою частиною багатьох технологій вже на початку розвитку напрямлень діяльності, які об'єднуються поняттям

«інформаційні технології». Вимірювальна інформація являється вхідною для різних систем її передавання та оброблення.

## **1.2. Місце вимірювань серед загальнонаукових методів пізнання**

Згідно з матеріалістичною теорією пізнання (гносеологією) джерелом пізнання, сферою, звідки воно отримує свій зміст, є об'єктивна реальність, існуюча незалежно від свідомості (як індивідуальної так і суспільної). Пізнання реальності – є процесом творчого *відображення* її в свідомості людини. Принцип відображення виражає сутність матеріалістичного розуміння процесу пізнання.

*Метод наукового пізнання* – це спосіб побудови та обґрунтування системи наукових знань або сукупність і послідовність прийомів і операцій, за допомогою яких вони здобуваються.

Методи наукового пізнання за ступенем їх спільності, тобто за широтою застосування в процесах наукового дослідження прийнято розділяти на три групи:

- загальні методи пізнання – це загально філософські методи закони (діалектичний та метафізичний), що використовуються в усіх науках;
- загальнонаукові методи пізнання поширюються на споріднені групи фундаментальних суспільних і технічних наук;
- методи конкретної науки, наприклад, методи метрології.

Змістом діалектичного методу є широке узагальнення накопичених людством наукових знань. Він формує методологічну основу пізнання усіх предметів та явищ, які вивчаються природними, соціальними та технічними науками і визначає логічну і філософську сутність суспільно-наукових методів пізнання. Метафізичний метод в середині XIX ст. почав все більше витіснятися з природознавства діалектичним методом. Загальнонаукові методи мають досить широкий міждисциплінарний спектр застосування. Класифікація таких методів тісно пов'язана з розумінням рівнів наукового

пізнання, включає два рівня наукового пізнання: емпіричний і теоретичний.

До емпіричних методів пізнання належать спостереження, порівняння, лічба, контроль, вимірювання, ідентифікація та науковий експеримент [5].

*Спостереження* – цілеспрямоване та організоване *відбиття* зовнішніх структурних характеристик об'єкту. Воно є найбільш доступним і простим методом пізнання, реалізується як органами чуття людини (дотику, нюхання, слуху, зору, смаку), так і спеціальними технічними засобами. Спостереження – це початковий метод емпіричного пізнання, який дозволяє одержати певну первинну інформацію про об'єкт, що вивчається, і завжди супроводжується його описом. Такі описи утворюють емпіричну базу відповідної науки, спираючись на яку дослідники складають емпіричне узагальнення об'єктів, здійснюють їх класифікацію. Таким чином спостереження є складовою частиною усіх емпіричних методів пізнання. Основна умова наукового спостереження – це об'єктивність.

*Порівняння* – зіставлення об'єктів по їх схожості чи відмінності. Методом порівняння виявляють те, що є загальним і більш суттєвим для ряду об'єктів. В метрології порівняння – це вимірювальна операція, що полягає у *відображенні* співвідношення між розмірами двох однорідних фізичних величин відповідним властивостям: більша, менша чи однакова за розміром.

*Контроль-відбиття* якісної сторони властивості об'єкта, під час якого виявляється відповідність між його станом за даною властивістю і нормою. Результатом контролю є якісна характеристика як висновок про знаходження об'єкту в нормі чи поза неї.

*Лічба – відбиття* кількісної властивості сукупності якісно однакових емпіричних об'єктів. Лічбою виявляється взаємно однозначна відповідність між сукупністю об'єктів по їх кількості і числом з натурального ряду чисел. При здійсненні лічби необхідно відрізнити окремо кожний об'єкт.

*Вимірювання -відображення* вимірюваних кількісних властивостей обмеженим рядом іменованих натуральних чисел. Таке відображення властивостей робить їх суттєво інформативнішими в порівнянні з іншими

методами пізнання. Вимірювання забезпечує безпосередній зв'язок між експериментом і теорією, високу достовірність наукових досліджень та якість продукції сучасного виробництва. Вимірювання і контроль близькі за своєю інформаційною сутністю, мають ряд загальних операцій (наприклад, порівняння, вимірювальне перетворення), тісно пов'язані між собою та доповнюють одне одним. Контроль є попередник вимірювання. Процедури вимірювання та контролю багато в чому суттєво різняться і першу за все результатом: результат вимірювання є кількісна, а контролю – якісна характеристика об'єктів.

Споріднені за своєю інформаційною сутністю є процедури вимірювання та лічби. Вони являються джерелом кількісної інформації про об'єкти. Кількісною стороною результатів лічби (кількість об'єктів) та вимірювання (розмір, інтенсивність властивості) є число.

#### **Відмінності вимірювання та лічби:**

- лічба – це визначення кількості однорідних об'єктів, а не їх властивостей; вимірювання – це визначення властивості об'єктів, а не їх кількості;
- одиниця лічби характеризує кожний із об'єктів тільки з якісної сторони (назви об'єкту), наприклад, 5 енергоблоків; одиниця вимірювання має якісну (назва одиниці) та кількісну (розмір одиниці – м, км) сторони;
- на відміну від вимірювання та контролю, похибки яких теоретично неминучі, лічба являє собою безпохибкову процедуру.

*Ідентифікація* (від. лат. *identificare* – ототожнювати) являється *відбиттям* залежностей між величинами числовими аналітичними моделями, які характеризують емпіричний об'єкт. Це поширена інформаційна процедура, метою якої є віднесення на основі виявлення і аналізу характерних можливостей об'єкта до того чи іншого класу. Ідентифікація починається з класифікації даного емпіричного об'єкту та тісно пов'язана і перемежується з процедурами вимірювання. Наприклад, ідентифікація випадкового процесу на етапі виявлення характеру його розподілу може буди

реалізовано шляхом порівняння ординат відповідних кривих розподілу даного процесу та найбільш поширених законів (наприклад нормального закону); таким порівнянням визначається з яким законом розподілу ідентичний розподіл «розпізнавального» процесу.

*Науковий експеримент* передбачає цілеспрямований контрольований вплив дослідника на об'єкт з метою виявлення і вивчення його властивостей, зв'язків. Таким чином, емпіричні методи пізнання поділяються на методи якісних (спостереження, порівняння, контроль) та кількісних (лічба, вимірювання, ідентифікація та науковий експеримент) оцінок. Найбільш важливе значення серед усіх експериментальних методів пізнання має вимірювання, за допомогою якого одержують важливу кількісну вимірювальну інформацію і забезпечують ефективну реалізацію усіх емпіричних методів пізнання. експерименту.

### **1.3. Базові метрологічні терміни та їх визначення**

Багато положень метрології узаконені міжнародними конвенціями та діють у вигляді міжнародних, міждержавних та національних стандартів, до яких відносяться, наприклад:

- затверджені міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) понад 13 тисяч міжнародних стандартів, один з них ISO 5168:2005. «Вимірювання потоку рідини і газу. Процедура оцінки невизначеності»;
- міждержавний стандарт, наприклад, ДСТУ 3401-97 (ГОСТ 30486-97) «Енергозбереження. Методи та засоби вимірювання теплових величин»;
- рекомендації по міждержавній стандартизації наприклад, РМГ 29-99:2001. ГСИ Метрологія. Основні терміни та визначення;
- державний стандарт України наприклад, ДСТУ 3518-97. Термометрія. Терміни та визначення.

Розширення сфери застосування метрології у нових областях вимірювань показали, що деякі основні поняття метрології потребують

переусвідомлення, узагальнення, актуалізації.

За останні роки розгорнулася широка дискусія щодо розширення поняття «вимірювання» на будь-які величини, параметри, показники, котрі підлягають не тільки фізичному (на основі об'єктивно існуючих закономірностей), а й *тестовому*<sup>5</sup> «шкалюванню»<sup>6</sup> [6].

За допомогою такого тестування визначається клас відношень еквівалентності та порядку (наприклад, шкала *градацій*<sup>7</sup> здібностей або почуттів людини тощо). Так проходить формування метрологічного підходу до вивчення та опису біологічних, психологічних, соціальних (в тому числі економічних) систем. Ряди градувальників протиставлень використовуються і у теплоенергетиці (характеристики плавкості золи, гранулометричного (фракційного) складу вугілля, його пилу, летючої золи, ефективності золоуловлювачів тощо). Пропонується навіть поширити поняття «вимірювання» на лічбу та нумерацію подій, факторів, об'єктів, не дивлячись на те, що *вимірювання – це визначення властивостей об'єктів, а не їх кількості, а лічба – це визначення кількості об'єктів, а не їх властивостей*. З'явився термін «вимірювання в широкому розумінні», яким охоплюється будь-які операції приписування об'єкту числа незалежно від його характеру та змісту таких операцій. За таких умов поєднування операцій приписування об'єктам числа проводиться за єдиним правилом: число, відповідне визначеному об'єкту, знаходиться по визначеній *шкалі вимірювання*, яка встановлюється спеціально (див. табл. 1.1).

Аналіз апарату метрологічних понять, які використовуються в НТД Державної системи забезпечення єдності вимірювань, показує, що він помітно відстає від потреб практики, яка сьогодні реалізує системи вимірювань. Більш того, багато з яких документально зафіксованих понять

---

<sup>5</sup>*Тест* (англ. test – дослідження, випробовування, випробування) – завдання у стандартній формі, за результатом якого можна судити про психофізіологічні та особисті характеристики, а також про знання, вміння, навички випробуваного.

<sup>6</sup>*Шкалювання* – процедура чи методика, що використовується під час вимірювання (ідентифікується з поняттям шкали вимірювання).

<sup>7</sup>*Градація* (лат. gradatio – поступове підвищення, gradus – ступень, східець) – послідовність, поступовість в розташуванні (розміщенні) чого-небудь, при переході від одного до іншого.

не відповідають суті концептуальних положень теорії вимірювань. Це, перш за все, відноситься до рекомендацій РМГ 29-99 та до стандарту ДСТУ 2681-94.

В табл. 1.1 наведені терміни та визначення з РМГ 29-99 та ДСТУ 2681-94. Однак у випадках, коли вони недостатньо коректні чи явно застарілі, рядом надані відповідні формулювання, які відповідають сучасному стану метрології. У своїй більшості ці матеріали запозичені з рекомендацій РМГ 83-2007.

Таблиця 1.1. Базові метрологічні терміни та їх визначення

| Нормативний документ  |   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| а) ДСТУ 2681-94; б) РМГ 29-99   | в) РМГ 83-2007  |
| <p>1а. <i>Вимірювання</i> – відображення вимірюваних величин їх значенням шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів.</p> <p>1б. <i>Вимірювання фізичної величини</i> – сукупність операцій застосування технічного засобу, який зберігає одиницю ФВ, забезпечує знаходження співвідношення (в явному чи неявному вигляді) вимірюваної величини з її одиницею та одержання значення цієї величини.</p> | <p>1в. <i>Вимірювання</i> – порівняння конкретного виявлення вимірюваної властивості (вимірюваної ФВ) зі шкалою (частиною шкали) вимірювань цієї властивості (величини) з метою одержання результату вимірювання (оцінки властивості чи значення величини).</p> |
| <p>2а. <i>Кількісний принцип вимірювання</i> – рівноінтервальність відображення розміру адитивної вимірюваної величини її числовим значенням.</p> <p>2б. <i>Принцип вимірювань</i> – фізичне явище чи ефект, яке покладене в основу вимірювань.</p>   |   |
| <p>3а. <i>Метод вимірювання</i> – сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципу вимірювання для створення вимірювальної інформації.</p> <p>3б. <i>Метод вимірювань</i> – прийом або сукупність прийомів порівняння вимірюваної величини з її одиницею у відповідності з реалізованим принципом вимірювання.</p>  | <p>3в. <i>Метод вимірювання</i> – прийом або сукупність прийомів порівняння конкретного виявлення вимірюваної властивості (вимірюваної величини) зі шкалою вимірювань цієї властивості (величини).</p>  |
| <p>4а. <i>Об'єкт вимірювання</i> – матеріальний об'єкт, одна чи декілька властивостей якого підлягають вимірюванню.</p> <p>4б. <i>Об'єкт вимірювання</i> – тіло (фізична система, процес, явище тощо), яке</p>  | <p>4в. <i>Об'єкт вимірювання</i> – об'єкт діяльності, конкретне виявлення кількісних чи якісних властивостей якого підлягають вимірюванню.</p>  |



| 1   | 2   |
|---|---|
| характеризується однією чи декількома вимірюваними величинами.  |   |
| <p>5а. <i>Вимірювана величина</i> – фізична величина чи параметри її залежності, що підлягають вимірюванню.</p> <p>5б. <i>Вимірювана фізична величина</i> – ФВ, яка підлягає вимірюванню або вимірюється чи вимірювана у відповідності з основною метою вимірювальної задачі.</p>   | <p>5в. <i>Вимірювана величина</i> – вимірювана властивість, яка характеризується кількісними відмінностями.</p>   |
| <p>6а. <i>Результат вимірювання</i> – значення ФВ, знайдено шляхом її вимірювання.</p> <p>6б. <i>Результат вимірювання ФВ</i> – значення величини, яке одержане шляхом її вимірювання.</p>  | <p>6в. <i>Результат вимірювання – значення величини чи оцінка властивості</i>, яка одержана шляхом вимірювання.</p>   |
|   | <p>7в. <i>Оцінка властивості</i> – вираження місця положення якісної властивості конкретного об'єкта вимірювань на відповідній шкалі назв.</p>  |
| <p>8а. <i>Значення (фізичної) величини</i> - відображення ФВ у вигляді числового значення величини з позначення її одиниці.</p> <p>8б. <i>Значення ФВ</i> – вираження розміру ФВ у вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць.</p>   | <p>8в. <i>Значення величини</i> – вираження розміру величини по відповідній шкалі у вигляді деякого числа прийнятих одиниць, чисел, балів чи інших знаків (позначок).</p>   |
| <p>9а. <i>Істинне значення ФВ</i> – значення ФВ, яке ідеально відображало б певну властивість об'єкта.</p> <p>9б. <i>Істинне значення ФВ</i> – значення ФВ, яке ідеально характеризує в якісному та кількісному відношеннях відповідну ФВ.</p>  | <p>9в. <i>Істинне значення величини</i> – значення величини, яке ідеальним чином відображає положення на відповідній їй шкалі реалізації кількісної властивості конкретного об'єкта діяльності.</p>                                     |
| <p>10а. <i>Дійсне значення (фізичної величини)</i> – значення ФВ, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для даної мети.</p> <p>10б. <i>Дійсне значення ФВ</i> – значення ФВ, знайдено експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що у постановленій вимірювальній задачі може бути використане замість нього.</p> | <p>10в. <i>Дійсне значення величини</i> - значення величини, настільки наближене до істинного значення, що для даної мети може бути використане замість нього.</p>  |
| <p>11б. <i>Похибка результату вимірювання</i> – відхилення результату вимірювання від істинного (дійсного) значення вимірюваної величини.</p>   |   |
| <p>12а. <i>Невизначеність вимірювань</i> – оцінка, що характеризує діапазон значень, в якому є істинне значення вимірюваної величини.</p> <p>12б. <i>Невизначеність вимірювань</i> – параметр, пов'язаний з результатом вимірювань, який характеризує розсіювання значень, котрі можна приписати вимірюваній величині.</p>  | <p>12в. <i>Невизначеність (результату) вимірювань</i> – відповідна можливому розсіюванню результатів вимірювань область (ділянка) шкали вимірювань, в якій можливо знаходиться оцінка властивості чи значення вимірюваної величини.</p> |

| 1  | 2   |
|--|---|
| <p>13а. <i>Єдність вимірювань</i> – стан вимірювання, за якого їх результати виражаються в узаконених одиницях і похибки вимірювань відомі із заданою ймовірністю.</p> <p>13б. <i>Єдність вимірювань</i> – стан вимірювань, який характеризується тим, що їх результати виражаються в узаконених одиницях, що відтворюються первинними еталонами, а похибки результатів вимірювань відомі та із заданою ймовірністю не виходять за установлені межі.</p> | <p>13в. <i>Єдність вимірювань</i> – стан вимірювань, за якого їх результати виражені в узаконених одиницях вимірювань (величин) або шкалах вимірювань та оцінені невизначеності або границі похибки результатів вимірювань.</p> |
| <p>14а. <i>Шкала ФВ</i> – послідовний ряд однорідних ФВ, які присвоєні цим величинам відповідно до узгоджених правил.</p> <p>14б. <i>Шкала ФВ</i> – упорядкована сукупність значень ФВ, яка служить початковою основою для вимірювання даної величини.</p>   | <p>14в. <i>Шкала (вимірювань)</i> – відображення множини різних виявлень кількісної чи якісної властивості на прийняту за згодою опорядковану множину чисел чи другу систему логічно пов'язаних знаків (позначок).</p>          |

### Контрольні запитання

1. Метрологія, її склад та місце в системі наук.
2. Класифікація емпіричних методів пізнання.
3. Місце вимірювань серед емпіричних методів пізнання.
4. Вимірювання і контроль як емпіричні методи пізнання; що їх узагальнює та розрізняє?
5. Вимірювання і лічба як емпіричні методи пізнання; що їх узагальнює та розрізняє?