

УДК 168.5

В. В. Готинян-Журавльова
кандидат філософських наук, доцент,
доцент кафедри філософії природничих факультетів
філософського факультету
Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

ФІЛОСОФСЬКІ АСПЕКТИ ІСТОРІЇ ВИМІРЮВАННЯ

Більшість науковців вважають, що потреба вимірювання виникла разом із цивілізацією. Можливо, в житті кочових племен було достатньо вміння рахувати тварин у стаді, але з виникненням осілого життя з'являються потреби в будівництві осель, міських мурів, храмів, палаців, акведуків тощо. А для цього необхідна точна техніка вимірювань. Виникає необхідність формування чітких стандартів вимірювання й у сільському хазяйстві під час розподілу ділянок, виплат податків, інших товарно-грошових розрахунків [1]. Гроші теж є своєрідним еталоном для вимірювання розміру податку, розрахунку між людьми. І такі чіткі стандарти вимірювання разом із усталеним механізмом вимірювання й міжнародними стандартами-еталонами було створено. У науці панує еталонне вимірювання з його чіткими правилами і стандартами. Але ж наука ХХ–ХХІ століть надала немало прикладів труднощів не тільки в реалізації механізму еталонного вимірювання, пошуках самих еталонів вимірюваних величин, а й у безеталонних вимірюваннях. І хоча сам термін «безеталонне вимірювання» в науці використовується вкрай рідко, вчені не можуть проігнорувати його існування.

Історію становлення процедури вимірювання, усвідомлення необхідності формування поняття «еталон», порядок удосконалення еталонів та вдосконалення самої процедури вимірювання розглянуто такими авторами, як А. Азимов, А. Гусев, Л. Ландау, А. Китайгородський, А. Лебег, Н. Назаров, А. Панченко, П. Орнатський, О. Мельников, І. Уточкін, А. Уйомов, Г. Портнов, Ю. Толстова та інші автори. Але нас цікавить не лише становлення процедури вимірювання в природничих науках, пошук, створення, удосконалення еталонів вимірюваних величин, а й усвідомлення неможливості безмежного розповсюдження стандартної еталонної теорії вимірювань. Особливу увагу викликає усвідомлення того факту, що чітка та логічно виважена теорія еталонного вимірювання, по суті, має дуже обмежену галузь застосування в суспільно-гуманітарних науках.

Тому метою статті є аналіз історії створення вчення про вимірювання, щоб дослідити етапи формування механізму еталонного вимірювання, розповсюдження його на суспільно-гуманітарні науки й можливість пошуку альтернативних методів вимірювання.

Із часів французької революції, а саме тоді була створена метрична система мір, залишилося переконання, що еталон має бути чітко фіксованою одиницею вимірювання. Але до створення системи мір одиниці вимірювання не були фіксованими й мали, так би мовити, «суб'єктивний характер», бо використовували для вимірювання засоби, що були поруч. Давні римляни вимірювали відстань кроками. Для вимірювання довжини тканини й мотузки також користувалися «підручними» засобами. Так з'явилися такі одиниці вимірювання, як лікоть – відстань від кінчиків пальців до ліктьового суглоба; п'ядь – відстань між кінчиками розставлених великого та вказівного пальців; дюйм – довжина суглоба великого пальця; фут – середня довжина ступні людини. Але ці одиниці були й справді суб'єктивними, суворо не фіксованими, являли собою деяку подібність до еталона. Підкреслимо, що лише подібність до еталона, скажімо, квазіеталон: так чи інакше в кожній людині свої розміри ліктя, пальця, ступні. Це ніяк не могло сприяти розвитку торгівлі, сплаті податків тощо. Уперше позбутися свавілля «суб'єктивних» одиниць вимірювання та замінити їх об'єктивними вирішили в XIV столітті в Англії. Так, був установлений законний дюйм, який дорівнює довжині трьох приставлених один до одного ячмінних зерняток, витягнутих із середньої частини колоса. Фут визначили як середню довжину ступні п'надцяти чоловік, які виходили із церкви. Обмірюючи випадкових людей, прагнули одержати об'єктивне значення одиниці – середню довжину ступні [2].

Метрична система мір була прийнята у Франції 22 грудня 1795 року. Назву свою метрична система отримала завдяки метру. Основу метричної системи становили дві одиниці вимірювання: метр – одиниця довжини, кілограм – одиниця маси. Так, метр дорівнював одній десятиміліонній частині від чверті довжини паризького географічного меридіану. Одиниця площини – ар – дорівнювала площині квадрату зі стороною 10 метрів. Одиниця об'єму – стер – дорівнювала об'єму куба з ребром 1 метр. Одиниця місткості для рідин і сипучих тіл – літр – дорівнювала об'єму кубу з ребром 0,1 метра. Одиниця маси – грам – дорівнювала масі води, яка заповнила при температурі 0°C куб із ребром, що дорівнює 0,01 метра. Перший еталон метра був виготовлений французьким майстром Ж. Ленуаром під керівництвом Ж. Борда в 1799 році у вигляді кінцевої міри довжини, а саме: платинової лінійки шириною близько 25 мм, товщиною до 4 мм, з відстанню між кінцями, що дорівнювали прийнятій одиниці довжини. Цей еталон отримав назву «архівний метр». У 1872 році Міжнародна метрична комісія прийняла рішення про відмову від «природних еталонів» довжини і прийняття архівного метра як вихідної міри довжини. Із нього було виготовлено 31 еталон – міжнародний прототип метра. Прототип метра і дві його копії зберігаються в місті Севре у Франції.

Із розвитком науки й техніки з'явилася потреба встановити низку еталонів для інших фізичних одиниць, передусім для електричних і магнітних. Потім виникла необхідність визначити одиниці для теплових, акустичних і світлових величин, а також з'ясувати, що саме можна назвати фізичною величиною. Так, у сучасній метрології фізичною величиною вважають «особливість, властивість, загальне в якісному відношенні до багатьох фізичних об'єктів (фізичних систем, їхніх станів і процесів, що відбуваються в них), але в кількісному відношенні індивідуальне для кожного об'єкта» [3, с. 8]. Тобто, фізична величина виражає загальне для багатьох об'єктів і це загальне є еквівалентністю об'єктів у якісному відношенні. Крім того, величина має кількісне значення, індивідуальне для кожного об'єкта. Отже, поняття фізичної величини є, по суті, унікальним поняттям, яке об'єднує обидві (і якісну, і кількісну) сторони об'єктів. Величина, що представляє властивість у кількісному відношенні, має значення, яке обумовлене числом на числовій осі. Оскільки потужність множини значень на числовій осі більша за множину матеріальних об'єктів, то цей факт забезпечує можливість кожній однорідній величині, що характеризує конкретний досліджуваний об'єкт, мати індивідуальне значення [3]. Величина (фізична величина) є своєрідним містком між якістю й кількістю. І саме величина дає властивості (якості) змогу набути кількісної оцінки.

У науці підкреслюється необхідність використання еталонів. Найчастіше вимірювана властивість визначається через відношення до об'єктів. Так, і в сучасній онтології в рамках категорій «річ» – «властивість» – «відношення» властивість визначається як відношення речей [4].

Нехай об'єкт а характеризується величиною х, а об'єкт в – однорідною величиною [x]. Припустимо, що існує відношення $x/[x]$, яке ставить цьому відношенню єдине число, що лежить на числовій осі, тобто

$$x/[x] = x^{\wedge} (1).$$

Цю формулу (1) можна переписати як $x = x^{\wedge} \cdot [x]$, де x^{\wedge} – розмір (значення) величини x щодо величини [x]. Існування формули (1) є ознакою того, що x – кількісна характеристика.

Розглянемо другий об'єкт. Позначимо його як в', який характеризується однорідною величиною [x]', причому $[x]' \neq [x]$. Отже, $x/[x]' = x^{\wedge}$. Перепишемо цю формулу як

$x = x^{\wedge} * [x]$, де x^{\wedge} – розмір тієї самої величини x , але вже відносно $[x]$. Якщо $[x] \neq [x]$, то й $x^{\wedge} \neq x^{\wedge}$. Отже, значення величини x відносно $[x]$ буде іншим, ніж значення тієї самої величини стосовно іншої величини $[x]$. Єдність кількісного значення величини x не дотримується, і в знаменнику формули (1) «необхідно використовувати величину еталонного об'єкта, причому еталонний об'єкт (еталон) повинен бути єдиним» [3, с. 18]. Інакше ми можемо повернутися до часів «підручних еталонів». Величину державного еталона позначають як $[x]_0$. За згодою розмір цієї величини приймається рівним одиниці й має назву одиниці вимірювання. Відношення $x/[x]_0 = x^{\wedge}$ можна переписати як

$$x = x^{\wedge} * [x]_0 \quad (2),$$

у цій формулі x^{\wedge} – розмір, значення величини x відносно $[x]_0$ (дійсне значення величини x).

Отже, для визначення кількісного значення величини необхідно виконати дві умови:

- 1) мати узаконену одиницю величини $[x]_0$ (еталон);
- 2) уміти експериментально визначати відношення (2).

У сучасній науці вимірювання величин із використанням еталонів, так зване пряме вимірювання, є вимірювання «за допомогою лічильного еталона, який виконує одночасно функції міри цієї величини й масштабу» [5, с. 28]. Далі О. Мельников акцентує нашу увагу на тому, що, наприклад, еталон довжини чи архівний метр є мірою довжини, а тому являє собою упредметнення властивості порівнюваних речей, упредметнення такої якісної величини, як довжина.

Отже, «еталон – це річ, сукупність фізичних властивостей, яка дає змогу виражати цю величину» [5, с. 29]. О. Мельников підкреслює необхідність розрізняти еталон і одиницю вимірювання, щоб уникнути неправильних висновків. Він підкреслює, що еталоном є, як правило, річ, яка становить сукупність фізичних властивостей. Одиницею ж вимірювання, скажімо, довжини буде величина довжини еталона – речі, яка обрана та яка має зафіксовану характеристику.

Але сучасні тенденції в науці полягають у тому, щоб відмовитися від матеріальних еталонів, а на їх місце ввести природні константи, значення яких не повинні залежати від експериментальних приладів і які не повинні змінюватися з часом.

Так, на 11-й Генеральній конференції по мірах і вагах, що проходила в 1960 році, було прийнято нове визначення метра, яке було закладено в основу Міжнародної системи одиниць.

Метр можна визначити як довжину 1650763,73 хвиль у вакуумі випромінювання, що відповідає переходу між рівнями $2p_{10}$ і $5d_5$ атома криптоно-86. Одна секунда приймається рівною 9192631770 періодів коливань при переході між двома найближчими енергетичними рівнями атома цезію.

Сьогодні довжина метра приймається відповідно до резолюції 17-ї Генеральної конференції по мірах і вагах, яка проходила в жовтні 1983 року в Парижі. Ця довжина визначена як відстань, яку проходить світло у вакуумі за $1:299792458$ частки секунди.

Чинне визначення кілограма було прийняте на 3-й Генеральній конференції по мірах і вагах у 1901 році. Міжнародний прототип кілограма зберігається в Міжнародному бюро мір і ваг, являє собою циліндр діаметром і висотою 39,17 мм, який виготовлено з платино-іридієвого сплаву, де 90% платини й 10% іридію. Після того як було з'ясовано, що міжнародний еталон із часом змінюється, Міжнародний комітет мір і ваг у 2005 році рекомендував надати інше визначення кілограма за допомогою фундаментальних фізичних властивостей. У 2011 році на 24-й Генеральній конференції було погоджено, що еталон має бути заново визначений, але рішення було відкладено до наступної конференції у 2014 році. Але й на 25-й Генеральній конференції було прийнято рішення продовжити роботу щодо підготовки нового визначення кілограма до 2018 року.

У другій половині XIX століття вченим довелося розв'язувати іншу проблему, яка була пов'язана не з уточненням наявних еталонів, а з відсутністю еталонів для вимірювання. Це передусім стосувалося суспільно-гуманітарних наук. Виникає необхідність переосмислення природи вимірювання

суспільно-гуманітарних науках, у яких часто не передбачається наявності одиниць вимірювання. Теорії, яка б надала процедуру вимірювання без використання еталонів, не було.

Новий підхід розробив і сформулював Н. Кемпбелл. Причому спочатку він висунув припущення про можливість приписування вимірюваним об'єктам чисел за певними правилами, які не пов'язані з використанням одиниць вимірювання. Так, Н. Кемпбелл визначає вимірювання як «приписування чисел для представлення властивостей відповідно до законів науки» [6, с. 10]. До того ж «приписування чисел мало відбуватися таким чином, щоб порядку властивостей об'єкта відповідав природний порядок чисел» [6, с. 10]. Таке визначення поняття «вимірювання» застосовувалося до адитивних ознак, тобто тих ознак «величин, значення яких відповідає всьому об'єктові та які утворюються завдяки додаванню значень величин окремих його частин» [6, с. 10]. На думку багатьох методологів науки, таке поняття «вимірювання» є занадто широким.

Н. Кемпбелл увів поняття фізичного числа (number), математичного числа (Number) і цифри або числової форми (numeral). Фізичне число пов'язується з одиницею вимірювання або з лічбою. Фізичне число – це обов'язково число чогось. Саме воно може бути встановлено в результаті експерименту [7]. Математичне число – це абстрактні об'єкти, що відповідають певним аксіомам. Числова форма – це символ для позначення числа.

Використання чисел не завжди пов'язано з лічбою, тобто існує можливість приписування емпіричним властивостям не лише чисел, а й «числових форм», тобто математичних об'єктів, які чимось схожі з числами, але, суворо кажучи, не є числами [7]. Крім того, існує можливість приписування числових форм без виконання умови відповідності цих форм емпіричному порядку й емпіричній операції додавання.

Така можливість приписування чисел емпіричним об'єктам за певними правилами, що не повинні обов'язково вклучати в себе збереження емпіричного порядку, розглядалася й іншими авторами. Так, Б. Рассел зазначає, що вимірюванням величини «в найширшому сенсі є всілякий метод, завдяки якому можна встановити відповідність між усіма чи деякими величинами й усіма чи деякими числами» [7]. Але, на думку Ю. Толстої, Б. Рассел указував на вимірювання, а Н. Кемпбелл використовував термін «вимірювання» лише до адитивних величин.

Ю. Толстова зазначає, що «хоча Кемпбелл і Рассел припустили можливість приписування чисел об'єктам за правилами, що не пов'язані з використанням одиниць вимірювання, але «насмілилися» назвати цю операцію вимірюванням тільки в тому випадку, коли воно відповідає класичному підходу» [7, с. 170–171]. Далі зазначається, що «в інших ситуаціях саме уявлення про приписування чисел об'єктам протягом довгого часу мало вельми неконструктивний характер, і мови не йшло про можливість використання як результату вимірювання математичних конструктів, які не були б числами» [7, с. 172].

Децю інший підхід було запропоновано С. Стівенсом. Він уважав, що числа є результатом моделювання дійсності, існує ізоморфізм між властивостями числових рядів і емпіричними операціями, які відбуваються з числами. Тому вимірювання, за С. Стівенсом, – це «визначення сукупності чисел, які відображають певні властивості та які можна додавати, порівнювати тощо» [6, с. 10]. Ізоморфізмом є відповідність між емпіричними й числовими системами та їх відношеннями. У рамках такого підходу вважалося, що вимірювані об'єкти не мають ніяких числових властивостей, а в процесі вимірювання цим об'єктам надаються числові властивості і приписуються числа. Тобто, вимірюванням вважається метод порівняння величин, зіставлення, впорядкування, визначення їх відношень із якоюсь іншою величиною. Тому під час вимірювання властивостей об'єкта ми вимірюємо й відношення, що їх відображають. С. Стівенс запропонував положення про те, що система арифметичних відношень між числами, як правило, ширша, ніж ті емпіричні відношення між об'єктами, які відображаються цими числами.

Отже, методологи науки виокремлюють два види вимірювання: вимірювання, яке є порівнянням із еталоном, або ж еталонне вимірювання, і вимірювання, яке є відображенням у числові системі.

Природничі науки найчастіше застосовують саме еталонне вимірювання, а в суспільно-гуманітарних науках виникають певні труднощі з пошуком еталонів для вимірюваних величин. Наведемо деякі визначення поняття «вимірювання», які використовуються в сучасній соціології. Так, А. Кулаков визначає вимірювання в широкому сенсі як «будь-яке соціологічне дослідження, оскільки його завданням є відбір, вивчення, представлення соціальних фактів, явищ, процесів, їх найбільш чіткий опис із використанням математичного апарату» [6, с. 9]. Сучасні дослідники визначають вимірювання як «пошук кількісних показників, так званих індикаторів, за допомогою яких можна було представити об'єкт дослідження, його соціальні властивості та їх відношення» [6, с. 11].

Варто зазначити, що в соціологічних дослідженнях використовується й еталонне вимірювання. Так, соціолог В. Ядов визначає вимірювання як «процедуру, за допомогою якої вимірюваний об'єкт порівнюється з деяким еталоном, і маємо числове значення в певному масштабі та шкалі» [8, с. 131]. І далі він пояснює, що вимірюванням можна також назвати таке «відображення емпіричної системи з відношенням між її елементами ... в числову систему з відповідними відношеннями між числами» [8, с. 131].

У Робочому зошиті соціолога вимірюванням вважається «процедура, за допомогою якої об'єкти вимірювання, що розглядаються як носії певних відношень, відображаються в деяку математичну систему з відповідними відношеннями між елементами цієї системи» [6, с. 11]. Дещо подібне визначення процедури вимірювання розглянуто в Енциклопедичному соціологічному словнику: «Вимірювання – процедура, за допомогою якої об'єкти вимірювання, які розглядаються як носії певних відношень між ними і як такі становлять емпіричну систему, відображаються в деяку математичну систему з відповідними відношеннями між її елементами» [6, с. 12].

Отже, в суспільно-гуманітарних науках найчастіше вимірювання вважається «не лише як відображення (представлення) об'єкта дослідження у вигляді чисел, індикаторів, а і як утілення теоретичних підходів у числову систему, які відображають відношення між елементами емпіричної системи» [6, с. 12]. Але навіть в суспільно-гуманітарних науках існує вимога: результат вимірювання має бути представлений у вигляді числа. Видається, що вся історія створення метрології є пошуком вдалого механізму для отримання чисельного результату. Саме число є запорукою подальшого вдалого статистичного аналізу, однакового сприйняття результатів досліджень. І які б визначення не наводили методологи, в них так чи інакше результатом вимірювання є число, математичне відношення. Але у філософії поняття «відношення» значно ширше за математичне. Тому, на нашу думку, в суспільно-гуманітарних науках потрібно звернути увагу на «нееталонні» вимірювання, зокрема на безеталонні вимірювання, яких багато не лише в суспільно-гуманітарних, а й у природознавчих науках.

Література

1. Пронеобхідність визначення безеталонного вимірювання // Філософія, лінгвістика і література: вчора, сьогодні, завтра: [монографія] / [авт. кол.: В.В. Готинян-Журавлєва, П.В. Гуторова, Ю.В. Корнейчук і др.]. – Одеса: КІПРИЄНКО С.В., 2014. – 168 с.
2. Азимов А. Мир измерений. От локтей и ядов к эграм и квантам / А. Азимов; пер. с англ. О.В. Замятиной. – М.: ЗАО Центрополиграф, 2003. – 219 с.
3. Назаров Н.Г. Метрология. Основные понятия и математические модели: [учебн. пособ. для студ. вузов] / Н.Г. Назаров. – М.: Высшая школа, 2002. – 348 с.
4. Уёмов А.И. Системные аспекты философского знания / А.И. Уёмов. – Одеса: Студия «Негоциант», 2000. – 160 с.

5. Мельников О.А. О роли измерений в процессе познания / О.А. Мельников. – Новосибирск: Наука сибирское отделение, 1968. – 95 с.

6. Кулаков А.П. Измерение в социологии: [учеб. пособ.] / А.П. Кулаков; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2005. – 124 с.

7. Толстова Ю.Н. Измерение в социологии: [учеб. пособ.] / Ю.Н. Толстова. – М.: КДУ, 2007. – 288 с.

8. Ядов В.А. Стратегия социологического исследования. Описание, объяснение, понимание социальной реальности / В.А. Ядов. – М.: Добросвет, 1999. – 131 с.

Анотація

Готинян-Журавлєва В. В. Філософські аспекти історії вимірювання. – Стаття.

Більшість науковців вважають, що потреба вимірювання виникла разом із потребами в будівництві осель, міських мурів, храмів, палаців тощо. А для цього необхідна точна техніка вимірювань. З'являється потреба у формуванні чіткої процедури вимірювання. У науці панує еталонне вимірювання з його чіткими правилами і стандартами. Але ж наука ХХ–ХХІ століть надала немало прикладів труднощів не тільки в реалізації механізму еталонного вимірювання, пошуках самих еталонів вимірюваних величин, а й у безеталонних вимірюваннях. І хоча сам термін «безеталонне вимірювання» в науці використовується вкрай рідко, вчені не можуть проігнорувати його існування. У статті проаналізовано історію створення вчення про вимірювання, досліджено етапи формування механізму еталонного вимірювання, розповсюдження його на суспільно-гуманітарні науки та можливість пошуку альтернативних методів вимірювання.

Ключові слова: вимірювання, еталон, одиниця вимірювання, приписування чисел, безеталонне вимірювання.

Аннотация

Готинян-Журавлєва В. В. Философские аспекты истории измерений. – Статья.

Большинство учёных считают, что потребность измерять возникла вместе с необходимостью строительства домов, городских стен, храмов, дворцов и т. д. А для этого необходима точная техника измерений. В науке господствует эталонное измерение с его строгими правилами и стандартами. Но в науке ХХ–ХХІ веков немало примеров трудностей не только в реализации механизма эталонного измерения, поиске эталонов для измеряемых величин, но и в безэталонных измерениях. И хотя сам термин «безэталонное измерение» очень редко используется в науке, ученые не могут проигнорировать его существование. В статье проанализирована история создания учения об измерении, исследованы этапы формирования механизма эталонного измерения, распространения его на общественно-гуманитарные науки и возможность поиска альтернативных методов измерения.

Ключевые слова: измерение, эталон, единицы измерения, приписывание чисел, безэталонное измерение.

Summary

Gotynyan-Zhuravlyova V. V. Philosophical aspects of the history of measurement. – Article.

Most of scientists believe that the need of measurement originated together with the need to build houses, city walls, temples, palaces, etc. The exact techniques of measurement is required for this one. The standard measurement with its strong rules dominates at science. But there are a lot of examples of difficulties in standard measurements, searching of etalons for measuring items and standardless measurements at the science of XX–XXI centuries. But even the term «Standardless measurement» is rarely used at the science, the scientists cannot ignore its existence. At this article the following are analyzed: the history of creation of the theory of the measurement, the stages of creation of mechanism of standard measurement, influence on humanities and searching for alternate methods of measurements.

Key words: measurements, standard, units of measurements, attribution of numbers, standardless measurement.