

Д. Стефанович, В. Янковий

УДК: 94(100)«16/20»:006.915

**МЕТРИЧНА СИСТЕМА:
ВІД ВИБОРУ ОДИНИЦЬ
ДО МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ
(До 135-річчя Метричної конвенції)**

Висвітлюється історія десятикової метричної системи одиниць, принципи її створення, обставини її запровадження в Україні та деяких інших державах — членах міжнародних організацій, створених відповідно до рішень Метричної конвенції.

Освещается история десятичной метрической системы единиц, принципы её создания, обстоятельства её внедрения в Украине и некоторых других государствах — членах международных организаций, созданных в соответствии с решениями Метрической конвенции.

The article is dedicated to the history of the decimal Metric System of Units, the principles of its creation, the circumstances of its introduction in Ukraine and some other countries — members of international organizations, that were created according to resolutions of the Metre Convention.

Ключові слова: метрична система, Метрична конвенція, одиниці вимірювання, десятикова система одиниць.

Серед багатьох сторінок історії науки і техніки, зокрема України, важливе місце займає історія створення та запровадження в різних країнах метричної системи одиниць. Мета даної статті — розглянути у найбільш загальних рисах це питання, зокрема з'ясувати обставини запровадження метричної системи одиниць в Україні та інших державах — членах міжнародних організацій, створених відповідно до рішень Метричної конвенції.

20 травня 1875 р. у Парижі 17 учасників міжнародної дипломатичної конференції, скликаної за ініціативою Петербурзької Академії наук, підписали міжнародну Метричну конвенцію.

Відповідно до цієї багатосторонньої дипломатичної угоди:

- встановлювалися міжнародні прототипи метра і кілограма;
- організовувалося Міжнародне бюро мір і ваги, на яке було покладено обов'язок здійснювати наукове забезпечення робіт щодо

- використання і поширення в світі уніфікованої, когерентної і придатної для застосування метричної системи одиниць вимірювань, а також зберігання міжнародних прототипів і перевірки національних еталонів одиниць;
- заснувався Міжнародний комітет мір і ваги у складі вчених з різних країн, завданням якого стала координація діяльності Міжнародного бюро мір і ваги та робіт із забезпечення єдності вимірювань у країнах світу;
 - визначалося, що Міжнародне бюро мір і ваги та Міжнародний комітет мір і ваги утримуватимуться коштом внесків держав, які підписали Конвенцію;
 - було вирішено не рідше ніж раз на 6 років скликати Генеральну конференцію з мір і ваги.

З того часу метрична система офіційно отримала міжнародний статус. Відповідно 20 травня — день підписання Міжнародної метричної конвенції — вважається Міжнародним днем метрології.

Але передували цій події десятиріччя дуже повільного поширення метричної системи у країнах Європи. Процес цей, можливо, міг би рухатися й швидше, якби не «революційне» походження метричної системи.

На межі XVIII—XIX ст. людство увійшло в епоху промислового перевороту. Перехід товарного виробництва від мануфактур з ручною ремісничою технікою до великих фабрично-заводських підприємств забезпечував упровадження в промисловість і транспорт систем робочих машин, парових двигунів, створення самостійної машинобудівної галузі. Розвиток науки і технологій потребував використання точних значень фізичних величин (довжини, маси, сили, тиску і т. ін.), що без створення відповідних інструментів та приладів було неможливим. Зрозуміло, що водночас не могло не постати й питання про одиниці вимірювання. Це, у свою чергу, спричинило потребу створення мір та еталонів для зберігання одиниць, за допомогою яких можна було б забезпечити градування решти засобів вимірювань і перевірки збереженості цього градування протягом тривалого часу.

Однак вибір одиниць та еталонів залишався справою випадку, що призводило до появи великої кількості довільно обраних місцевих одиниць. Про це, до речі, нагадують старі найменування одиниць довжини, більшість яких пов'язані з частинами людського тіла: фут (з англ. foot — нога, стопа), п'ядь, дюйм (від гол. duim — палець) тощо.

Звертає на себе увагу майже повна тотожність деяких стародавніх одиниць довжини в різних країнах: на Русі, скажімо, так само як і в інших країнах, довжину вимірювали стопами (359 мм), ліктями (п'ядь велика, 538,5 мм), долоньями (89,8 мм), пальцями (22,4 мм) тощо [7, с. 18]. За однією з гіпотез, джерелом таких мір ваги і довжини були давньоєгипетські міри, які згодом через Грецію і Рим поширилися й на інші країни. Але такі (природні) одиниці були доволі неточними і, навіть маючи ту саму назву, іноді досить суттєво відрізнялися. Так, 1800 р. лише в Бадені існувало 112 різних мір довжини, які носили найменування «лікоть» і 92 одиниці площі [1, с. 23]. До того ж перераховувати малі міри в більші та навпаки було надзвичайно незручно, адже співвідносилися між собою вони по-різному, як от російські міри ваги (маси), які використовувалися у ХІХ ст.: 1 берковець дорівнював 10 пудам, 1 пуд — 40 фунтам, 1 фунт — 32 лотам, 1 лот — 3 золотникам, 1 золотник — 96 долям. Що вже казати про перерахування одиниць вимірювань, які використовувалися в одній країні та навіть в одній галузі. Наприклад, міри довжини, які використовувалися в Росії та в Англії: 1 аршин дорівнював 16 вершкам або 28 дюймам, 1 сажень — 3 аршинам або 7 футам [7, с. 268—269]. Тож питання про створення єдиних одиниць вимірювань почало порушуватися ще з кінця ХVІІ ст. Але лише наприкінці ХVІІІ ст. Національні збори Франції ухвалили скасувати «дивну та обтяжливу різноманітність мір» і доручило Французькій Академії наук розробити систему мір і ваги, яка могла б використовуватися в усьому світі.

До складу комісії, на яку було покладено обов'язок запропонувати таку систему, ввійшли видатні вчені П'єр Симон Лаплас, Гаспар Монж, Жан Шарль Борда, Жан-Антуан-Ніколь Коришот Кондорсе [4, с. 45]. 19 фримера 8 р. Республіки (10 грудня 1799 р.) Консульство (уряд Франції, очолюваний Наполеоном Бонапартом) затвердило нову систему одиниць мір і ваги. На честь цієї події було навіть вирішено виготовити медаль з написом «На всі часи, для всіх народів». Щоправда, викарбували її значно пізніше, лише у 1840 р., але за моделлю року 1799 [5, с. 27; 1, с. 24]. Нова система отримала назву «метричної» — від грецького слова «метрон» — міра.

Основною одиницею нової системи стала одиниця довжини — метр. Під час пошуків природних засад для визначення цієї довжини обговорювалися три можливості: 1) використання довжини маятника з періодом коливання 1 с (з огляду на те, що період коливання

математичного маятника $T=2\pi\sqrt{l/g}$ залежить тільки від його довжини); 2) довжина однієї чверті екватора Землі; 3) довжина однієї чверті меридіональної окружності Землі.

Реалізувати першу з цих пропозицій було практично неможливо через те, що на той час не було встановлено відтворюваної одиниці часу, яку, до того ж, неможливо було відтворювати з потрібним ступенем точності (окрім того, прискорення сили тяжіння g залежить від широтного розміщення маятника на Землі).

Другу пропозицію було відхилено через важку доступність земного екватора, правильність форми якого, до того ж, встановлено не так строго, як правильність меридіана.

Тому вибрали все-таки довжину меридіана. Одиниця довжини мала дорівнювати 10^{-7} (одній десятимільйонній) частині від однієї чверті меридіональної окружності. Для вимірювань було взято меридіан, що проходив біля Парижа (приблизно 2° східної довготи), за початок та кінець відрізка взято Дюнкерк і Барселону, відстань між якими становить приблизно 1100 км. Для вимірювань довжини відрізка було застосовано метод триангуляції, який широко використовується в геодезії до сьогодні. В решті-решт було знайдено співвідношення між метром і старою одиницею — туазом: $1 \text{ м} = 0,513074 \text{ туаза}$. У цей спосіб вдалося визначити незмінний стандарт довжини й було виготовлено еталон — кінцеву міру довжини [1, с. 23—24].

Похідними від метра були інші міри.

Основною одиницею вимірювання поверхні став ар, який дорівнював квадрату зі сторонами у 10 м (від грецького слова «арос» — паша).

Основною одиницею вимірювання об'єму, призначеною для вимірювання об'ємів деревини, став стер, який дорівнював кубу з ребрами в 1 м.

Основною одиницею об'єму (місткості) рідких і сипучих тіл став літр (від грецького слова «літра» — ваговий фунт), який дорівнював кубу зі сторонами 0,1 м кожна [2, с. 78].

Як одиницю маси було прийнято масу 1 кубічного дециметра ($0,01 \text{ м}^3$), тобто куба з ребрами, які дорівнювали $1/10$ метра, чистої води при температурі найбільшої її щільності ($+4^\circ\text{C}$). Цю масу було названо кілограмом.

Як одиницю часу було узаконено секунду, визначену як $1/86400$ частину середньої сонячної доби.

Додамо, що при запровадженні метричної системи не лише встановили основну одиницю довжини, взятую з природи, але й прийняли

десяткову систему утворення кратних і дільних одиниць — множенням на 10^n (де n — ціле додатне або від'ємне число), що відповідає десятковій системі сучасної числової лічби. Було прийнято 6 відповідних цьому префіксів: мілі-, санти-, деци-, дека-, гекто- і кіло-. Завдяки їхньому запровадженню полегшилося перерахування значень величин і відпала необхідність мати особливі найменування кратних і дільних одиниць (як от: ярд, фут, дюйм, фунт, унція, драхма) і використовувати складні іменовані числа (наприклад, 1 сажень 1 аршин 7 вершків), які потребували додаткових арифметичних операцій під час множення чи ділення. Тобто, метрична система стала системою логічно пов'язаних між собою одиниць довжини, площі, об'єму й маси. І однією з найважливіших її переваг було визнано десятковість метричної системи [6, с. 8].

Тож і сьогодні основні принципи утворення метричної системи залишилися такими, як тоді, коли її було впроваджено.

Поняття про систему одиниць з плином часу розширив німецький математик К. Гаусс. У 1832 р. він запропонував метод побудови сукупних одиниць для ширшого кола величин, зокрема магнітних. Суть цього методу полягала в довільному виборі трьох основних незалежних одна від одної одиниць і утворенні похідних одиниць для решти величин, залежних від основних, за допомогою рівнянь, які зв'язували між собою фізичні величини. У 1851 р. систему одиниць, запропоновану К. Гауссом, В. Вебер переніс на електричні величини.

Утім, негайному поширенню метричної системи завадили, так би мовити, «революційні» обставини її прийняття. Розвиток метричної системи суттєво загальмувало відродження у Франції королівської влади у 1815 р.

А проте життя не стояло на місці й розвиток техніки потребував прийняття певних домовленостей щодо уніфікації вимірювань. До того ж потрібні були зручніші одиниці. Тож у Франції в 1840 р. було заборонено використання неметричних величин. У 1868 р. метричну систему запровадили на своїх територіях Прусія і Північнонімецький союз, у 1872 р. — Німецька імперія.

З часом нові вимірювання земного меридіану засвідчили неточність обраної за стандарт величини метра. Також не було певності, що отримана цифра є остаточною. Тому в 1872 р. Міжнародна комісія з прототипів метричної системи вирішила перейти від одиниць довжини і маси, що ґрунтувалися на природних еталонах, до одиниць, що ґрунтувалися на умовних матеріальних еталонах чи прототипах.

1889 року в Парижі пройшла I Генеральна конференція з мір і ваги, яка затвердила встановлені Метричною конвенцією міжнародні прототипи з числа виготовлених зразків. Прототипи метра і кілограма було виготовлено з платино-іридієвого сплаву (90% Pt, 10% Ir) і передано на зберігання Міжнародному бюро мір і ваги. Сплав, який вирішили використовувати для виготовлення прототипів, забезпечує стійкість, однорідність, і дає змогу дуже добре відполірувати поверхню (для того, щоб його було легше чистити). Після затвердження міжнародних прототипів метра і кілограма Генеральна конференція розподілила решту зразків між державами, які приєдналися до Метричної конвенції, шляхом жеребкування.

Зауважимо, що в зв'язку з визначенням метра і кілограма не як природних величин, а за прототипами, втрачалася одна з важливих переваг метричної системи — її збереженість і можливість точного відтворення. Це засвідчила і практика. Так, еталон метра, переданий Російській імперії, в 1888—1889 рр. мав реальну довжину $1\text{ м} + 0,47\text{ мкм}$. А порівняння його з паризьким еталоном у 1936 р. дало вже довжину $1\text{ м} + 0,71\text{ мкм}$ [5, с. 30]. Тож природні зміни в структурі навіть такого сталого за властивостями матеріалу, як платино-іридієвий сплав, призвели до змін у довжині еталонного зразка.

Лише подальший розвиток методів і точності вимірювань дав змогу в XX ст. частково повернутися до встановлення основних одиниць за вимірами природних величин. Так, сучасні досягнення лазерної техніки і квантової електроніки, висока точність, якої вдалося досягнути при вимірюванні швидкості світла, дали можливість зв'язати визначення одиниці довжини — метра — з одиницею часу — секундою. Тож нині прийняте таке визначення одиниці часу: секунда — це тривалість 9 193 631 770 періодів випромінювання, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133 (ізотопу цезію-133). А метр — це відстань, яку проходить у вакуумі пласка електромагнітна хвиля за $1/299\,792\,458\text{ с}$ (у знаменнику, як це легко побачити, — швидкість світла). При цьому швидкість світла приймається як величина, що не підлягає уточненню [4, с. 49].

Залишилася одна метрична одиниця, котру, як і колись, вважають за міжнародним прототипом. Це одиниця маси — кілограм. Тобто, з кінця XIX ст. і до сьогодні єдиною основною одиницею, пов'язаною з існуванням штучно створеного матеріального прототипу, який не потребує проведення експериментів для забезпечен-

ня її незмінності, залишилася одиниця маси. Прототип 1 кг — це циліндр зі сплаву платини та іридію, діаметром 39 мм і такої самої висоти. Сталість визначення 1 кг забезпечується з точністю 1^{-8} протягом багатьох тисячоліть. Утім, через велику щільність платино-іридієвий сплав має суттєвий недолік: відділення від нього навіть малих частинок веде до доволі значної зміни маси.

Російська імперія, попри активну участь у широкому запровадженні метричної системи, допустила метричні міри лише частково. Так, у торгівлі, в казенних відомствах і громадських управліннях «Положенням про міри і вагу» від 1899 р. було дозволено використовувати такі міри факультативно [3]. А як обов'язкові та єдині їх прийняли тільки у 1918 р. після появи Декрету РНК РРФСР від 14 вересня «Про запровадження міжнародної десятикової системи мір та ваги». Однак події громадянської війни стали на заваді негайному впровадженню цієї системи в торгівлю і промисловість. Тому повний перехід на метричні міри на території колишньої Російської імперії, зокрема, звісно, і в Україні, завершився в 1927 р.



Міжнародний прототип кілограма — циліндр з платино-іридієвого сплаву (90% платина, 10% — іридій). Зберігається в Міжнародному бюро мір і ваги у м. Севр (південно-західне передмістя Парижа, Франція).

Слід зауважити, що ситуація, коли держави — учасники Метричної конвенції використовують метричну систему мір, далеко не в усіх галузях господарства (як колись Російська імперія) є досить типовою. Перехід на неї інколи відбувається не лише повільно, але й болісно для суспільства.

Станом на 29 березня 2010 р. державами — членами органів, створених за рішеннями Великої метричної конвенції, були 54 країни, асоційованими членами — 28 країн [8]. Серед цих держав — і країни з такими потужними економіками, як Велика Британія і США. Але, скажімо, англійці, незважаючи на те, що приєдналися до Метричної конвенції ще 1884 р., перейшли на метричну систему лише в новорічну ніч з 1999

на 2000 р. А у Сполучених Штатах, які підписали Метричну конвенцію в 1878 р., і досі в промисловості й особливо в торгівлі паралельно з метричною системою використовуються традиційні англосаксонські міри. Скажімо, в американських крамницях під час зважування і фасування роздрібних товарів найчастіше використовуються фунти та унції.

В Україні ж, повторімося, метричні міри є основними в науці, техніці й торгівлі ще з 1927 р., але, хоч як це дивно, формально наша держава остаточно влилася в міжнародну спільноту країн, у яких застосовується метрична система, лише у 2002 р. — після набуття нею незалежності й приєднання до участі в діяльності Генеральної конференції з мір і ваги (General Conference on Weights and Measures) у статусі асоційованого члена. А 16 жовтня 2003 р. було підписано й документи про вступ України до Міжнародного комітету мір та ваги (International Committee for Weights and Measures). Це означає, що з цього часу наша країна отримала доступ до еталонної бази Міжнародного комітету мір та ваги і може перевіряти свої еталони за міжнародними, а вимірювання, проведені в Україні з використанням власної еталонної бази, визнаватимуться нашими зарубіжними партнерами. Сприяє це і підвищенню конкурентоспроможності українських товарів на зарубіжних ринках — не в останню чергу завдяки скасуванню обов'язкової процедури випробувань нашої продукції в лабораторіях інших країн.

1. Камке Д. Физические основы единиц измерения : Пер. с нем. / Д. Камке, К. Кремер. — М. : Мир, 1980.

2. Кобрин В. Б. Вспомогательные исторические дисциплины / Кобрин В. Б., Леонтьева Г. А., Шорин Н. А. — М. : Просвещение, 1984.

3. Положение о мерах и весах 1899 г. // Временник Главной палаты мер и весов. — Ч. 5. — СПб., 1900.

4. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Сена Л. А. — М. : Наука, 1988.

5. Шабалин С. А. Измерения для всех / Шабалин С. А. — М. : Изд-во стандартов, 1992.

6. Широков К. П. Международная система единиц / К. П. Широков, М. Г. Богуславская. — М. : Изд-во стандартов, 1984.

7. Шостьин Н. А. Очерки истории русской метрологии. XI — начало XX века // Шостьин Н. А. — 2 изд. — М. : Изд-во стандартов, 1990.

8. The Metre Convention. Member States and Associates / The Metre Convention // Bureau International des Poids et Mesures : [Електронний ресурс] : Режим доступу : http://www.bipm.org/en/convention/member_states/.