

МЕТРИЧНА СИСТЕМА: ІСТОРИЯ ВИНИКНЕННЯ, ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Андрій Зубко

THE METRIC SYSTEM: HISTORY OF ORIGIN, STAGES OF FORMATION AND DIRECTIONS FOR FURTHER DEVELOPMENT

Andrii Zubko

Humanity created the first dimensions in the primitive era. In metrology, they are called «original natural measurements». People have borrowed samples of standard measures from the nature itself. The emergence of states in the Mediterranean, the Middle and Far East, South and Southeast Asia in the fourth millennium BC – first millennium led to the creation of unified state systems of measures. This was due to the needs of public administration, in particular, tax collection. However, production in those days was largely subsistence in nature, while domestic and foreign trade was underdeveloped. In addition, the political disintegration of ancient states into separate feudal domains in the Middle Ages resulted in the emergence of a large number of unrelated local systems of measure.

The development of production, the industrial revolution that began in Western Europe in the 16th and 17th centuries and later gradually spread to other regions of the world, led to the idea of creating a unified world system of measures. This was required by industrial cooperation, the growth of trade between different regions of the world, the need for scientific cooperation between scientists from different countries, etc.

During the XVI–XVIII centuries, scientists in different countries of Western Europe worked on the development of projects for a system of world measures. Such a system, called the «metric» system, was created in France, where it was approved by a decree of April 7, 1795, as a national and international system. It was based on the size of the Earth. The length of the basic unit of the new metric system, the meter, was determined in relation to the length of the earth's meridian, and the scope of other units of the metric system was related to the meter.

In 1875, an international conference was convened in Paris, whose representatives signed the Metric Convention on May 20, which recognized the metric system as international. In 1889, the international prototypes of the meter and kilogram, made of an alloy of platinum and iridium, were delivered to the Breitel Pavilion in Paris.

Humanity has spent a lot of time and effort to create a unified world system of measures. The metric system is now adopted worldwide, except for a few countries where it is used simultaneously with local measures. Nowadays, the economy, science, and all spheres of human life are developing through the use of metric measures.

Keywords: meter, metric system, time measurements, gram, liter, system CGS, system SI.

Метрична система мір визнана міжнародною. В наш час вона використовується в економічній діяльності, наукових дослідженнях і взагалі у всіх сферах життя людства. На обставини її виникнення і напрями подальшої трансформації вплинуло багато факторів – політичних, економічних, соціальних. Для впровадження її у практичне використання були створені спеціальні перехідні варіанти метричних мір. Крім того, на території окремих країн тривалий час метрична система використовувалась одночасно з місцевими мірами, до яких звикло населення. Це інколи трапляється і в наш час. Сама метрична система постійно ускладнюється, в ній з'явля-

ються нові одиниці мір, вдосконалюється методика вимірювань. Це знайшло відображення в історичних джерелах. Для підвищення рівня дослідження величезного комплексу історичних джерел, в котрому відображена історія країн світу в Новий і Новітній час, необхідне вивчення етапів створення, формування і розвитку міжнародної метричної системи.

Дана проблематика в історіографії до цього часу розглядалася переважно в практичному контексті, який стосувався обставин введення метричної системи у Франції наприкінці XVIII ст., її структури, походження основних одиниць, методів використання в різних галузях науки і техніки. Це стосується робіт Депмана І. Я. (Депман 1954, 1955, 1956), Шостьїна Н. А. (Шостьин 1947, 1975), Каменцевої Є. І (Каменцева 1978), Устюгова Н. В. (Каменцева, Устюгов 1975), Чертова А. Г. (Чертов 1967, 1977), Богуславського М. Г. (Богуславский, Широков 1968, 1984), Широкова К. П. (Широков 1967; Широков, Балалаев, Селиванов 1975), Сивухіна Д. В. (Сивухин 1979), Шабаліна С. А. (Шабалин 1990, 1992), Деньгуба В. М. (Деньгуб, Смирнов 1990), Семара Г. М. (Семар 1992) та ін. Практично кожен рік, в міжнародний день метричної системи, який відзначається 7 квітня, виходять статті, де наводиться довідкова інформація про метричну систему мір.

Але час не стоїть на місці, життя рухається вперед. Метрична система мір поступово змінюється, вдосконалюється, набуває нового вигляду. Тому вже на початку ХХ ст. деякі дослідники стали цікавитись історією створення міжнародної системи мір, внеском окремих вчених в розробку її теоретичних основ. Серед них можна згадати французького дослідника Бігурдана К. Г. (Bigourdan 1901). Наприкінці ХХ – на початку ХХІ виходять роботи МакГреві Т. (McGreevy, Cunningham 1995), Джексона Д. (Jackson 1999), Алдера К. (Alder 2002), О'Коннора Д. (O'Konnor, Robertson 2003), Кардареллі Ф. (Cardarelli 2004), Тавернора Р. (Tavernor 2009), Куїнна Т. (Quinn 2012), Феврієра Д. (Fevrier 2012), Голдфарба Р. (Goldfarb 2018) та ін., де вивчалася дана проблематика. Останнім часом з'являються окремі статті, автори яких намагаються визначити напрями подальшого розвитку метричної системи мір (Мадхави Рамани 2018).

В українській історіографії, не рахуючи загальної інформації про метричну систему в посібниках і довідниках, ця проблематика окремо по суті ще не розглядалася. Лише в 2015 році вийшла обмежена за обсягом і змістом стаття автора даної роботи «Міри ваги в метричній системі» (Зубко 2015).

Можна зауважити, що цілий ряд питань, пов'язаних з метричною системою, вимагає подальшого дослідження. Насамперед це стосується:

1. Передумов виникнення метричної системи. Розгляду проєктів по створенню міжнародної системи мір в працях вчених XVI–XVIII ст.;
2. Вивчення аспектів діяльності окремих видатних вчених, пов'язаних з розробкою і вдосконаленням метричної системи;
3. Економічних передумов створення метричної системи – промислового перевороту у виробництві, розвитку ринкових відносин, внутрішньої і міжнародної торгівлі;
4. Визначення етапів виходу наукових досліджень на достатній технічний рівень, необхідний для створення міжнародної системи мір, яка би базувалася на достеменних еталонах, взятих з самої природи;
5. Конкретних обставин розробки метричної системи у Франції в XVIII ст.;
6. Політичних моментів, котрі виникали в кожній країні при впровадженні метричної системи;
7. Перехідних етапів введення метричної системи, зокрема спроб поєднання обсягу метричних одиниць з традиційними мірами в окремих країнах;
8. Етапів подальшого розвитку метричної системи в XIX–XX ст. – створення систем СГС, МКС, СІ. Визначення співвідношення метричних одиниць з одиницями вимірів, які не увійшли до метричної системи;
9. Перспективних напрямів розвитку міжнародної метричної системи в сучасний період, пов'язаних з прогресом науки і виробництва.

Деякі з цих питань є предметом дослідження в даній статті. Однак, в майбутньому, вони можуть бути розглянуті в більш об'ємних, ніж формат статті, наукових роботах.

Слід відмітити причини, чому передумови для створення системи мір, яка мала використовуватись в усьому світі, склалися в Західній Європі. Саме в господарстві Західної Європи в XVI–XVIII ст. відбувся промисловий переворот. Розвиток господарства країн Східної Європи, Азії та Африки в цей час стримувався феодальними відносинами і використанням традиційних неіндустріальних технологій виробництва промислових товарів. В свою чергу в Західній Європі відбувався бурхливий розвиток товарно-грошових відносин і затвердження приватної власності на засоби виробництва.

Одночасно з економічним розвитком, в Західній Європі, починаючи з XIII ст., відбувалися політичні процеси, котрі забезпечували трансформацію влади в умовах нових соціально-економічних відносин. Змістом цих процесів була боротьба за демократію, вимоги прав і свобод громадянина на противагу монархічному управлінню і залежності міщан і селян від феодалів.

В Англії 15 червня 1215 р. була прийнята Велика хартія Вільностей (*Magna Carta Libertatum*), яка поклала початок створенню британського парламенту. Остаточо він склався в часи правління Едуарда I (1272–1307). «В першій половині XIV ст. парламент став поділятися на дві палати: верхню – палату лордів, де засідали прелати і барони, і нижню – палату громад, де засідали лицарі і представники міст: разом вони мали чисельну перевагу над баронами. Міцний союз лицарства і міської верхівки в парламенті забезпечив їм більший політичний вплив в порівнянні з станово-представницькими зібраннями інших країн, зокрема з Генеральними штатами Франції» (Історія середніх віків. Т. 1, с. 261).

У Франції королі, починаючи з XIII ст., неодноразово скликали для вирішення фінансових питань представників дворянства і міст. В окремих областях існували свої місцеві станові зібрання – «штати», які розглядали місцеві справи і збір податків. Починаючи з 1302 р. стали скликатися Генеральні штати, де були представники станів з усіх областей королівського домена. Але в XIV–XV ст. Генеральні штати скликалися порівняно рідко. Обмежувалися скликанням окремо штатів Лангедойля (Північної Франції) і Лангедока (Південної Франції).

У французьких Генеральних штатах були представлені три стани, кожен з яких мав свою палату. Палата першого стану представляла духовництво, другого стану – дворянство. Третя палата (з кінця XV ст. вона стала зватися палатою «третього стану») – представників міст. Голосування проводилось окремо по палатах і при прийнятті резолюції парламентом кожна палата мала лише один голос. Перший і другий стани податків не платили. Тому, на відміну від Англії, у французькому парламенті не склалася більшість завдяки союзу представників міст і лицарів. У Франції представники третього стану вимагали, щоб аристократи платили податки. Тому у французьких Генеральних штатах сформувався союз аристократів і духовництва (феодално-клерикальний), який і приймав всі важливі рішення.

Розвиток демократичних представницьких форм правління йшов і в інших країнах Західної Європи, але часто по різних причинах гальмувався. Так, в Німеччині і Італії перешкодою була політична децентралізація цих країн, у Іспанії і Португалії – феодалні пережитки і повільний розвиток ринкової економіки. Однак, буржуазно-демократичні революції, які відбулися в Нідерландах і Англії в XVI–XVII ст., окреслили напрям майбутнього політичного розвитку для країн Західної Європи. Внаслідок революції влада в Нідерландах і Англії перейшла до парламенту і інших демократичних установ.

В XVI–XVIII ст. в Західній Європі відбувся бурхливий розвиток науки. З розвитком економіки був пов'язаний прогрес технічних наук, з трансформацією системи управління – гуманітарних. Зокрема, в працях істориків були згадані демократичні традиції Давньої Греції і Риму.

Процеси глобалізації економіки, індустріалізації виробництва, прогресу науки і, як наслідок, демократизації органів управління суспільством, призвели до того, що багато видатних представників третього стану країн Західної Європи – політиків, підприємців, науковців, діячів культури виступали за створення загальної системи мір довжини, ваги і часу для Європи і всього світу, засновану на природних еталонах.

Робота в цьому напрямі почалася ще в XVI–XVII ст. Саме в цей час різними вченими були сформульовані основні властивості, котрі повинні бути притаманні міжнародній системі мір:

1. Обсяг її одиниць повинен бути пов'язаний з природними явищами;
2. Співвідношення між одиницями мір повинно бути визначене раціональним чином;
3. Для створення від основних їх кратних і дольних одиниць використовувались префікси.

Першим кроком до розробки загальної системи мір було створення числової системи, яку би прийняв весь світ. Її створили в Давній Індії. В ранньому Середньовіччі в Європі користувалися римськими цифрами, але відомості про числову систему індійців почали потрапляти в країни Європи і Передньої Азії. «В 622 році, в тому самому, яким відкривається ера ісламу, сирійський єпископ – монофізит Север Себохт, автор відомого трактату про астролябію, написав такі слова: «Я не стану торкатися науки індійців, народу, відмінного від сирійців, їх дивовижних відкриттів в астрономії, більш глибоких, ніж відкриття греків і вавилонян, їх системи счислення, переважаючою всі описи. Я хочу лише сказати, що рахунок здійснюється за допомогою дев'яти знаків» (Тимофеев 1986, с. 52).

Згодом: «Індійські цифри через деякий час були запозичені арабами, котрі внесли в них деякі зміни, пристосовавши їх до свого способу письма. Першим оригінальним твором, де до-

стеменно описувалась десяткова позиційна система і здійснювалися арифметичні дії з допомогою індійських цифр, була «Книга про індійський рахунок», створена в IX столітті земляком Біруні, великим математиком середньовіччя Мухаммедом ібн Мусой аль-Хорезмі» (Тимофеев 1986, с. 52).

Таким чином, все, що є у Всесвіті, можна було після виміру підрахувати з допомогою десяти символів. Через арабську Іспанію західноєвропейські вчені познайомилися з працями аль-Хорезмі і інших авторів з Арабського халіфату, де використовувалась індійська цифрова система. «Приблизно в 1202 році Фібоначчі опублікував свій твір Liber Abaci (Книга абака) котрий ввів поняття про позиційний запис у Європі. Ці символи розвинулись в цифри «0», «1», «2» і т. д.» (История метрической системы: Википедия 2023).

В наукових колах Західної Європи запанувала думка, що десять цифр – символів повинні використовуватись для підрахунку в десятковій системі ліку. «В 1586 році Симон Стевін опублікував невелику брошуру під назвою «De Thiende» (десята), котру історики розглядають як основу сучасного запису десяткових дробів. Стевін відчував, що це нововведення доволі важливе, і тому стверджував, що загальне введення десяткової монетної системи, мір та ваги – всього лише справа часу» (История метрической системы: Википедия 2023).

Останнім часом деякі британські дослідники стали наполягати на пріоритеті наукових творів, написаних в Англії в XVII ст., в питанні початку робіт по створенню міжнародної системи мір. «Симону Стевіну приписують введення десяткової системи в загальне використання у Європі. Автори XX століття, наприклад, Vigourdan (Франція 1901) та McGreevy (Великобританія 1995) називали французького священика Габріеля Мутона (1670) винахідником метричної системи. В 2007 році стала відома запропонована англійським священиком Джоном Уілкінсом когерентна десяткова система мір. Після цього історики сконцентрувалися на пропозиціях Уілкінса: Tavernor (2007) однаково розглядає Уілкінса і Мутона, а Quinn (2012) не згадує про Мутона, стверджуючи, що він (Уілкінс) запропонував по суті те, що стало ... французькою десятковою метричною системою» (История метрической системы: Википедия 2023).

Насправді, в наш час, більшість науковців вважає, що: «Авторами перших пропозицій по введенню метричної системи вважаються два священнослужителі: англієць Джон Уілкінс і француз Габріель Мутон. Вони були майже ровесниками – народилися в 1614 і 1618 роках відповідно.

Біографія Уілкінса нагадує пригодницький роман: він встиг побувати керівником коледжів і Оксфорда і Кембріджа (Уедхем – коледж в Оксфорді і Триніті – коледж в Кембріджі – А. З.) (і повоювати з прибічниками астрології і алхімії в університетах), прийняти участь у створенні Королівського товариства, написати декілька книг про мандрівки на Місяць і зустрічі там з селенітами (жанр наукової фантастики – А. З.), одружитись на сестрі Олівера Кромвеля, втратити лабораторію і бібліотеку під час Великої пожежі 1666 року» (История науки: «для всех людей на все времена» 2017).

В середині XVII ст. Джон Уілкінс, який в той час був першим секретарем Лондонського королівського товариства, отримав від нього прохання розробити універсальний стандарт мір. В 1668 році він спробував узагальнити і кодифікувати всі свої пізнання в книзі «An Essay towards a Real Charakter and Philosophial Language» («Досвід про реальне письмо та філософську думку». Більша частина її присвячена розробці універсальної мови для вчених, торговців і мандрівників (в наш час для цього, в багатьох випадках, використовується англійська мова). В свою чергу чотири сторінки частини II в розділі VII були присвячені фізичним вимірам. Тут Уілкінсом була запропонована десяткова система ліку для підрахунку одиниць мір, котрі мали основу в вигляді «універсальної міри», взятої з самої природи. Універсальна мова і система мір, на думку Уілкінса, повинні використовуватись «освіченими людьми» різних країн.

Як джерело для створення своєї «універсальної міри» Уілкінс розглянув земний меридіан, атмосферний тиск і коливання секундного маятника. Він відхилив земний меридіан, як занадто складний, на його думку, для достеменного виміру. Атмосферний тиск також був відхилений, оскільки ще в 1643 році Еванджеліста Торрічеллі (1608–1647) (італійський фізик і математик, учень Галілея, винахідник першого ртутного барометру. Відкрив «торрічеллієву порожнечу» – вакуум, і встановив, що повітря має масу – А. З.) довів його мінливий характер залежно від погоди.

Керуючись пропозиціями Крістофера Рена (1632–1723) (англійський архітектор, математик і астроном, який збудував кафедральний собор Святого Павла в Лондоні, другий за розміром в Європі після собору Святого Петра в Римі – А. З.) і демонстраціями дослідів Христиана Гюйгенса (1629–1695) (нідерландський фізик, механік, математик і астроном, винахідник маят-

никового годинника з анкерним обмежуванням, перший президент Французької академії наук від часу її заснування – з 1666 по 1681 рік – А. З.) Уілкінс зупинився на секундному маятнику.

За пропозицією Джона Уілкінса: «... довжина секундного маятника (приблизно 993 мм), яку він назвав «стандартом», повинна бути стати основою мір довжини. Крім того, за його пропозицією, «мірою місткості» (одиницею обсягу) повинні були визначити як кубічний стандарт, і щоб мірою ваги [маси] стала би вага кубічного стандарту дощової води. Всі кратні і дольні одиниці повинні були відрізнятися від основних на той чи інший ступінь десяти. Коротше, Уілкінс «запропонував по суті те, що стало ... французькою десятиковою метричною системою» (История метрической системы: Википедия 2023).

Одночасно з Уілкінсом свою систему мір, котра повинна була стати світовою, запропонував і француз Габріель Мутон. Це приклад того, як досягнення певного рівня розвитку науки і техніки в окремих країнах, обумовлює здійснення одночасно різними вченими наукового відкриття, незалежно один від одного. Між іншим, Мутон був впевнений у своєму пріоритеті (насправді Уілкінс опублікував свою працю на 2 роки раніше – в 1668 році). Мутон взагалі дуже негативно відносився до можливого плагіату. Зокрема, він змусив Лейбніца доводити секретарю Королівського товариства, що він не використовував ідеї Мутона.

Так: «В 1670 році Габріель Мутон – французький аббат і астроном – опублікував книгу «Observationes diametrorum solis et lunae apparentium», в якій запропонував десятикову систему вимірів довжини, засновану на розмірах Землі, для використання в міжнародному спілкуванні вчених. Мілліар (milliare) був визначений як хвилина для меридіану і поділявся б на 10 центурій (centuria), центурія – на 10 декурій (decuria) і так далі, наступними одиницями були би вірга (virga), віргула (virgula), децима (decima), центезіма (centesima) і міллезіма (millesima)» (История метрической системы: Википедия 2023).

Між іншим, Мутон співвідніс довжину меридіану з коливанням секундного маятника. Мутон була використана оцінка Річчолі, що один градус дуги меридіану дорівнює 321185 болонських футів. Експеримент, проведений Мутонем, продемонстрував, що маятник довжиною в одну віргулу здійснив би за півгодини 3959,2 коливання. Тому довжина віргули за сучасними розрахунками складала 185,2 міліметра. Мутон рекомендував цей метод вченим інших країн, котрі таким чином могли створити копію віргули для власного використання (История метрической системы: Википедия 2023).

В наукових колах країн Західної Європи в середині XVII ст. активно обговорювали створення «універсальної міри», не пов'язаної з певними національними системами мір. Ідеї Мутона викликали зацікавлення, однак більшість вчених схилилась до того, що еталон міри довжини повинен бути створений не на довжині меридіану Землі, а на частоті коливання маятника. Така ідея була запропонована в роботах Пікара «Mesure de la Terre» (1671) і Гюйгенса «Horologium Oscillatorium Sive de motu pendulorum» (1673).

Даними ідеями зацікавилися у Французькій академії наук. Були проведені експерименти з маятником. Довжину секундного маятника, виміряну в Парижі і Лондоні, порівняли з виміром, зробленим в 1672 р. в Кайенні у Французькій Гвіані, в 5° на північ від екватора. Різниця склала 2,81 мм. Вимір коливання маятника, зроблений пізніше на острові Горі в Сенегалі (Західна Африка) за результатом відповідав південноамериканському.

«В 1686 році Ісаак Ньютон в своїй книзі «Математичні початки натуральної філософії» дав теоретичне пояснення «здутого екватора», яке пояснювало знайдену різницю в довжині «секундних маятників», ця теорія була підтверджена експедицією Французької академії в Перу в 1735 році» (История метрической системы: Википедия 2023). Таким чином, було визначено, що частота коливання маятника залежить від широти місця. Тому від використання його як еталона міри вирішено було відмовитись.

В середині XVIII ст. в Західній Європі багатьом стало зрозумілим, що користуватися національними мірами невігідно з багатьох причин. Вони обмежували міжнародну економічну кооперацію, заважали торгівлі і обміну науковими знаннями. За створення єдиної світової системи мір виступили такі відомі вчені, як шотландський винахідник Джеймс Уатт і французький хімік Лавуазьє.

В 1783 р. Джеймс Уатт (1736–1819) (шотландський винахідник, творець універсальної парової машини подвійної дії, винаходи якого поклали початок промисловому перевороту спочатку в Англії, а згодом у всьому світі – А. З.) закликав до створення всесвітньої десятикової системи мір. Для визначення обсягу еталонів, він запропонував вимір щільності води, щоб пов'язати довжину і масу. В 1788 р. Антуан Лавуазьє для використання в своїх експериментах замовив набір з десяти циліндрів, котрі мали масу французького фунта і його десятикових підрозділів.

Таким чином, можна підсумувати, що питання про розробку єдиної системи мір для всього світу наприкінці XVIII ст. стало на порядок денний. Стан розвитку науки і технічна база в країнах Західної Європи до цього були готові. Таку роботу можна було провести або в рамках міжнародного співробітництва, або здійснити як національний проєкт в межах однієї країни. Вже зазначалося, що вчені Англії і Франції одночасно запропонували свої проєкти створення системи світових мір. Але внутрішня політична і економічна ситуація в цих країнах відрізнялася. Англія і Іспанія в XVIII ст. були світовими імперіями. Їх колонії були розташовані на території Північної, Центральної і Південної Америки, Африки, Азії, Австралії і Океанії. Обидві держави мали загальнообов'язкові національні системи мір, які використовувались як в метрополії, так і в колоніях. Їх уряди вважали ці міри світовими. Особливо це стосується Англії, де намагалися подати свою систему мір, як згодом і мову, в якості міжнародної.

Інша ситуація була у Франції. Ця країна мала централізовану владу. Три французькі королі – Людовік XIII (1610–1643), Людовік XIV (1643–1715), Людовік XV (1715–1774) правили країною 131 рік. Однак єдина система мір на території Франції не використовувалась. Перед Французькою революцією в різних регіонах країни нараховувалось до чверті мільйона різних одиниць виміру. В свою чергу, зовнішня торгівля Франції була орієнтована переважно на Європу, де в кожній країні були свої міри. Тому в правлячих колах Франції виникла ідея створити систему мір на природних еталонах, котра повинна була стати не тільки французькою, але і світовою. Це, крім практичної вигоди, повинно було неабияк підвищити престиж Франції на світовій арені.

В 1789 р. підприємці великих торгових міст Франції звернулися до уряду з проханням встановити єдині міри по всій країні. Це було пов'язано з тим, що великі землевласники встановлювали в своїх володіннях власні міри, що заважало товарообміну. Король Людовік XVI (1774–1793) задовольнив це прохання і наказав створити по цьому питанню спеціальну комісію, в склад якої увійшли авторитетні вчені того часу – Лавуазьє, Лаплас, Лежандр.

В 1789 р. у Генеральні штати була відправлена велика кількість проєктів реформи мір. В 1790 р. єпископ отенський Талейран, в пізніші часи відомий дипломат та міністр іноземних справ Директорії, Наполеона I та Людовіка XVIII, виступив на національних зборах з доповіддю про необхідність єдності в галузі вимірювань і запропонував проєкт метричної системи. Талейран пропонував прийняти за одиницю довжини довжину секундного маятника на широті 45° (Депман 1954). У проєкті Талейрана особливо наголошувалось, що питання про нову систему мір повинно мати міжнародний аспект. При цьому Талейран вважав необхідним звернутися з пропозицією до англійського парламенту прийняти участь у створенні нової системи вимірів.

«На початку 1790 року Шарль Моріс де Талейран як представник Франції зустрівся з Джоном Міллером і Томасом Джефферсоном (Великобританія і США), щоб підібрати систему мір, яку можна було б прийняти в якості міжнародної. Дивовижно, але до угоди вони дійшли, після чого кожен озвучив його своєму парламенту. В комісії французької Асамблеї (у якій перебували, наприклад, Жозеф Луї Лагранж, П'єр-Симон Лаплас, Гаспар Монж) десяткова система зустріла серйозного конкурента у дванадцяткової, але всеж перемогла, в той час як пропозиції Міллера і Джефферсона в їх країнах прийняті не були» (История науки: «для всех людей на все времена» 2017).

8 травня 1790 р. Національні збори прийняли декрет про реформу системи мір. 22 серпня він був затверджений королем, ще до французької революції. Підготовчі роботи були доручені Академії наук. Одна комісія на чолі з математиком Лагранжем рекомендувала для нової системи мір десяткову систему. Друга комісія (Лаплас, Лагранж, Монж, Борда, Кондорсе) запропонувала в якості одиниці довжини одну сорокамільйонну долю паризького меридіана (Депман 1955). В доповіді Національним зборам Академія наук особливо підкреслювала, що в проєкті системи мір немає нічого місцевого, суто французького. Проєкт системи мір повністю виправдовував гасло: «На всі часи для всіх народів» (Каменцева, Устюгов 1975, с. 211).

Потужним поштовхом до розробки і впровадження нової системи мір стали події Французької революції. Засновниками нової системи була поставлена мета побудови її на підставі даних науки та міркувань «чистого розуму». Один з членів Міжнародної комісії 1799 р., котра затвердила прототипи метричної системи, Фан-Свінден писав, що: «... для створення справжньої філософської системи вимірювань, котра була б гідна освіченого сторіччя, неможливо допустити нічого, що не будувалося би на нових засадах, що не пов'язане найтісніше з незмінними явищами, нічого, що могло б у пізніші часи залежати від людей або від подій. Потрібно звернутись до самої природи, позичивши основу системи вимірювань у її надрах, і зуміти знайти у ній же засіб перевірки» (Каменцева, Устюгов 1975, с. 208).

В декреті Національних зборів від 26 березня всі пропозиції доповіді Академії наук були затверджені. Але для встановлення точного розміру одиниці міри довжини нової системи треба було провести геодезичне вимірювання частини дуги паризького меридіану між Дюнкерком і Барселоною. Обидва міста розташовані на паризькому меридіані. Вимірювання було доручене двом академікам – астрономам Мешену і Деламбуру. Мешен повинен був виміряти південну частину – від Барселони до Родезу у Пірінеях. Деламбуру дісталася найбільша частина – від Родезу до Дюнкерку.

В 1792 р. обидва астрономи виїхали з Парижу, щоб виміряти меридіан. Жан Батіст Жозеф Делабр поїхав на північ до Дюнкерку, а П'єр Мешен – на південь в Барселону. З допомогою новітнього на той час обладнання і геодезичного методу триангуляції вони збиралися виміряти дугу меридіана на відстані між цими географічними пунктами, розташованими на рівні моря. Після цього, з допомогою математичних підрахунків продовживши дугу до еліпса, вони повинні були виміряти відстань між Північним полюсом і екватором і зустрітись в Парижі через рік, отримавши таким чином, новий стандарт виміру. Однак, експедиція Мешена і Делабра продовжувалась сім років.

«Пантеон, який Людовік XV задумував як храм, став головною геодезичною станцією Парижу. З його куполу Делабр проводив тригонометричну зйомку усіх точок міста. Пізніше храм перетворили в усипальницю великих людей і героїв Республіки, наприклад, Вольтера, Рене Декарта і Віктора Гюго. Але в часи Декарта він виконував функцію і мавзолею іншого типу. В ньому знаходився склад для старих грузил і інших стандартів виміру, надісланих з усіх міст Франції в очікуванні нової системи» (Мадхави Рамани 2018).

1792 рік був відмічений бурхливим розвитком подій французької революції. В цьому році відбулося загострення політичної боротьби і втеча Людовіка XVI з Парижу. У Франції, де працював Делабр, місцеве населення досить підозріло віднеслося до роботи астронома, не розуміючи її змісту. Ще більше труднощів припало на долю Мешена. Конвент, як головна установа революційної Франції, в березні 1793 р. оголосив війну Іспанії. В результаті Мешен, який працював на території Іспанії, був арештований і потрапив у полон.

На початку весни 1792 р. Законодавчі збори звинуватили Академію наук в тому, що роботи ведуться надто повільно. Вирішено було не чекати завершення робіт по виміру дуги меридіану, а скористатися результатом його останнього виміру, здійсненого в 1739 р. Кассіні (Жак Кассіні (1677–1756) французький астроном, син славетного астронома Джованні Кассіні (1625–1712), котрий відкрив чотири супутники Сатурна – Япет, Рею, Тефію, Діону. З 1712 р. Жак Кассіні очолив Паризьку обсерваторію, де замінив на цій посаді батька – А. З.) та Лакайлем (Ніколя Луї Лакайль (1713–1762) аббат, французький астроном. В 1751–1752 рр., працюючи на мисі Доброї Надії в Африці, відкрив 14 нових сузір'їв південного неба, яким дав назви астрономічних приладів і інструментів. Всього сучасна астрономічна наука налічує на зоряному небі 88 сузір'їв, з них 48 сузір'їв північного неба мають давні назви, а 40 сузір'їв південного неба – нові, оскільки зоряне небо південної півкулі Землі побачили лише під час Великих географічних відкриттів в XVI ст. – А. З.).

Підсумки виміру дуги меридіану Кассіні та Лакайлем тимчасово, до завершення робіт Мешена та Делабра, були покладені в основу створення метра – міри довжини і одночасно головної одиниці метричної системи. За цим виміром одна десятимільйонна частина чверті дуги меридіану дорівнювала 3 паризьким футам та 11,44 лініям. Створена на цій підставі система вимірів була затверджена Конвентом 1 серпня 1793 р. Виготовлення еталонів мір нової системи повинно було проходити під наглядом комісару, кандидатура якого повинна була бути узгоджена між Академією наук і Комітетом народної освіти. На другий день після виходу цього указу Академія наук припинила своє існування.

Ця подія не вплинула на подальше проведення реформи. Конвент 2 вересня 1793 р. створив тимчасову комісію мір та ваги під головуванням академіка Борда. В склад комісії увійшли всі вчені, хто займався створенням нової системи мір за дорученням Академії наук. Мешен звільнився з іспанського полону і разом з Делабром продовжив вимірювання чверті дуги паризького меридіану. Відомий фізик Лавуаз'є разом з фізиком Гаюї провели експеримент по визначенню ваги води, необхідний для визначення маси еталона для вимірів ваги. Цей вимір дав вагу 0,1 частини літру дистильованої води, врахованої при найвищій щільності (+4 °C) та зваженій у вакуумі.

В грудні 1793 р., в зв'язку з різким загостренням політичної і військової ситуації у Франції, робота тимчасової комісії мір та ваги була припинена. Лише в 1795 р. вона була поновлена. 1 березня 1795 р. учасник Законодавчих зборів інженер Приєр Дювернуа подав до Конвенту доповідь, де була дана характеристика основних параметрів нової метричної системи.

7 квітня 1795 р. статтею 5 закону від 18 жерміналя III року Республіки Конвентом була введена в дію метрична система мір. Головною одиницею довжини в ній був визначений метр, який був названий тимчасовим, оскільки в його основу були покладені попередні виміри дуги меридіану, здійснені Кассіні і Лакайлем в 1739 р. Назва метр походить від грецького «метрон» – міри. За цією назвою всю систему мір назвали метричною. Довжина тимчасового метру була визначена у 3 паризькі фути 11,44 ліній.

Текст закону 7 квітня 1795 р. про створення нової системи мір підготував Приєр Дювернуа. Він же дав і остаточну редакцію системи назв нових мір. Діяльність цього видатного вченого, однак, несла на собі відбиток революційної доби. Так, по підготованій Приєром 23 грудня 1793 року постанові Комітету, з Тимчасової комісії мір та ваги був виключений ряд вчених, в тому числі Лавуазьє, Кулон і Лаплас, як люди «які не заслуговують на довіру щодо нестачі республіканської доблесті і ненависті до королів».

Стаття 2 закону про міри та вагу наголошувала: «Для всієї Республіки буде лише один еталон мір та ваги: це буде платинова лінійка, на якій буде накреслений метр, прийнятий в якості основної одиниці всієї системи мір».

За статтею 5 закону від 7 квітня 1795 р.: «Нові міри відтепер будуть зватися республіканськими: їх номенклатура остаточно прийнята наступна: Будемо звати: метр, міра довжини, яка дорівнює десятиміліонній частині дуги земного меридіану між північним полюсом і екватором ... виміри площі землі, що дорівнює квадрату по десять метрів з кожного боку. Вкажіть розмір, призначений спеціально для дров, і який буде дорівнювати кубічному метру. Літр – міра місткості як для рідин так і для сухих речовин, місткість якої дорівнює кубічній сотой частині метру, і температурі танення льоду».

В статті 10 закону підкреслювалось, що роботи над остаточним формуванням нової системи мір будуть продовжені: «Роботи по визначенню одиниці виміру довжини і ваги, виведної із розмірів Землі, розпочаті Академією наук і супроводжувані Тимчасовою комісією вимірів, внаслідок указів від 8 травня 1790 р. і 1 серпня 1793 р. будуть продовжуватись до їх повного завершення окремими комісарами, обраними головним чином з числа вчених, що брали участь досі, і список яких буде складено Комітетом народної освіти. За допомогою цих положень адміністрація, відома як Тимчасова комісія мір та ваги, скасовується» (*Decret relative aux poids et aux mesures. 18 germinal an 3 (7 avril 1795)*).

Таким чином, були визначені головні одиниці виміру – метр (міра довжини), ар (міра площі), стер (кубічна міра), літр (міра вологих і сипких речовин) та грам (міра ваги). Назва міри «ар» походить від грецького «арос» – оранка, назва міри «літр» – від грецького «літра» – ваговий фунт. Головною одиницею міри ваги, як вже було зазначено, був прийнятий грам – абсолютна вага чистої води, тотожна за обсягом кубу 0,01 частини метра при температурі розтоплення льоду, тобто при °С. Назва міри «грам» походить від грецького слова «грамма» – напис, означення.

Система поділу цих головних одиниць була прийнята десяткова, тобто велика одиниця дорівнює десяти дрібним, і навпаки, дрібна одиниця складає десятку частину більшої одиниці. Для одиниць більших, ніж основні, до їх назв приєднувались грецькі числівники, що означали кількість основних одиниць в їх складі: дека – десять, гекто – сто, кіло – тисяча, міріа – десять тисяч. Для одиниць менших, ніж основні, були запроваджені префікси, взяті від латинських числівників, що означали відповідні числа: деці – десять, санті – сто, міллі – тисяча. Префікси для позначення похідних від головних одиниць метричної системи окремих вимірів були прийняті згідно пропозиції Фан-Свіндена.

Таким чином, головна одиниця довжини нової системи мір була запозичена з природи, а інші одиниці цієї системи знаходилися у простому математичному зв'язку з головною мірою.

Після публікації тексту закону 1795 р. Мешен та Делаамбр продовжили свої виміри. Нарешті, через три роки, в осінь 1798 р., вимірювальні роботи були завершені. Згідно ініціативи міністра закордонних справ Франції Талейрана, комісари Національного інституту – установи, яка замінила Академію наук, розіслали запрошення в різні країни з пропозицією прислати делегатів для участі в Міжнародній комісії. Вона повинна була остаточно затвердити метричну систему. Уряд Франції і самі автори метричної системи сподівалися відразу затвердити її міжнародний статус. Вони, не без підстави, вважали, що вимірювання, які були проведені, і результати, які були досягнуті, своєю досконалістю переважають всі системи мір, прийняті до того часу в усіх країнах.

Однак, оскільки революційна Франція на той час воювала майже зі всіма монархіями Європи, делегатів на Міжнародну конференцію приїхало небагато. З'явилися делегати від італійських республік: Римської, Тосканської, Лігурійської, Цизальпінської. Крім них, делегати від Гельветської і Батавської республік, а також від Данії і Сардинії.

Всі делегати зібралися у вересні 1798 р. 25 травня 1799 р. міжнародний Конгрес офіційно повідомив про закінчення робіт по виготовленню еталонів нової системи мір. Праця Конгресу була закінчена 22 червня 1799 р. На підставі нових вимірів з платини були виготовлені прототи-пи метра і кілограма, та здані на зберігання в Архів республіки. З того часу ці еталони отримали назву «архівних». Серед учасників Конгресу були розповсюджені залізні копії метра та кілограма.

10 грудня 1799 р., через півроку, новий французький уряд – консульство, який вже очолював Наполеон, в новому законі про міри були підтверджені основні принципи попереднього закону від 7 квітня 1795 р. і відмінений тимчасовий метр. Замість нього головною одиницею довжини став архівний метр, створений по результатам вимірювань, проведених Мешеном і Делаμβром. Довжина архівного метра була визначена в 3 фути 11,296 ліній замість довжини тимчасового метра в 3 фути 11,44 ліній. Таким чином, новий метр став дещо коротше попереднього.

Стаття 4-та закону про міри від 10 грудня 1799 р. урочисто проголошувала: «Виготовити медаль, на першій половині якої повинний бути напис «На усі часи для всіх народів» а нижче такий напис: «Французька республіка VIII рік». Однак ця медаль так і не була викарбувана.

Будь яка система мір може вважатися комплексною, якщо включає в себе і міри часу. Ідея заміни григоріанського календаря новим, вільним від релігійних традицій, з'явилася у Сільвена Марешаля – революційного публіциста і поета.

На початку 1788 року Марешаль випустив «Альманах чесних людей» – невелику книжку, датовану «Першим роком царства розуму». Це був, скоріше, памфлет проти релігії, ніж науково обгрунтований проєкт нового календаря. На той час католицька церква, насамперед її керівництво, активно підтримувала королівську владу у Франції. Тому ідеї про реформу календаря у французьких революціонерів завжди мали антирелігійний зміст.

Рік в альманасу починався з березня, котрий отримав назву принцепс (перший), квітень отримав нове ім'я альтер (другий), травень – тер (третій) і т. п. September, october, november, december зберегли старі римські назви, оскільки походили від числівних. Їх значення, як сьомого, восьмого, дев'ятого і десятого місяців, відповідало їх розташуванню в календарі, оскільки початком року в ньому був прийнятий березень. Січень і лютий, які завершували рік, були переіменовані в ундецембр (одинадцятий) і дуодецембр (дванадцятий). В кожному місяці було 30 днів. Місяць поділявся на три декади (десятиденки). П'ять днів року, що залишилися, були присвячені святкуванню «Кохання», «Подружжя», «Вдячності», «Дружби» і «Великих людей».

Головною особливістю альманасу було те, що з його «святців» були видалені всі святі. Автор замінив їх іменами «чесних людей» – Аристотеля, Вольтера, Данте, Декарта, Компанелли, Ньютона, Спинози, Шекспіра і багатьох інших відомих діячів науки і культури.

За вимогою королівського прокурора альманас був спалений, а Марешаль потрапив до в'язниці. Після революції альманас багато разів перевидавався і автор кожен раз вносив в нього різні зміни і доповнення. Значення його полягало в тому, що він став прототипом революційного календаря.

Після того, як у вересні 1792 року у Франції відбулася революція, Національний конвент (вищий представницький і законодавчий орган революційної влади, котрий існував з 20 вересня 1792 р. по 26 жовтня 1795 р.) вирішив замінити григоріанський календар. «Такий захід викликався не лише необхідністю створити нову одиницю виміру часу, погоджену з уже введеною в той час метричною системою, але і відзначити початок нової доби в житті Франції. Потрібен був календар, який однаково міг би застосовуватись всіма громадянами незалежно від їх віросповідання» (Селешников 1962, с. 92).

Новий календар було доручено розробити спеціальній календарній комісії, яку створили при Комітеті з народної освіти. Її очолив Жильбер Ромм (1750–1795), активний діяч французької революції, котрий належав до край лівого крила якобинців. Участь у роботі комісії приймали видатні вчені Франції: Лагранж, Лаланд, Монж та ін.

20 вересня 1793 року Ж. Ромм виступив перед Національним конвентом з ґрунтовною доповіддю. В ній він наголосив на основних особливостях нового календаря. Ось уривок з його виступу: «Перебіг численних подій французької революції являє собою вражаючу, можливо, єдину епоху за своїм узгодженням з небесними рухами, з порами року і з давніми традиціями.

21 вересня 1792 року народні представники, зібравшись в Національний конвент, проголосили скасування королівської влади: це був останній день монархії і він повинен стати останнім днем християнської ери і останнім днем року.

22 вересня був декретований перший день республіки і в той же день в 9 годин 18 хвилин Сонце досягло точки осіннього рівнодення.

Таким чином, рівність днів і ночей була відзначена небесним світилом у цей момент, коли представниками французького народу проголошено громадянську рівність на землі» (Селешников 1962, с. 92–93).

5 жовтня 1793 року постановою Національного конвенту у всій Франції був введений новий, революційний календар.

Насамперед, скасовувалась ера від «Різдва Христового» і початок нового року 1 січня. Замість неї була проголошена ера Французької революції. Конвент ухвалив почати рахунок років в новому календарі з моменту знищення королівської влади і проголошення республіки з 22 вересня 1792 року, яке співпало з днем осіннього рівнодення (у високосних роках рівнодення відбувається 22 вересня, а не 23 вересня, як у звичайних. 1792 рік був високосним).

В кожному з 12 місяців було по 30 днів. Замість старих назв, пов'язаних з античною міфологією і іменами римських імператорів, вони отримали нові, які відображали природні умови кліматичної зони Франції.

Назви новим місяцям придумав поет і депутат Фабр д'Еглантін (1755–1794). Коли він закінчив свою схвильовану промову перед Національним конвентом, зал йому аплодував стоячи.

Місяці одної пори року мали свої красиві закінчення, котрі відрізняли їх від місяців іншої пори року. Так, всі осінні місяці мали закінчення «ер», зимові – «оз», весняні – «аль», і літні «ор».

Для осені (з 22 вересня по 20 березня): Vendemiaire (вандемьєр) – місяць збору винограду; Brumaire (брюмер) – місяць туману; Frimaire (фрімер) – місяць заморозків.

Для зими (з 21 грудня по 20 березня): Nivose (нівоз) – місяць снігу; Pluviose (плювіоз) – місяць дощу; Ventose (вентоз) – місяць вітру.

Для весни (з 21 березня по 18 червня): Germinal (жерміналь) – місяць проростання; Floreal (флореаль) – місяць цвітіння; Prairial (преріаль) – місяць лугів.

Для літа (з 19 червня по 16 вересня): Messidor (мессідор) – місяць жнив; Thermidor (термідор) – місяць спеки; Fructidor (фруктідор) – місяць плодів (Селешников 1962, с. 95).

Семиденний тиждень був скасований, як і назви днів тижня. Місяць нового календаря поділявся на три декади, останні дні яких були присвячені відпочинку.

Назви днів декади, також запропоновані Фабром д'Еглантіном, були прийняті Конвентом. Вони були створені з латинських порядкових числівників з додатком закінчення «ді» – перших літер латинського слова «dies» – день.

Таким чином, були створені наступні назви днів декади: Primidi (пріміді) – перший день; Duodi (дуоді) – другий день; Tridi (тріді) – третій день; Quartidi (квартіді) – четвертий день; Quintidi (квінтіді) – п'ятий день; Sextidi (секстіді) – шостий день; Septidi (септіді) – сьомий день; Octidi (октіді) – восьмий день; Nonidi (ноніді) – дев'ятий день; Decadi (декаді) – десятий день.

В кінці року треба було додавати в календарі 5 днів, а в високосному році 6 днів. Цей період року з 17 по 22 вересня був названий на честь учасників революції «санкюлотідами» і проголошений неробочим.

Перша санкюлотіда (17 вересня) була святом Генія, під час якого вихвалялися видатні відкриття і винаходи, зроблені за рік в науках, мистецтвах і ремеслах. Друга санкюлотіда (18 вересня) була святом Праці і присвячувалась героям праці. Третя (19 вересня) святом Подвигів, коли прославлялися прояви особистої мужності і відваги. Четверта (20 вересня) святом Нагород, під час якого нагороджувались ті, хто був відзначений у три попередні дні. П'ята санкюлотіда (21 вересня) святом Думки. Вона була днем критики посадових осіб, якщо вони не виправдали наданої їм довіри. Фабр д'Еглантін надавав найбільшого значення саме цьому дню: «Один тільки цей день здійснить найкращий стримуючий вплив на посадових осіб, ніж найбільш драконівські закони і всі трибунали Франції». Шоста санкюлотіда (22 вересня) відзначалася лише в високосні роки і звалася просто санкюлотідою. Вона присвячувалась олімпіадам, спортивним іграм і змаганням.

Як вже зазначалось раніше, нова метрична система була заснована на десятковому принципі підрахунку одиниць. «Однак революційний уряд виправдовував свій статус і пішов далі – затвердив десяткову систему і у вимірах часу. Революційна доба складалася з десяти годин, година – зі ста хвилин, а хвилина – зі ста секунд. Десять днів складали тиждень, а далі йшли поступки: в році було, як і раніше, 12 місяців, а кожен з них складався з трьох тижнів (що давало декілька зайвих днів в кінці року). Така система виміру часу не прижилася і була відмінена указом від того ж 7 квітня (18 жерміналя III року) (7 квітня 1795 року був прийнятий закон про запровадження метричної системи – А. 3.), календар протримався трохи довше. Адже приймали десяткову систему, як казав Кондорсе, «для всіх людей на всі часи» (История науки: «для всех людей на все времена» 2017).

Календар французької революції використовувався більше 13 років: з 22 вересня 1792 року по 31 грудня 1805 року, коли він знову був замінений григоріанським календарем. Через 65 років він був поновлений в часи Паризької комуни і проіснував з 18 березня по 28 травня 1871 року.

Треба окремо зупинитися на походженні числової системи, покладеної в основу сучасного ліку часу. Дванадцяткова система рахунку йде від способу ліку чисел в цивілізаціях Давнього Сходу. В системах виміру часу вона використовується вже тисячі років. Навіть введення всевітньої системи метричних мір з її десятковою системою ліку одиниць не змогло змінити цю традицію. Дванадцяткова і похідна від неї шістдесяткова рахункові системи сьогодні покладені в основу ліку часу, і не тільки його, у всьому світі.

«Походження шістдесяткової системи неясно. По одній гіпотезі, вона пов'язана з використанням рахунку на пальцях» (Ван дер Варден 1959, с. 437–438). В календарях Китаю і інших країн Далекого Сходу і Південно-Східної Азії доба поділялася на 12 годин – вартових. Використовувався також в цих календарях 12 – річний цикл з тваринами – символами років і 60 – річний цикл.

Сам: «12-годинний формат обчислення часу передбачає поділ 24 годин, що становлять добу, на два 12 – годинні інтервали – опівночі (опн) та пополудні (ппд) ... В багатьох мовах 12-годинний формат використовується у поєднанні зі словами «ранку», «дня», «вечора», «ночі».

Застосування 12-годинного відліку часу відмічено ще у Месопотамії і Давньому Єгипті. Єгипетські сонячні годинники для використання вдень і водяні годинники для використання вночі було знайдено в гробниці фараона Аменхотепа. Кожні з цих годинників, датованих XV ст. до н. е., поділяли відповідні їм інтервали доби на 12 годин» (Шестидесятирична система счислення: Вікіпедія 2024).

Вперше поділ доби на години (але з різною довжиною годин) з'являється в Давньому Єгипті біля 2100 року до н.е. Ця доба в 24 години включала в себе одну годину ранкових сутінків, десять денних годин, одну годину вечірніх сутінок і дванадцять нічних годин. Біля 1300 року до н.е. добовий рахунок часу був реформований: світлий та темний час доби поділили на 12 частин відповідно, внаслідок чого тривалість «денної» та «нічної» години змінювалась залежно від сезону.

В Вавилоні також існував поділ дня і ночі на 12 годин. Згідно «Історії» Геродота, від вавилонян цю систему перейняли давні греки, пізніше, ймовірно від єгиптян або греків, засвоїли римляни. Наприклад, взимку тривалість «денної години» в Римі складала біля 45 хвилин.

Термін «година» вперше з'явився в грецькій мові в другій половині IV ст. до н. е. Клавдій Птолемей, який жив у II ст., офіційно ввів поділ доби на 24 години (Час: Вікіпедія 2024). Окремо стоїть питання про початок поділу години на хвилини та секунди. Ще в Давньому Шумері з'явився поділ одиниці на 60, котрий здійснювався поетапно. Тобто одиницю ділили на 60, потім її 1/60 знову на 60, далі знову отриману 1/60 ділили на 60 і т.д.

Даний поділ потім почали використовувати і у відношенні одиниць часу. «В Вавилонії після 300 року до н.е. день поділявся шістдесятково, тобто на 60, отриманий відрізок ще на 60 і т.д., до, принаймні, шести розрядів після шістдесяткового роздільника (що давало точність більше двох сучасних мікросекунд). Наприклад, для тривалості їх року використовувалося 6-розрядне дробове число від тривалості одного дня, хоча вони були не в змозі фізично виміряти такий малий проміжок ... Вавилоняни не використовували одиницю часу «година», замість цього використовувалась подвійна година довжиною 120 сучасних хвилин, а також час – градус довжиною 4 хвилини і «третья частина» довжиною $3 \frac{1}{3}$ сучасної секунди (хелек в сучасному єврейському календарі), але ці менші одиниці вони вже не поділяли. Жодна з шістдесятичних частин доби ніколи не використовувалась як незалежна одиниця часу» (Секунда: Вікіпедія 2024).

«Грецькі астрономи періода елліністичної Греції Гіппарх і Птолемей розділяли добу на підставі шістдесятичної системи числення і також використовували усереднену годину (1/24 доби), прості частки години (1/4, 2/3 і т.п.) і час – градус (1/360 доби, або 4 сучасних хвилини), але не сучасні хвилини чи секунди» (Секунда: Вікіпедія 2024).

Поділ години на 60 послідовно по 6 розрядам почався в практиці використання юліанського і згодом григоріанського календарів. Про це свідчать латинські назви одиниць часу: «Термін (секунда – А. З.) запозичений в XVIII столітті з латини, де *secunda*, буквально «друга» – скорочений вираз *pars minuta secunda* – «частина дрібна друга» (години), на відміну від *pars minuta prima* – «частина дрібна перша» (години). Слово секунда походить від латинського словосполучення *secunda divisio*. Це означає другий поділ години (в шістдесятковій системі числення)» (Секунда: Вікіпедія 2024).

При поділі години послідовно на 60 по 6 розрядам перший шістдесятковий знак після коми зветься мінута (′), другий – секунда (″), третій – терція (″″), четвертий – кварта (″″″), п'ятий – квінта (″″″″) і т.д. Назва «мінута» означає мала частина – від слова мінімум, а наступні терміни є порядкові – другий, третій, четвертий, п'ятий поділ на частини.

В Давній Русі вже на початку XII ст. годину поділяли на хвилини – «часці» і секунди. В годині рахувалося 60 «часців» – хвилин, а кожен часець поділявся на 47–60 секунд.

«В 1000 році перський вчений аль – Біруні визначив час повних місяців для конкретних тижнів через кількість днів, годин, хвилин, секунд, третей і чвертей, відраховуючи від полудня неділі. В 1267 році англійський філософ та природовипробувач Роджер Бекон встановив часові проміжки між повними місяцями через кількість годин, хвилин, секунд, третей і чвертей (horaе, minuta, secunda, tertia, quarta) після полудня певних днів. Терція – «третина», у значенні «третій поділ години», існує для позначення 1/60 секунди і зараз у деяких мовах, напр. пол. *tercja* і тур. *salise* ...

Як одиниця часу, секунда (у тому значенні, що година поділяється на 60 двічі, вперше виходять хвилини, вдруге (second) – секунди увійшла до англійської мови наприкінці XVII століття» (Секунда: Википедія 2024).

Отже, спроба ввести десяткову систему у вимір одиниць часу не мала успіху. Цьому завадило тривале використання протягом тисяч років дванадцяткової і шістдесяткової систем ліку в підрахунку одиниць часу, яке стало традицією. В 1806 році Наполеон офіційно відмінив дію «революційного» календаря.

Введення у практичне використання десяткової метричної системи мір також зустріло великі труднощі. Люди не бажали відмовлятися від звичних старих засобів виміру, пов'язаних з місцевою економікою, звичаями і ритуалами. Тому органам влади у Франції доводилось з допомогою поліції з застосуванням силових заходів впроваджувати метричну систему в торгівлі. Тут не обійшлося без зловживань. Там, де метрична система почала використовуватись, торговці нею часто зловживали, округляючи ціни нагору і даючи меншу кількість продукту (Alder 2002).

Тому владою було проведено багато заходів для ознайомлення населення з новою системою мір, доведення її переваг. Друкувалися тисячі статей, розповсюджувалися навчальні ігри, керівництва, альманахи і таблиці перекладу мір. Стандартний метр був вбудований у стіни найвідоміших будівель Парижу (Alder 2002).

Наполеон, який в той час зосередив в своїх руках владу над Францією і всією Європою, крім Англії та Росії, розуміючи проблеми, які виникли при введенні метричної системи, вирішив на перехідний період створити особливу систему мір, де давні звичні міри мали бути поєднані з метричними.

Декретом «*decret imperial du 12 fevrier 1812*» Наполеон ввів нову систему мір «*Mesures usuelles*» (з фр. – «звичні виміри») для використання у торгівлі. Однак уряд, юридичні і подібні служби, повинні були використовувати метричну систему мір і вона продовжувала викладатися в начальних закладах всіх рівнів (Fevrier 2012).

В декреті Наполеона нова одиниця довжини *toise* (метричний туаз) визначалася в два метра, а нова одиниця ваги *livre* (відомий як метричний лівр) був визначений в 500 г. В торгівлі продукція могла продаватися під старими назвами одиниць мір і в старому співвідношенні між ними, однак, через погодження їх з метричною системою, з дещо відмінними від попередніх часів абсолютними величинами. Ці одиниці мір отримали назву *mesures usuelles* (звичні виміри). Завдяки наполеонівським завоюванням вони були прийняті в більшості країн Європи, зокрема в Німеччині, Італії, Нідерландах.

В декреті Наполеона від 12 лютого 1812 р. дозволялися наступні виміри:

1. *toise* (морська сажень) в 2 метри = 6 *pieds* (футів) по 33,33 см = 72 *pouces* (дюйма) по 2,77 см. *Pouce* = 12 *lignes* (ліній) по 23 мм. *Pied* і *pouce* в 33,33 см та 2,77 см були на 2,6% більше старих одиниць французької системи мір.

2. *anne* (лікоть) в 120 см = 2 *demi anne* (півліктя) по 60 см = 3 *tiers anne* (третина ліктя) по 40 см. Нова одиниця була на 1,3% відсотку довшою, ніж *l'anne de Paris* (118,48 см).

3. *litre* за обсягом дорівнював метричному літру і був поділений по системі двох. Літр = 2 *demis* («половинки») = 4 *quarts* («четвертинки») = 8 *hitiemes* («восьми частини») = 16 *seiziemes* («шістнадцяті частини»).

4. *boisseau*, (бушель) був визначений як 8 гектолітрів по 100 літрів = 800 літрів. Були визначені похідні величини – *double – boisseau* (подвійний бушель) в 1600 літрів, *demi boisseau* (напівбушель) в 400 літрів і *quart boisseau* (чверть – бушель) в 200 літрів.

5. livre (лівр, фунт) в 500 г = 16 onces (унцій) по 31,25 г. Унція в 31,25 г = 8 gros (гросів) по 3,9 г. Кожен gros в 3,9 г = 72 grains (гранів) по 0,054 г. Таким чином, лівр дорівнював 9216 грамам, як і в системі поділу тройського фунта. «Слід зауважити, що метричний лівр, не будучи легальною одиницею виміру, досі використовується у повсякденному житті у Франції» (Mesures usuelles: Википедія 2021).

Між іншим, «Mesures usuelles» не включали одиниці довжини, більші за туаз. Як приклад, можна порівняти систему мір довжини в «Mesures usuelles» Наполеона з мірами довжини в дореволюційній королівській системі мір Франції.

Дометрична французька система: туаз в 1,94 м = 6 паризьких футів в 32,48 см = 72 дюйми в 2,7 см = 864 лінії в 0,225 см = 10368 крапок по 0,189 мм.

Як бачимо, співвідношення одиниць мір довжини те саме, лише трохи змінився їх обсяг. До речі, слово «туаз» походить від латинського *tendere* – «втягувати». Тобто це махова сажень. «Еталон туаза був виготовлений в 1735 році механіком Ланглуа з заліза. Цією одиницею користувалися Кондалін, Бугер, Мопертюї і Клеро при градусних вимірах в Лапландії і Перу; звідси назви «Toaise du Prou», «Toaise du Nord» (Туаз: Википедія).

Декрет Наполеона був відмінений в часи правління у Франції Луї-Філіппа законом «Loi du 4 juillet 1837» (закон від 4 липня 1837). Закон вступив в дію з 1 січня 1840 року і відновив вихідну систему мір (Fevrier 2012).

В XIX ст. відбувся бурхливий розвиток політичних процесів в Європі. Пройшло політичне об'єднання в таких великих країнах як Італія і Німеччина. Одночасно йшов процес індустріалізації виробництва, посилювалась кооперація між підприємствами у випуску продукції. Постійно зростав обсяг торгівлі між країнами, пов'язаний з розвитком загальноєвропейського і світового ринку. В таких політичних і економічних умовах, які склалися в світі в середині XIX ст., посилювалися вимоги о введенні єдиної світової системи мір. Малася на увазі саме метрична система.

В середині XIX ст. метрична система була введена у вжиток в деяких європейських країнах: у Іспанії (1859), Португалії (1852), а також в країнах Центральної і Південної Америки – Колумбії, Мексиці, Венесуелі, Бразилії, Перу, Аргентині та ін. (Широков, Балалаев, Селиванов 1975, с. 20).

Одночасно йшла подальша деталізація окремих елементів метричної системи. В 1832 році німецьким вченим Карлом Фрідріхом Гауссом було запропоновано застосувати в фізиці нову систему мір СГС (сантиметр – грам – секунда). Таким чином, метричні одиниці були введені в науку. Праця Гаусса поклала початок використання науковим співтовариством різних країн метричної системи в якості базової в наукових дослідженнях.

Британські вчені в 1861 році запропонували модель взаємопов'язаних одиниць мір. Через два роки, в доповіді 1863 року (Reports of the Committee on Electrical Standarts 1873) вони сформулювали ідею створення цілісної системи одиниць. В цій системі одиниці довжини, маси і часу були визначені як «фундаментальні одиниці». В наш час вони зветься базовими. Всі інші одиниці повинні створюватись на основі цих базових одиниць, відповідно бути їх похідними. Цими базовими величинами стали метр, грам і секунда. Так була створена система МКС.

Метричні міри розповсюджувалися в окремих країнах без міжнародних домовленостей. Тому багато вчених, починаючи з середини XIX ст., стали виступати за законодавче затвердження метричної системи як загальносвітової системи мір. Популяризації цієї ідеї сприяли всесвітні експозиції. Так, на експозиціях в Лондоні 1851 р. та у Парижі 1855 р. члени журі наголосили на необхідності прийняття домовленості між країнами про введення однакової системи вимірів.

На міжнародному статистичному конгресі в Парижі в 1855 р. було вирішено заснувати міжнародну асоціацію для створення загальноприйнятої системи мір, ваги і монет. В 1867 р. в Парижі на Міжнародній виставці був створений Комітет ваг, мір та монет. Наслідком цих заходів було те, що метрична система була введена у Німеччині (закон 17 серпня 1868 р. і 1 січня 1872 р.) як обов'язкова, і допущено її у вжиток в Англії в 1864 р. і у США в 1866 р.

Для полегшення застосування метричних одиниць на практиці були створені металеві еталони, які з великою точністю відтворювали одиниці мір. Виявилось, що порівняння металевих еталонів між собою дає набагато меншу похибку, ніж порівняння еталона довжини, або еталона ваги, з чвертю меридіана, чи з масою відповідного обсягу води.

Вже в першій половині XIX ст. німецький астроном Буссель встановив, що довжина паризького меридіану не 40000 метрів, а дещо більша. Стало зрозуміло, що всі наступні виміри довжини паризького меридіану будуть відрізнятись від попередніх завдяки послідовному вдосконаленню геодезичної виміральної апаратури і прогресу в методах геодезичних зйомок. Виникло питання про розміри еталонів мір метричної системи, адже кожен раз їх треба було виготовляти з урахуванням нових даних.

Для вирішення цього питання 8 серпня 1870 р. у Парижі зібралася Міжнародна комісія, котра складалася з представників 24 країн. Її робота була перервана франко-пруською війною. Вона була поновлена восени 1872 р. Комісія вибрала постійний комітет, котрий повинен був знаходитись в Парижі і виготовляти нові прототиби метра і кілограма. За зразки були визнані міри, виготовлені у Франції в 1799 р. Один з нових виготовлених еталонів метра та кілограма повинно було визнати міжнародним, а інші за жеребом розподілити між країнами в якості національних прототипів.

Матеріалом для виготовлення еталонів мір послуговував платиновоіридієвий сплав, котрий складався з 90% платини і 10% іридію. Він відрізнявся великою особистою вагою, міцністю та здатністю протистояти всяким хімічним впливам. Головний еталон являв собою металевий брус, який у зрізі нагадував літеру «х». Він відображав довжину паризького архівного метру з точністю до 0,001 мм.

«В зв'язку з цим Міжнародна комісія по метру в 1872 році ухвалила прийняти за еталон довжини «архівний» метр, що зберігається в Парижі, «такий, який він є». Так само члени Комісії прийняли за еталон маси архівний платиново-іридієвий кілограм, «враховуючи, що просте співвідношення, встановлене творцями метричної системи, між одиницею ваги і одиницею обсягу представляється існуючим кілограмом з достеменністю, достатньою для звичайних застосувань в промисловості і торгівлі, а точні науки потребують не простому чисельному співвідношенню подібного роду, а граничному досконалому визначенні цього співвідношення» (Метрическая система мер: Википедия 2024).

В 1875 році в Парижі була скликана конференція, на якій представники 17 країн створили Міжнародне бюро мір та ваг. 20 травня 1875 року представниками цих країн була підписана метрична конвенція (договір) про визнання метричної системи міжнародною. Цією угодою була встановлена процедура координації еталонів мір для світового наукового співтовариства через Міжнародне бюро мір та ваг і Генеральну конференцію по мірам та вагам. За десять років було виготовлено 34 еталони, з яких еталон № 6 був затверджений в якості Міжнародного прототипу метра.

За обсяг кілограма комісія прийняла масу кубічного дециметра води при 4 °. 28 вересня 1889 року міжнародні прототиби метра та кілограма разом з двома контрольними для кожного прототипу були здані в Брейтельський павільйон, в парку Сен-Клу, на околицях Парижу. Обидва стали історичними пам'ятками.

Метрична система, зі своїми простими відношеннями між одиницями мір, котрі відповідали загальноприйнятій десятковій системі числення, доволі швидко увійшли у вжиток, крім Франції, в багатьох державах світу, зокрема в Бельгії, Голландії, Італії, Австро-Угорщині (з 1 січня 1876 р.), Данії, Швеції, Швейцарії, Туреччині, Єгипті (з 1875 р.). Однак в більшості цих держав окремі місцеві міри продовжували використовуватись. В Російській імперії тільки Фінляндія ввела в себе метричну систему з 1895 року.

У Австро-Угорщині метрична система стала офіційною, хоча на територіях Західної України – Галичині, Буковині, Закарпатті, які їй належали, особливо на селі, продовжували зберігатися елементи старої польської системи мір. В свою чергу, у Російській імперії, якій належали території Східної України, у 80–90-ті рр. XIX ст. почався розвиток промисловості, техніки, внутрішнього і зовнішнього товарообігу. В таких умовах, потреба у вдосконаленні власної системи мір і, в майбутньому, прийнятті міжнародної метричної системи постійно зростала.

В 1892 р. керівником «Депо зразкових мір та ваги» був призначений відомий російський вчений-хімік Д. І. Менделєєв. В 1893 р. воно було перетворене в «Головну палату мір та ваги». Тут займалися зберіганням місцевих і іноземних еталонів мір, виготовленні їх копій, перевіркою приладів для виміру, створенням порівняльних таблиць російських і іноземних мір.

Підсумок роботи «Головної палати мір та ваги» був зроблений в законі від 4 червня 1899 року про затвердження положення про міри та вагу. Закон 1899 р. поєднав російські міри не тільки з англійськими, але й з метричною системою. При розробці еталонів російських мір Д. І. Менделєєв встановив їх найтісніше співвідношення з метричною системою.

Однак метрична система у Російській імперії не була визнана обов'язковою. Законом 4 червня 1899 р. вона лише допускалася у вжиток поряд з іншими мірами. Тому метрична система в першу чергу запроваджувалась у нових галузях науки і техніки. Так, зокрема, з 1907 р. метрична система була запроваджена у військово-медичному відомстві. Загалом у 1914 р. у загальній кількості вживаних вимірів метричні становили лише 9%. Причиною було те, що населення звикло до старої системи мір, яка вживалася в побуті і торгівлі століттями. Царський уряд не сприяв розповсюдженню метричної системи мір, використовуючи її по необхідності під час торгівлі з іншими країнами.

В Російській імперії метрична система була введена в якості обов'язкової декретом Тимчасового уряду від 30 квітня 1917 року, а для СРСР – постановою СНК СРСР від 21 липня 1925 року. На Україні це запровадження відбулось досить швидко. Найбільші труднощі виникли з литвом величезної кількості нових важків для торгівлі.

Після запровадження метричної системи в багатьох державах світу в наступні десятиліття виникли нові труднощі. Подальший розвиток науки викликав необхідність у проведенні надточних вимірів. Система еталонів потребувала вдосконалення, оскільки традиційні еталони з металу вже не могли забезпечити точність вимірів, наприклад, в мікросвіті.

Після того, як Майкенес створив інтерферометр, стало зрозумілим, що можна співставити метр з довжиною хвилі світлового випромінювання, тобто визначити число довжин світла, котрі вкладаються в 1 метр.

В 1927 р. VII Генеральна конференція по мірам та вагам прийняла нове визначення метра, котре діяло до 1960 р. Згідно її рішення метр – це відстань при 0°C між вісями двох середніх рис, нанесених на платиново-іридієвий брус, що зберігається у міжнародному бюро мір та ваги. Точність даного еталона – від однієї до двох десятих мікрона. В практичному плані вона була визнана недостатньою.

Тому VII Генеральна конференція прийняла рішення про встановлення співвідношення між метром і довжиною хвилі червоної лінії кадмію. Метр = 1553164,13 довжини хвилі кадмію, випроміненої в визначених умовах. Спеціальна комісія, створена в 1952 р. Міжнародним комітетом мір та ваги, визначила, що й такої точності для еталону метра недостатньо.

Нове визначення метра прийняла 14 жовтня 1960 р. XI Генеральна конференція по мірам і вагам. Метр – це довжина, тотожна 1650763,73 довжини хвилі у вакуумі випромінювання, відповідного помаранчевій лінії спектра ізотопу кріптонна з атомною вагою 86. Це у сто разів підвищило точність визначення метра. Даний еталон прийняв значення природної незнищуємої міри.

Після прийняття цього рішення у Міжнародному бюро мір та ваги і національних метрологічних лабораторіях було створене устаткування для відтворення метра у довжині світлових хвиль з допомогою випромінювання лампи, наповненої ізотопом кріптону 86. Старі еталони метра продовжують зберігатись і мають законний статус.

В наш час іде постійне вдосконалення вимірювальних приладів – засобів вимірювання. За встановленою термінологією прості прилади, такі як штангенприлади, мікрометри називають також вимірювальними інструментами. В якості інструментів для лінійних вимірів застосовують різноманітні масштабні лінійки, метри складані, рулетки, сталеві стрічки, циркулі, нутрометри, калібри, щури і т. д.

Метрична система постійно ускладнюється, набуваючи нового вигляду. Насамперед, це пов'язане з розвитком фізики, хімії, астрономії, механіки і багатьох інших наук. В 1874 р. була представлена система СГС, заснована на трьох одиницях – сантиметрі, грамі та секунді і десяткових приставках від мікро до мега. Її представили в удосконаленому вигляді, оскільки Максвелл (1831–1879) (шотландський вчений, котрий заклав підстави класичної електродинаміки. В 1861 р. по трьохкольоровому принципу ним створена перша в світі кольорова фотографія – А. З.) і Томсон додали до неї електромагнітні одиниці виміру. Величини багатьох одиниць згодом були визначені незручними для практичного використання. Через деякий час СГС була замінена системою, заснованою на метрі, кілограмі і секунді (МКС). СГС продовжувала використовуватись паралельно з МКС, в основному в наукових дослідженнях. В наш час СГС майже вийшла з практичного вжитку, однак вона продовжує широко використовуватись в теоретичній фізиці і астрофізиці через простіший вигляд законів електромагнетизму.

В 1960 р. XI Генеральна конференція по мірам і вагам прийняла СІ (SI, фр. Le Systeme international d'Unites) – міжнародна система одиниць, сучасний варіант метричної системи. В наш час СІ є найпоширенішою системою одиниць мір в повсякденному житті, а також в науці і техніці. Однак, через певні недоліки СІ, в наукових роботах по електродинаміці використовується Гауссова система одиниць. В даний час СІ прийнята в якості основної системи одиниць переважною більшістю країн світу. Нею користуються в галузі техніки навіть в тих країнах, де державними є традиційні міри (наприклад в США).

«СІ визначає сім основних і похідні одиниці фізичних величин (далі – одиниці), а також набір приставок. В ній встановлені скорочені стандартні позначення для одиниць і правила запису похідних одиниць.

Основні одиниці: кілограм, метр, секунда, ампер, кельвін, моль і кандела. У межах СІ вважається, що ці одиниці мають незалежну розмірність, тобто жодна з основних одиниць не може бути отримана з інших.

Похідні одиниці утворюються з основних за допомогою алгебраїчних дій, таких як множення та розподіл. Деяким з похідних одиниць в СІ присвоєно власні назви, наприклад радіан.

Приставки можна використовувати перед назвами одиниць: вони означають, що одиницю потрібно помножити, або розділити на певне ціле число, ступінь числа 10. Наприклад, приставка «кіло» означає множення на 1000 (кілометр = 1000 метрів). Приставки СІ називають також десятковими приставками» (Международная система единиц, СИ: Википедия 2024).

Одиниці, якими в метричній системі СІ вимірюються різні фізичні явища, мають власні назви: «Величина – одиниця виміру: довжина – метр, маса – кілограм, час – секунда, сила струму – ампер, термодинамічна температура – кельвін, сила світла – кандела, кількість речовини – моль.

Похідні одиниці з власними назвами – величина – одиниця виміру: плоский кут – радіан, тілесний кут – стерadian, температура за шкалою Цельсія – градус Цельсія, частота – герц, сила – ньютон, енергія – джоуль, потужність – ват, тиск – паскаль, світловий потік – люмен, освітленість – люкс, електричний заряд – кулон, різниця потенціалів – вольт, опір – ом, електроємність – фарад, магнітний потік – вебер, магнітна індукція – тесла, індуктивність – генрі, електрична провідність – сименс, активність (радіоактивного джерела) – беккерель, поглинена доза іонізуючого випромінювання – зиверт, активність каталізатора – катал.

Деякі одиниці, що не входять в СІ, по рішенню Генеральної конференції по мірам та вагам «допускаються для використання спільно з СІ». Це такі відомі одиниці виміру, як: хвилина, година, доба, градус, літр, тонна, вузол (морський), ар, гектар та ін.

Крім того, законодавство деяких країн ... дозволяє використання наступних одиниць: град, світловий рік, парсек, диоптрія, кіловат-година, вольт-ампер, вар, ампер-година, карат, текс, гал, оборот за секунду, оборот за хвилину. Дозволяється застосовувати одиниці відносних та логарифмічних величин, що набули широкого розповсюдження, наприклад, тиждень, місяць, рік, століття, тисячоліття» (Международная система единиц, СИ: Википедия 2024).

Інші одиниці використовувати не дозволяється. Тим не менш, в різних галузях науки неофіційно використовують і інші одиниці. Зокрема, це одиниці системи СГС: ерг, гаусс, ерстед та ін., а також позасистемні одиниці, широко розповсюдженні до прийняття системи СІ: кюрі, калорія, фермі, мікрон та ін.

Міжнародна метрична система одиниць СІ рекомендує використання стандартних десяткових приставок для позначення кратних одиниць. Приставки СІ: дека, гекто, кіло, мега, гіга, тера, пета, екса, зетта, йотта. Всі похідні одиниці в метричній системі використовують стандартний набір префіксів для вказівки кратних і дольних одиниць. Ця ідея була запропонована ще в 1670 році французьким математиком Габріелем Мутоном (O'Connor, Robertson 2003).

З розвитком сучасної науки метрична система набуває нового вигляду. Так, зокрема, в ній вже не ототожнюються поняття маси і ваги. «Маса повинна обчислюватись в кілограмах, грамах, мегаграмах і т.п., а вага, як і будь яка інша сила – в ньютонах» (Шабалин 1992, с. 32). Вага тіла пропорційна кількості речовини в ньому, тобто маси. Однак вага не може бути мірою маси. Якщо на Землі залізний важок важить 1 кг, то на Місяці він би мав вагу 250 г. Тобто тут треба враховувати масу небесного тіла, силу тяжіння «g».

Сила тяжіння не є постійною, через форму Землі з полюса до екватора «g» змінюється на 0,18% та через гравітацію на 0,34%. На території Німеччини значення прискорення вільного падіння від півночі до півдня відрізняється на 1%. Тому територія Німеччини поділена на 6 областей, де різні значення «g».

В лабораторіях Міжнародного бюро мір і ваг проводяться дослідження, на підставі яких повинні бути створені нові еталони мір. На думку вчених, створення нового еталона кілограма є великою технологічною проблемою. Її вважають другим за складністю експериментом в світі після відкриття бозона Хіггса (Мадхави Рамани 2018).

З 2005 року ведуться роботи по вдосконаленню методів зважування маси. Для цього використовують різні способи, зокрема зважування маси проти сили спіралі в магнітному полі та ін. В результаті в грудні 2018 року обсяг еталону ваги був переглянутий згідно законів природи, зокрема одиниці квантової механіки – константи Планка.

«Як і вимір меридіану в XVIII столітті, визначення мір до цього часу залишається одним з найважливіших і найскладніших завдань ... Саме створення метру лягло в основу нашої сучасної економіки і згодом призвело до глобалізації. Він дозволив здійснювати високоточні інженерні операції та продовжує відігравати важливу роль у науці та дослідженнях, які розширюють наше уявлення про Всесвіт» (Мадхави Рамани 2018).

Підсумуємо. Метрична система мір, створена у Франції наприкінці XVIII ст., нині затверджена в якості державної у всьому світі, за винятком декількох країн. Її форма і зміст постійно

змінюється в залежності від напрямів розвитку науки і виробництва, Вона відображає розвиток цивілізації на Землі, будучи його невід'ємною частиною.

Для проведення аналізу історичних джерел Нового і Новітнього часу треба добре знати етапи розвитку метричної системи, особливості її використання в різних країнах. Це і тривале одночасне вживання разом з традиційними місцевими мірами, перехідні міри Наполеона, нарешті, збільшення кількості одиниць виміру в метричній системі пов'язане з введенням в ній систем СГС, МКС і СІ. Важливим є встановлення співвідношення з метричною системою тих одиниць мір, котрі на практиці вживаються в науці і техніці, однак офіційно не увійшли до складу метричних мір.

Ефективне дослідження вказаних питань неможливе без вивчення історії метричної системи, зокрема розробки її теоретичних основ в XVI–XVIII ст., практики використання в XIX – початку XXI ст., розвитку в наш час.

Список джерел та літератури

- БОГУСЛАВСКИЙ, М. Г., ШИРОКОВ, К. П., 1968, Международная система единиц СИ. Москва: Издательство стандартов.
- ВАН ДЕР ВАРДЕН, Б. Л., 1959, Пробуждающаяся наука. Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции. Москва: ГИФМЛ.
- ДЕНЬГУБ, В. М., СМИРНОВ, В. Г., 1990, Единицы величин. Словарь-справочник. Москва: Издательство стандартов.
- ДЕПМАН, И. Я., 1954, Меры и метрическая система. Москва: Учпедгиз.
- ДЕПМАН, И. Я., 1955, О мерах и метрической системе. Москва: Знание.
- ДЕПМАН, И. Я., 1956, Возникновение системы мер и способов измерения величин. Москва: Учпедгиз.
- ЗУБКО, А. М., 2014, Міри ваги в метричній системі. Гілея. Науковий вісник. Вип. 96.
- История метрической системы, 2023, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- История науки: «для всех людей на все времена», 2017, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://indicator. ru./engineering – science/metricheskaya – sistema – mer. htm>
- История средних веков: в двух томах. Под ред. С. Д. Сказкина, 1977. Т. 1. Москва: Высшая школа.
- КАМЕНЦЕВА, Е. И., 1978, Историческая метрология. Москва: МГИАИ.
- КАМЕНЦЕВА, Е. И., УСТЮГОВ, Н. В., 1975, Русская метрология. Москва: Высшая школа.
- МАДХАВИ РАМАНИ, 2018, Как и зачем французы придумали метрическую систему. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bbc. com/ukrainian/vert – tra – russian – 46179646>.
- Международная система единиц, СИ, 2024, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- Метрическая система мер, 2024, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org/ wiki>.
- Секунда, 2024, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>.
- СЕЛЕШНИКОВ, С. И., 1962, История календаря и его предстоящая реформа. Ленинград: Лениздат.
- СЕМАР, Г. М., Семь раз отмерь: Среди монет, мер и весов. Москва: Финансы и статистика.
- СИВУХИН, Д. В., 1979, О международной системе физических величин. Успехи физических наук. Т. 129. № 2. Москва: Наука.
- ТИМОФЕЕВ, И., 1986, Бируни. Москва: Молодая гвардия.
- Туаз, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- Час, 2024, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- ЧЕРТОВ, А. Г., 1967, Международная система единиц измерения. Москва: Высшая школа.
- ЧЕРТОВ, А. Г., 1977, Единицы физических величин. Москва: Высшая школа.
- ШАБАЛИН, С. А., 1990, Прикладная метрология в вопросах и ответах. Москва: Издательство стандартов.
- ШАБАЛИН, С. А., 1992, Измерения для всех. Москва: Издательство стандартов.
- Шестидесятиричная система счисления, 2024, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- ШИРОКОВ, К. П., 1967, Общие вопросы метрологии. Москва: Машиностроение.
- ШИРОКОВ, К. П., БАЛАЛАЕВ, В. А., СЕЛИВАНОВ, П. Н., 1975, 100 лет метрической конвенции. Москва: Издательство стандартов.

- ШИРОКОВ, К.П., БОГУСЛАВСКИЙ, М.Г., 1984, Международная система единиц. Москва: Издательство стандартов.
- ШОСТЫН, Н. А., 1947, Д. И. Менделеев и проблемы измерения. Москва: Государственная служба мер и весов.
- ШОСТЫН, Н. А., 1975, Очерки истории русской метрологии XI–XIX вв. Москва: Издательство стандартов.
- ALDER, K., 2002, The measure of all Things. The Seven-Year – Odyssey that Transformed the World. London: Abacus.
- BIGOURDAN, K. G., 1901, Le Systeme metrique des poids et mesures. Paris: Gauthier-Villars.
- CARDARELLI, F., 2004, Encyclopaedia of Scientific Units, Weights and Measures: Their SI Equivalences and Origins. 2 nd ed. Spriger. P. 20–25.
- Decret relative aux poids et aux mesures. 18 germinal an 3 (7 avril 1795) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://Website Smdsi. quartier – rural. org>.
- FEVRIER, D., 2012, Un histoire que de metre. Ministere de L'Economie, des Finances et de L'industrie.
- GOLDFARB, R. B., 2018, Electromagnetu Units the Giorgi Sustem, and the Revised international Sustem of Units. IEEE Magnetics Letters. Vol. 9. P. 1–5.
- JACKSON, J. D., 1999, Classical Electrodynamies. 3 rd. ed. New York: Wiley. P. 775–784.
- MCGREYVY, T., CUNNINGHAM, P., 1995, The Basis of Measurement: Volume 1. Historical Aspects: Picton Publishing (Chippenham) Ltd.
- Mesures usuelles, 2021, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>
- O'CONNOR, J. J., ROBERTSON, E. F., 2003, «Joannes Kepler», Mactutor. History of Matematics archive. University of ST Andrews, Scotland.
- QUINN, T., 2012, Fromartefacts to atoms: the BIPM and the search for ultimate measurement standarts. Oxford University Press.
- Reports of the Committee on Electrical Standarts appointed by the British Assoation for the advancement of science (1873). Edited by prof. Fleeming Jenkin, F.R.S. London: E.F.N. SPON, 48 Charing Cross. New York: 446 Broome Street.
- TAVERNOR, R., 2009, Smoot's Ear: The Measure of Humanity. In book: Nexus Network Journal (pp. 129–134).

References

- ALDER, K., 2002, The measure of all Things. The Seven-Year – Odyssey that Transformed the World. London: Abacus. [In English].
- BIGOURDAN, K. G., 1901, Le Systeme metrique des poids et mesures [The Metric System of Weights and Measures]. Paris: Gauthier-Villars. [In French].
- BOGUSLAVSKII, M.G., SHIROKOV, K. P., 1968, Mezhdunarodnaia sistema edinits SI [International System of units SI]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- CARDARELLI, F., 2004, Encyclopaedia of Scientific Units, Weights and Measures: Their SI Equivalences and Origins. 2nd ed. Springer. P. 20–25. [In English].
- Chas, 2024, [Hour]. [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia: org. wiki>. [In Russian].
- CHERTOV, A. G., 1967, Mezhdunarodnaia sistema edinits izmerenia [International System of Units of Measurement]. Moskva: Vysshiaia shkola. [In Russian].
- CHERTOV, A. G., 1977, Edinitsy fizicheskikh velichin [Units of physical quantities]. Moskva: Vysshiaia shkola [In Russian].
- Decret relative aux poids et aux mesures, 18 germinal an 3 (7 avril 1795) [Decree relating to weight and measures, 18 Germinal year 3 (April 7, 1795) [Online]. Available from: <https://Website Smdsi. quartier – rural. org>. [In French].
- DENGUB, V. M., SMIRNOV, V. G., 1990, Edinitsy velichin. Slovar-spravochnik [Units of quantities. Dictionary-reference]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- DEPMAN, I. Ya., 1954, Mery i metricheskaia sistema [Measures and the metric system]. Moskva: Uchpedgiz. [In Russian].
- DEPMAN, I. Ya., 1955, O merakh i metricheskoi sisteme [On measures and the metric sustem]. Moskva: Znanie. [In Russian].

- DEPMAN, I. Ya., 1956, Vozniknovenie sistemy mer i sposobov izmereniia velichin [The emergence of the system of measures and methods of measuring quantities]. Moskva: Uchpedgiz. [In Russian].
- FEVRIER, D., 2012, Un histoire que de metre [History of the meter]. Ministere de l'Economie, des Finances et de l'industrie. [In French].
- GOLDFARB, R. B., 2018, Electromagnetu Units the Giorgi System, and the Revised international System of Units. IEEE Magnetics Letters. Vol. 9. P. 1–5. [In English].
- Istoriia metriceskoi sistemy, 2023, [History of the metric system] [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki> [In Russian].
- Istoriia nauki: «dlia vsekh liudei na vse vremena», 2017, [History of Science: «for all people for all times»]. [Online] Available from: <https://indicator.ru/engineering-science/metriceskaya-sistema-mer.htm>. [In Russian].
- Istoriia srednikh vekov: v dvukh tomakh. Pod red. S. D. Skazkina, 1977. T. 1. [History of the Middle Ages: in two volumes]. Moskva: Vysshaia shkola. [In Russian].
- JACKSON, J. D., 1999, Classical Electrodynamics 3 rd. ed. New York: Wiley. P. 775–784. [In English].
- KAMENTSEVA, Ye. I., 1978, Istoricheskaia metrologiia [Historical metrology]. Moskva: Vyssgaia shkola. [In Russian].
- KAMENTSEVA, Ye. I., USTIUGOV, N. V., 1975, Russkaia metrologiia [Russian metrology]. Moskva: Vysshaia shkola. [In Russian].
- MADKHAVI RAMANI, 2018, Kak i zachem frantsuzy pridumali metriceskuiu sistemu [How and Why the French invented the Metric System]. [Online]. Available from: <https://bbc.com/ukrainian/vert-tra-russian-46179646>. [In Russian].
- MCGREYVY, T., CUNNINGHAM, P., 1995, The Basis of Measurement: Volume 1. Historical Aspects: Picton Publishing (Chippenham) Ltd. [In English].
- Mesures usuelles, 2021, [Usual measurements] [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki>. [In Russian].
- Metriceskaya sistema mer, 2024, [Metric system of measures]. [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki>. [In Russian].
- Mezhdunarodnaia sistema edinits, SI, 2024, [International System of Units, SI]. [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki> [In Russian].
- O'KONNOR, J. J., ROBERTSON, E. F., 2003, «Joannes Kepler», Mactutor. History of Mathematics archive. University of St Andrews, Scotland [In English].
- QUINN, T., 2012, From artefacts to atoms: the BIPM and the search for ultimate measurement standards. Oxford University Press. [In English].
- Reports of the Committee on Electrical Standards appointed by the British Association for the advancement of science (1873). Edited by prof. Fleeming Jenkin, F.R.S. London: E.F.N. SPON, 48 Charing Cross. New York: 446 Broome Street. [In English].
- Secunda, 2024, [Second]. [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki> [In Russian].
- SELESHNIKOV, S. I., 1962, Istoriia kalendaria i ego predstoiashchaia reforma [History of the calendar and its upcoming reform]. Leningrad: Lenizdat. [In Russian].
- SEMAR, G. M., 1992, Sem raz otmer: Sredi monet, mer i vesov [Measure seven times: A mounq coins, measures and weights]. Moskva: Finansy i statistika. [In Russian].
- SHABALIN, S. A., 1990, Prikladnaia metrologiia v voprosakh i otvetakh [Applied Metrology in Questions and Answers]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- SHABALIN, S. A., 1992, Izmereniia dlia vsekh [Measurement for everyone]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- Shestidesiaterichnaia sistema schisleniia, 2024, [Sexagesimal number system]. [Online]. Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki> [In Russian].
- SHIROKOV, K. P., 1967, Obshchie voprosy metrologii [General issues of metrology]. Moskva: Mashinostroenie. [In Russian].
- SHIROKOV, K. P., BALALAEV, V. A., SELIVANOV, P. N., 1975, 100 let metriceskoi konventsii [100 years of the metric convention]. Moskva: Izdatelstvo standartov [In Russian].
- SHIROKOV, K. P., BOGUSLAVSKII, M. G., 1984, Mezhdunarodnaia sistema edinits [International Sistem of Units]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- SHOSTIN, N. A., 1947, D. I. Mendeleev i problemy izmereniia [D. I. Mendeleev and the problems of measurement]. Moskva: Gosudarstvennaia sluzba mer i vesov. [In Russian].
- SHOSTIN, N. A., 1975, Ocherki istorii russkoi metrologii XI–XIX vv. [Essays on the history of Russian metrology

- from the 11th to the 19th centuries]. Moskva: Izdatelstvo standartov. [In Russian].
- SIVUKHIN, D.V., 1979, O mezhdunarodnoi sisteme fizicheskikh velichin [On the international system of physical quantities]. T.129, № 2. Moskva: Nauka. [In Russian].
- TAVERNOR, R., 2009, Smoot's Ear: The Measure of Humanity. In book: Nexus Network Jornal (pp. 129–134). [In English].
- TIMOFEEV, I., 1986, Biruni [Biruni]. Moskva: Molodaia Gvardiia. [In Russian].
- Tuaz, 2021, [Tuise]. [Online] Available from: <https://ru.Wikipedia.org/wiki>. [In Russian].
- VAN DER VARDEN, B. L., 1959, Probuzhdaiushchaia nauka. Matematika Drevnego Egipta, Vavilona i Gretsii [Awakening Science. The Mathematics of Ancient Egypt, Babylon and Greece]. Moskva: GIFML. [In Russian].
- ZUBKO, A. M., 2014, Miry vahy v metrychnii sustemi [Weight measures in the metric sistem]. Hileya. Naukovyi visnyk. Vyp. 96. [In Ukrainian].

Метрична система: історія виникнення, етапи формування та напрями подальшого розвитку

Перші виміри людство створило ще в первісну добу. В метрології вони отримали назву «первісні натуральні виміри». Зразки еталонів мір люди запозичили з самої природи. Поява держав на територіях Середземномор'я, Близького і Далекого Сходу, Південної і Південно-Східної Азії в IV тис. до н. е. – I тис. призвела до створення єдиних державних систем мір. Це було викликано потребами державного управління, зокрема, збору податків. Однак виробництво в ті часи багато в чому мало натуральний характер, внутрішня і зовнішня торгівля була недостатньо розвинута. Крім того, політичний розпад давніх держав на окремі феодалні володіння в часи Середньовіччя, мав наслідком появу великої кількості не пов'язаних між собою місцевих систем мір.

Розвиток виробництва, промисловий переворот, який почався в Західній Європі в XVI–XVII ст., а згодом в наступні часи поступово розповсюдився на інші регіони світу, зумовили появу ідеї про створення єдиної світової системи мір. Цього вимагали промислова кооперація, зростання товарообміну між різними регіонами світу, потреби наукового співробітництва між вченими окремих країн та ін.

Протягом XVI–XVIII ст. в різних країнах Західної Європи вчені працювали над розробкою проєктів системи світових мір. Така система, під назвою «метрична», була створена у Франції, де вона була затверджена декретом від 7 квітня 1795 р. в якості державної і міжнародної. В її основу були покладені розміри Землі. Довжина основної одиниці нової системи мір – метра була визначена у співвідношенні з довжиною земного меридіану, обсяг інших одиниць метричної системи був пов'язаний з метром.

В 1875 р. в Парижі була скликана міжнародна конференція, представники якої 20 травня підписали метричну конвенцію, яка визнала метричну систему міжнародною. В 1889 р. міжнародні прототипи метра та кілограма, створені зі сплаву платини та іридію, були здані в Брейтельський павільйон в Парижі.

Для створення єдиної світової системи мір людство витратило багато часу і зусиль. Зараз метрична система прийнята у всьому світі, за винятком декількох країн, де її використовують одночасно з місцевими мірами. В наш час з допомогою використання метричних мір розвивається економіка, наука і всі галузі життєдіяльності людства.

Ключові слова: метр, метрична система, виміри часу, грам, літр, система СГС, система СІ.

Andrii Zubko, Candidate of historical sciences, Associate professor, Faculty of History, Taras Shevchenko National University of Kyiv.

Андрій Зубко, кандидат історичних наук, доцент, історичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3238-7583>

Received: 25.03.2025

Advance Access Published: October, 2025