

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ЦЕНТР ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ ТА ІСТОРІЇ НАУКИ
ІМ. Г.М. ДОБРОВА**

На правах рукопису

Храмова-Баранова Олена Леонідівна

УДК [001+62] (091)

**ІСТОРІЯ МЕТРОЛОГІЇ, СТАНДАРТИЗАЦІЇ І СЕРТИФІКАЦІЇ
В УКРАЇНІ В ХVІІІ–ХХ СТ.**

07.00.07 – Історія науки і техніки

Дисертація на здобуття наукового ступеня
доктора історичних наук

Науковий консультант

Храмов Юрій Олексійович

доктор фізико-математичних наук,
професор

Київ – 2013

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	8
 РОЗДІЛ 1 ІСТОРИОГРАФІЯ ТА ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА	
ДОСЛІДЖЕННЯ	20
1.1. Історіографія дослідження.....	20
1.2. Джерела і основні методи дослідження.....	31
Висновки до розділу 1.....	36
 РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТУ ТА ЗАВДАНЬ МЕТРОЛОГІЇ, СТАНДАРТИЗАЦІЇ І СЕРТИФІКАЦІЇ, ЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ	
2.1. Еволюція змісту метрології, стандартизації і сертифікації, та їх завдань	38
2.2. Взаємозамінність та основні принципи вимірювання для створення вимірювальної інформації.....	50
2.2.1. Взаємозамінність, єдність і точність вимірювань, їх значення.....	50
2.2.2. Фундаментальні фізичні сталі.....	56
Висновки до розділу 2.....	69
 РОЗДІЛ 3 ІСТОРИЧНИЙ НАРИС СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У КІНЦІ XVI–XX СТ.СТ	
3.1. Передісторія метрології (III тис. до н.е. –1582 р.).....	70
3.2. Становлення наукової метрології (1583–1686).....	89
3.3. Розвиток наукової (класичної) метрології (1687–1899)	96

3.3.1. Підготовчий етап до введення метричної системи мір (1687–1790).....	96
3.3.2. Другий етап у розвитку класичної метрології (1791–1899).....	102
3.3.2.1. Розробка наукових основ класичної метрології в XIX ст.	109
3.3.2.2. Метрологічні норми і стандарти в XIX ст.	110
3.3.2.3. Міжнародна метрична конвенція 1875 р., її значення для розвитку наукової метрології.....	112
3.4. Аналіз історії становлення і розвитку квантової та прецизійної метрології в XX ст.....	113
3.4.1. Період некласичної метрології (1900–1924).....	113
3.4.2. Етап квантово-ядерної метрології (1925–1946).	120
3.4.3. Етап становлення експериментальної квантової метрології (1947–1959).....	122
3.4.4. Етап розвитку прецизійної метрології (1960–1982).....	124
3.4.5. Етап новітньої прецизійної метрології з 1983 р. до сьогодення.....	128
3.4.6. Характеристика основних систем одиниць вимірювання, діяльності метрологічних закладів, законодавча база метрології	132
3.5. Періодизація історії метрології, стандартизації і сертифікації в світовому контексті (III тис. до н.е.–XX ст.).....	136
Висновки до розділу 3.....	153

РОЗДІЛ 4 ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У XVIII–XX СТ.СТ.....	155
4.1. Становлення і впровадження стандартів та стандартизації (XVIII–XIX ст.ст.).....	155
4.1.1. Перші уявлення про стандартизацію і сертифікацію, впровадження взаємозамінності.....	155
4.1.2. Впровадження державної стандартизації, її значення, від розробок Н.Леблана до стандартної різьби Вітворта (кінець XVIII–XIX ст.ст.).....	157
4.1.3. Формування основ законодавчої бази стандартизації (кінець XIX ст.).....	158
4.2. Аналіз становлення і розвитку стандартизації в XX ст.....	159
4.2.1. Інститути стандартів, національні лабораторії стандартів, аналіз їх діяльності в XX ст., законодавча база.....	160
4.3. Становлення і розвиток сертифікації в XX ст.....	167
4.3.1. Становлення і розвиток сертифікації у другій половині XX ст. Генеральна угода з тарифів і торгівлі.....	167
4.3.2. Законодавча база сертифікації, її аналіз.....	170
Висновки до розділу 4.....	171

РОЗДІЛ 5 ІСТОРІЯ ПРИКЛАДНОЇ І ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ І РОСІЇ В XVIII СТ. – 1950-Х РР.....	173
5.1. Передісторія метрології в соціально-культурному контексті (IV ст. до н.е.–XVII ст.).....	173
5.2. Становлення метрології (XVIII–перша чверть XIX ст.ст.).....	204

5.2.1. Теоретична і прикладна метрологія, становлення в 1725–1827-х рр. Внесок А.І.Ламберті в цей процес.....	205
5.2.2. Формування законодавчої бази метрології в XVIII ст.....	215
5.3. Історія метрології в 30-х рр. XIX ст. – першій половині XX ст.....	218
5.3.1. Розвиток теоретичної і прикладної метрології в XIX ст. Депо еталонів мір і ваги.....	222
5.3.2. Внесок Д.І.Менделєєва в розвиток метрології як науки та організацію метрологічних установ в Україні на початку XX ст.....	228
5.3.3. Метрологія в 1900–1950-х рр.....	232
5.3.4. Формування і становлення метрологічних центрів в Україні в першій половині XX ст.....	251
5.4. Становлення і розвиток стандартизації (кінець XIX–перша половина XX ст.).....	254
5.4.1. Передісторія стандартизації в Україні (до кінця XIX ст.), аналіз і характеристика.....	254
5.4.2. Становлення стандартизації у 1920-х рр.....	256
5.4.3. Розвиток стандартизації як науки в 1930–1950-х рр., її законодавча основа. Створення бюро і комітетів стандартизації.....	257
Висновки до розділу 5.....	259

РОЗДІЛ 6 РОЗВИТОК ПРИКЛАДНОЇ, ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ

В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА XX СТ.).....	260
6.1. Метрологія і стандартизація, їх розвиток.....	260
6.1.1. Характеристика розвитку прикладної метрології і стандартизації. Квантова і прецизійна метрологія.....	263
6.2. Стан метрологічної і стандартизаційної служби в Україні.....	278
6.2.1. Центри метрології, стандартизації і	

сертифікації в Україні, характеристика їх діяльності.....	282
6.3. Розвиток метрологічного і стандартизаційного забезпечення в Україні, характеристика.....	292
6.3.1. Науково-технічний доробок України в метрології, стандартизації і сертифікації.....	299
6.3.2. Зв'язок метрології, стандартизації і сертифікації з вітчизняним виробництвом та промисловим дизайном, перспективи.....	312
6.4. Законодавча база метрології і стандартизації в другій половині ХХ ст., характеристика.....	325
6.5. Хронологія подій з історії прикладної і законодавчої метрології, стандартизації і сертифікації в Україні (IV ст. до н.е.–ХХ ст.).....	331
Висновки до розділу 6.....	339

РОЗДІЛ 7 СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК СЕРТИФІКАЦІЇ

В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.).....	340
7.1. Передісторія сертифікації в Україні (клейма, штампи торгові марки).....	340
7.1.1. Основні етапи розвитку управління якістю.....	344
7.2. Становлення і розвиток сертифікаційної служби в Україні (1965–2000). Всеросійський науково-дослідний інститут сертифікації.....	348
7.2.1. Становлення сертифікації в 1970–1980-х рр., аналіз і характеристика.....	348
7.2.2. Розвиток сертифікації і сертифікаційної служби в 1990–2000-х рр., перспективи цього процесу. Членство України в Міжнародній організації стандартизації.....	350

7.2.3. Формування законодавчої бази сертифікації.....	363
Висновки до розділу 7.....	365
ВИСНОВКИ.....	367
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	371
ДОДАТКИ.....	445

ВСТУП

Актуальність теми.

Робота присвячена актуальним питанням історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст. у світовому контексті. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю виявлення тенденцій і логіки загального процесу становлення, розвитку метрології, стандартизації і сертифікації в Україні як в історичному контексті, так і в контексті фізичних досліджень, проведених вченими у певному часовому періоді, виявлення і повернення в українську історіографію та історію науки забутих та нових фактів і імен, з'ясування впливу соціально-економічних умов на становлення і розвиток метрології, стандартизації і сертифікації в Україні. Дослідження історії метрології, стандартизації і сертифікації сприятиме поглибленню розуміння фундаментальних наук і дасть можливість побачити місце предмету дослідження в науковій картині світу, обумовить формування наукового світогляду. Це дослідження необхідно для стабільного і виваженого планування науково-технічної діяльності в цих галузях, для визначення пріоритетів і зміни організаційної форми наукових досліджень, освітянської системи та впровадження науки і техніки у виробництво. Дослідження історії розвитку метрології, стандартизації і сертифікації може бути використано для вирішення задач підвищення якості і конкурентоспроможності в усіх галузях господарства. Метрологія, стандартизація і сертифікація застосовуються в фізиці, техніці, архітектурі, дизайні, тобто діапазон використання мір, еталонів, стандартів досить широкий. Нині основним завданням є максимальне підвищення якості продукції для забезпечення оптимальних умов життя населення, необхідність застосування норм метрології, стандартизації і сертифікації для продукції стало однією з нагальних завдань. Для досягнення цього необхідно проаналізувати та узагальнити досвід використання здобутків метрології, стандартизації і сертифікації в межах України за період XVIII–XX ст.ст., а

також дати ґрунтовний аналіз цього процесу з давнини, виявити тенденції становлення, розвитку і перспективи цих напрямів у світовому контексті. Визначення і вивчення національних пріоритетів в історії метрології, стандартизації і сертифікації необхідно для виваженого історичного аналізу науки і об'єктивного висвітлення світової історії цих галузей. Нечисленні роботи історіографічного характеру, що стосуються метрології, стандартизації і сертифікації, не дають повного висвітлення історії розвитку цих галузей. Нині не існує комплексного дослідження історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні, яке містило б у собі передісторію та розглядало б ці напрями. Розвиток науки і техніки вимагає досконалішого вивчення історії цих галузей в Україні в контексті світової науки і визначає безумовну актуальність цих досліджень. Ключова роль метрології в системі наук і у тому, що отримані вченими та інженерами України прикладні результати в розглядуваних напрямках ще не знайшли всебічного відображення в історико-науковій літературі. Це визначає актуальність дослідження історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційного дослідження є складовою планів науково-дослідних робіт Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.Г.М.Доброва НАН України в галузі історії науки і техніки. Дослідження виконано в межах тем: «Розробка методологічних і методичних основ створення «Біографічного словника діячів природознавства і техніки України» (номер державної реєстрації 0101U002614); «Фундаментальні ідеї і теорії сучасного природознавства: історико-культурний і світоглядний контекст» (номер державної реєстрації 0104U006358); «Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті» (номер державної реєстрації 0107V001830). Напрямок – вивчення генезису та еволюції фундаментальних ідей та теорій сучасного природознавства, побудова

об'єктивної історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст. у контексті світової науки.

Метою даного дослідження є історична реконструкція процесу виникнення, становлення і розвитку метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в контексті розвитку світової науки.

Для реалізації поставленої мети визначено такі завдання:

1. З'ясувати і проаналізувати ступінь вивченості та стан наявної джерельної бази досліджуваної проблеми з огляду вітчизняної і зарубіжної історіографії.

2. Провести аналіз еволюції предмету, завдань та методології метрології, стандартизації і сертифікації як наукових галузей, з'ясувати їх місце в структурі сучасної науки і техніки.

3. Увести до наукового обігу маловідомі факти та імена з історії теоретичної і прикладної метрології, стандартизації і сертифікації.

4. Відтворити та обґрунтувати передумови виникнення прикладної метрології, встановити основні етапи в її розвитку та пріоритетні результати, показати значення підписання Міжнародної метричної конвенції.

5. Побудувати періодизаційну схему історії метрології, стандартизації і сертифікації.

6. Розглянути передісторію метрології, стандартизації і сертифікації в Україні. Проаналізувати прикладні результати та перші узагальнення з метрології в Україні до XVIII ст.

7. Провести детальну і послідовну історичну реконструкцію становлення і розвитку метрології, стандартизації, сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст. (Російська імперія, СРСР, Незалежна Україна) в контексті світової науки.

8. Вивчити діяльність та внесок українських вчених у формування знань з метрології, її прикладних застосувань.

9. Показати внесок у розвиток прикладної і законодавчої метрології, стандартизації і сертифікації інституційних метрологічних центрів,

інститутів, університетів в Україні в кінці XIX–XX ст., розкрити їх розвиток у міжнародному співробітництві.

10. Здійснити ґрунтовний аналіз нормативно-законодавчої бази прикладної метрології, стандартизації й сертифікації в Україні та визначити перспективи в цих напрямках.

Об'єкт дослідження – процеси генезису становлення, розвитку та інституціоналізації метрології, стандартизації і сертифікації.

Предмет дослідження – історія метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст.

Методологія дослідження базується на комплексному використанні принципів історизму і науковій об'єктивності, а також на широкому використанні предметно-логічного, порівняльно-історичного, системно-функціонального методів.

Предметно-логічний метод надає змогу провести аналіз монографій, статей згідно зі станом сучасної науки, порівняльний і історико-науковий аналіз праць зарубіжних і українських вчених для визначення внеску вітчизняних фізиків і метрологів у світову науку, порівняння результатів з відомостями в довідковій та історико-науковій літературі.

Порівняльно-історичний метод дав можливість провести дослідження становлення і розвитку процесів та подій у хронологічній послідовності для виявлення зовнішніх і внутрішніх зв'язків.

Системно-функціональний метод надає можливість комплексно дослідити складні системи, наприклад такі як фізична наука в цілому, її галузі, метрологію і її напрями, процес інституціоналізації науки, теорії, значення особистості в науці тощо. Вивчення цих систем як цілого з урахуванням дії всіх її елементів. Цей метод передбачає вивчення кожного елементу системи і його зв'язку з іншими елементами, а також встановлення оптимальних умов функціонування всієї системи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше в українській історіографії всебічно проаналізовано стан та джерельну базу з

метрології, стандартизації і сертифікації та зроблено комплексне дослідження становлення і розвитку їх в Україні в XVIII–XX ст.ст. як органічних складових розвитку фізичної науки та світової науки в цілому, з урахуванням передісторії; вперше систематизовано існуючі фрагментарні дані з метрології, стандартизації і сертифікації в Україні, для цього проаналізовано праці І.П.Бабенка, О.М.Величка, О.Д.Гатцука, О.Б.Гінак, Б.А.Грицка, Г.Г.Де-Метца, О.І.Каменцевої, М.Ф.Котляра, Д.І.Менделєєва, Ю.В.Павленка, М.Г.Паукера, Д.І.Прозоровського, Б.О.Рибакова, В.С.Савчука, О.Ф.Сидоренко, О.Д.Хвольсона, Ю.О.Храмова, Л.В.Черепніна, В.А.Шендеровського, М.О.Шостіна та інших; зроблено порівняльний аналіз визначень метрології, виявлено найбільш загальні з них за тлумаченням предмету і завдань дослідження, дано нове визначення метрології – метрологія в широкому та вузькому сенсі; запропоновано власну періодизаційну схему історії метрології, стандартизації, сертифікації; вперше з історико-наукових засад реконструйовано передісторію метрології, стандартизації і сертифікації в Україні; вперше проведено комплексний аналіз законодавчої бази прикладної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в світовому контексті; розкрито роль науково-дослідних метрологічних осередків в Україні наприкінці XIX – на початку XX ст. у започаткуванні досліджень з метрології, створенні еталонів, нормативної бази, а саме Повірочні палатки мір і ваги в Харкові, Києві, Катеринославі, Одесі (Д.І.Менделєєв, 1900–1902), Повірочна камера в Одесі (А.І.Зволинський, І.Ф.Зубарев, 1882), фізична лабораторія з вимірювальними приладами в Київському політехнічному інституті (Г.Г.Де-Метц, 1901); детально проаналізовано діяльність основних метрологічних центрів України, які стали визнаними координуючими установами щодо метрологічного забезпечення, стандартизації та сертифікації в Україні. Наукова новизна дослідження підтверджується монографією, публікаціями і апробаціями.

Наукове і практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що основні висновки та положення дисертаційного дослідження можуть бути використані при створенні праць з історії вітчизняної науки, а також при розробці таких питань, як генезис наукового знання, становлення та інституціалізація окремих напрямів науки, формування та розвиток центрів метрології, стандартизації і сертифікації та удосконалення нормативно-законодавчої бази з цієї проблематики в Україні.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес на кафедрі історії України Черкаського державного технологічного університету в курси дисциплін «Історія науки і техніки» та «Історія української культури» (див.додаток А).

Особистий внесок здобувача. Всі положення та висновки, винесені на захист, одержано самостійно і висвітлено в працях, представлених у переліку публікацій. Декілька праць написано у співавторстві на основі матеріалів дисертантки та за її концепцією (внесок складає приблизно 50–80%).

Апробація результатів дослідження. Основні положення та висновки дисертаційної роботи отримали позитивну оцінку на семінарах відділу історії науки і техніки Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М.Доброва НАН України і пройшли апробацію у доповідях на понад 30 наукових міжнародних і вітчизняних конференціях, симпозіумах, читаннях: Добровських конференціях з наукознавства та історії науки; II Міжнародній науковій конференції «Філософія космізму і сучасна авіація», (Київ, квітень 2005); Всеукраїнській науково-методичній конференції «Викладання науки і техніки в університетах України», (Харків, квітень 2006); Міжнародному симпозіумі «Інтеграція науки і освіти – ключовий фактор побудови суспільства, заснованого на знаннях», (Київ, жовтень 2007); VI Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання історії науки і техніки», (Полтава, жовтень 2007); XIII Всеукраїнській конференції молодих істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів (Київ, травень 2008); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи

розвитку дизайну Черкащини на початку XXI століття», (Черкаси, жовтень 2008); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Мистецька освіта України: історія, сьогодення, поступ», (Київ, листопад 2008); 6-ї Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання історії техніки», (Київ, грудень 2008); XIV Всеукраїнській науковій конференції молодих істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів, (Київ, травень 2009); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасна наука та технології: від фундаментальних досліджень до комерціалізації результатів НДДКР», (Київ, березень 2010); I Всеукраїнській конференції «Регіональний дизайн і освіта», (Черкаси, квітень 2010); I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Завдання кафедр суспільних наук в умовах реформування гуманітарної освіти в Україні», (Одеса, травень 2010); XV Всеукраїнській науковій конференції молодих істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів, (Київ, травень 2010); XXIII Міжнародному симпозиумі з наукознавства і науково-технічного прогнозування «Актуальные проблемы научно-технологической и инновационной политики в контексте формирования общеевропейского научного пространства: опыт и перспективы», (Київ, червень 2010); IX Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання історії науки і техніки», (Житомир, жовтень 2010); IX Міжнародній молодіжній науково-практичній конференції «Історія розвитку науки, техніки та освіти: пріоритети української науки», (Київ, травень 2011); XVI Всеукраїнській конференції молодих учених-істориків освіти, науки і техніки «Пріоритети української науки і техніки», (Київ, травень 2011); XXIV Київському міжнародному симпозиумі з наукознавства та науково-технологічного прогнозування «Інноваційна політика та законодавство в Європейському Союзі та Україні: формування, досвід, напрямки зближення», (Київ, червень 2011); X Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання історії науки і техніки», (Київ, жовтень 2011); VI Міжнародному форумі «Дизайн-освіта 2011», (Харків, жовтень 2011); I Міжнародній конференції «Российско-украинские связи в истории

естествознания и техники», (Москва, Росія, листопад 2011); I Міжнародній науково-практичній конференції «Научные итоги 2011 года: достижения, проекты, гипотезы», (Новосибірськ, Росія, грудень 2011); Міжнародній науково-практичній конференції «Дискурсологія: методологія, теорія, практика» (Мексика-Росія, 2012); X Міжнародній молодіжній науково-практичній конференції «Історія розвитку науки, техніки і освіти», (Київ, 2012); XVII Всеукраїнській конференції молодих учених-істориків науки, техніки та освіти «Пріоритети української науки», (Київ, 2012); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Технический музей: история, опыт, перспективы», (Київ, 2012); I Міжнародній дистанційній науково-практичній конференції «Проблемы и перспективы развития современной гуманитаристики: история, филология, философия, искусствоведение, культурология», (Росія, Ростов на Дону, 2012); II Міжнародній заочній науково-практичній конференції «Научная дискуссия: инновации в технических, естественных, математических и гуманитарных науках», (Росія, Москва, 2012); 11-й Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання історії науки і техніки», (Київ, 2012); Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні проблеми соціально-гуманітарних наук», (Дніпропетровськ, 2012); Міжнародній науковій конференції «Российская Академия наук и международные связи в области науки и культуры. XIX – начало XXI века», (Санкт-Петербург, 2012).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 35 наукових праць, серед яких 1 монографія «Історія прикладної метрології в Україні (XVIII – середина XX ст.)», 34 статті у фахових виданнях та понад 20 публікацій в інших виданнях – збірниках наукових статей, матеріалах конференцій, навчально-методичних матеріалах тощо. У працях висвітлено як загальну концепцію дисертації, так і окремі її положення, здійснено пошук і обробку статистичних матеріалів, сформульовано та обґрунтовано висновки. Ці матеріали достатньою мірою відображають зміст роботи [677–734].

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, основної частини з 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і літератури, додатків. Основний текст дисертації становить 370 стор. Список використаних джерел і літератури має 803 позиції. Загальний обсяг дисертації 463 стор.

Основний зміст роботи.

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, висвітлено її важливість. Визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження. Показано зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, розкрито наукову новизну та практичне значення результатів дисертації, вказано де і як проводилася апробація результатів пошуку.

В **першому розділі «ІСТОРІОГРАФІЯ ТА ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА ДОСЛІДЖЕННЯ»** визначено сучасний стан та проаналізовано ступінь наукової розробки проблеми, а також джерельної бази за типолого-видовою класифікацією, на основі якої проводилося дослідження, також наведено методи вирішення поставлених завдань. Проведено історіографічний аналіз досліджень різних аспектів історії метрології, стандартизації і сертифікації та суміжних наук, що дало повне уявлення про ступінь вивчення наукової проблеми і змогу систематизувати та критично оцінити використані джерела, визначити основну концепцію в сучасному стані вивчення теми та результатів попередників, окреслити коло питань, які не були висвітлені. Аналіз наукової розробки історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст. показав, що дана тема є недостатньо вивченою і не була предметом дисертаційного дослідження.

Історіографію та джерела з метрології, стандартизації і сертифікації умовно було поділено на: 1) літературу до XX ст., 2) літературу 1900–1959 рр., 3) літературу 1960–1982 рр., 4) літературу з 1983 р. до сьогодення.

У **другому розділі «АНАЛІЗ ПРЕДМЕТУ ТА ЗАВДАНЬ МЕТРОЛОГІЇ, СТАНДАРТИЗАЦІЇ І СЕРТИФІКАЦІЇ, ЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ»** проведено аналіз термінології в метрології,

стандартизації і сертифікації, історія яких досліджується. Показано місце метрології, стандартизації і сертифікації в системі наук, сфери їх застосування, означено предмет, завдання, значення метрології, стандартизації, сертифікації і взаємозамінності, єдності і точності вимірів. Проведений аналіз визначень, а також основних фактів з історії метрології привів до висновку, що поняття «метрологія» необхідно розглядати в широкому і вузькому значеннях. В широкому значенні метрологію можна визначити, як розділ фізики про вимірювання різних фізичних величин, методи і засоби, які забезпечують їх повсюдну єдність та відповідну точність, про утворення одиниць вимірювання фізичних величин і їх систем, створення еталонів цих одиниць, уточнення фундаментальних фізичних констант. Щодо метрології у вузькому значенні, то її доцільно визначити як технічну дисципліну, що займається створенням еталонів і зразкових вимірювальних засобів та їх перевіркою. Розглянуто структуру метрології, стандартизації, сертифікації та дано характеристику їх складових.

У третьому розділі «ІСТОРИЧНИЙ НАРИС СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У КІНЦІ XVI–XX СТ.СТ.» висвітлено передісторію метрології (III тис. до н.е.–1582), становлення наукової метрології (1583–1686), розвиток наукової (класичної) метрології (1687–1899), проекти реформ мір уряду Ш.Талейрана у Франції (1789–1790-х рр.), коли було сформовано законодавчу базу Національним конвентом у 1795 р. у Франції, детально проаналізовано метрологічні норми і стандарти, формування метрологічних комітетів, систем, законодавчої бази, визначено значення прийняття Міжнародної метричної конвенції 1875 р. Надана оцінка розвитку метрології як науки в XX ст., періодам квантової і прецизійної метрології, вагомому внеску метрологічних відділів, лабораторій, національних бюро і законодавчій базі в метрології в XX ст., її основним засадам у світовому контексті. Вперше на основі відбору найбільш значущих фактів з історії метрології побудовано її періодизацію, в якій ці факти відкривають відповідні періоди та етапи. Дано обґрунтування

наведеної періодизаційної схеми. В рамках цієї схеми вперше викладено коротку історію метрології (світовий контекст). До наукового метрологічного обігу вперше запроваджено низку фізичних фактів.

У четвертому розділі «ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У XVIII–XX СТ.СТ.» висвітлено становлення та впровадження стандартів і стандартизації (XVIII–XIX ст.ст.), впровадження взаємозамінності, перші стандарти, клейма, торгові марки, значення державної стандартизації, формування основ її законодавчої бази, показано становлення і розвиток наукової стандартизації в XX ст., що пов'язано з аналізом діяльності Інститутів стандартів, лабораторій стандартів і визначенням їх значення для якості продукції в XX ст., проаналізовано становлення і розвиток сертифікації в XX ст. як критерію якості та її законодавчу базу.

У п'ятому розділі «ІСТОРІЯ ПРИКЛАДНОЇ І ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ І РОСІЇ В XVIII СТ. – 1950-Х РР.» досліджено передісторію метрології на території України з IV ст. до н.е. по XVII ст., становлення метрологічних основ у 1725–1827-х рр., також досліджено процес передісторії і становлення стандартизації до 1920-х рр., проведено аналіз законодавчих основ стандартизації. Визначено, що в першій половині XIX ст. для вивчення історії російських мір багато зробив А.І.Ламберті, а його стаття, присвячена походженню і становленню мір довжини й ваги, стала першою спробою дослідити і проаналізувати історію метрології. Показано значення підписання Міжнародної метричної конвенції для Російської імперії і вагомий внесок Д.І.Менделєєва в розвиток метрологічних установ у XX ст. Досліджено розвиток прикладної метрології в першій половині XX ст. і формування на базі Повірочних палаток метрологічних центрів.

У шостому розділі «РОЗВИТОК ПРИКЛАДНОЇ, ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА XX СТ.)» досліджено метрологію, стандартизацію і їх законодавчу базу в

другій половині ХХ ст., наведено і проаналізовано стан метрологічної, стандартизаційної служби в Україні, її забезпечення, характеристику, а також законодавчу базу. Досліджено розвиток інституційних центрів з метрології, стандартизації в Україні, визначено науково-технічний потенціал України і зв'язок метрології й стандартизації з вітчизняним виробництвом та промисловим дизайном, наведені шляхи можливого вдосконалення законодавчої бази України з питань метрології і стандартизації з огляду на світовий контекст. Розроблено хронологію подій з історії прикладної і законодавчої метрології, стандартизації і сертифікації в Україні та окреслено визначні події.

У сьомому розділі «СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК СЕРТИФІКАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.)» показано зародження законодавства в сфері сертифікації, торгового знаку від 22 квітня 1667 р., коли вийшов законодавчий документ «Новоторговий Устав» Московського князівства, що містив правові норми, які регулювали внутрішню і зовнішню торгівлю, і саме в цих нормах вперше було згадано клеймо. Офіційно сертифікація була введена у СРСР у 1965 р., коли було засновано Всеросійський науково-дослідний інститут сертифікації (ВНДІС). Визначено, що в СРСР сертифікація почала запроваджуватися з 1979 р., коли було прийнято Постанову ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР «Про поліпшення планування й посилення впливу господарського механізму на підвищення ефективності виробництва і якості роботи». Сьогодні в Україні охорона прав на товарні знаки для продукції регламентується Законом, прийнятим 15 грудня 1993 р., Паризькою конвенцією з охорони товарних знаків, Угодою про міжнародну реєстрацію знаків, які діють в Україні з 1991 р., Протоколом угоди про міжнародну реєстрацію знаків, підписаним 1989 р. і чинним з 2000 р.

У висновках викладені основні результати дисертаційного дослідження.

РОЗДІЛ 1

ІСТОРІОГРАФІЯ ТА ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Історіографія дослідження

Вивчення та аналіз літератури, документальних і архівних матеріалів дозволили розкрити становлення і розвиток вітчизняної метрології, стандартизації і сертифікації в світовому контексті. Історіографія та джерельна база досліджуваної теми охоплює різні аспекти цього процесу, проте відразу необхідно зазначити, що переважна кількість робіт фрагментарно висвітлює деякі питання історії метрології, а щодо історії стандартизації, сертифікації в Україні, то вони практично не висвітлювалися.

Історіографію та джерельну базу з метрології, стандартизації і сертифікації умовно можна поділити на:

- а) літературу до ХХ ст.;
- б) літературу 1900–1959 рр.;
- в) літературу 1960–1982 рр.;
- г) літературу з 1983 р. до сьогодення.

Цей розподіл можна обґрунтувати тим, що до ХХ ст. метрологія існувала в контексті інших наук. Література 1900–1959 рр. характеризується впливом становлення квантово-ядерної, експериментальної метрології. В літературі 1960–1982 рр. показано розвиток прецизійної метрології, вплив впровадження Міжнародної системи одиниць вимірювання СІ. Література з 1983 р. до сьогодення характеризується впливом новітньої прецизійної метрології.

Історію метрології, стандартизації в деякій мірі висвітлено в літературі до ХХ ст., яка присвячена процесу становлення метрологічних уявлень у скіфів, сарматів, зарубинецькій і черняхівській культурах, у Київській Русі, Московії, Речі Посполитій і Російській імперії. Першою працею, яка

проаналізувала походження та стан мір, стала робота А.І.Ламберті, опублікована у «Військовому журналі» в 1827 р [341]. Література ХХ ст. у монографіях, підручниках і наукових статтях показала становлення, розвиток метрології після підписання і поступового впровадження Міжнародної метричної конвенції (1875) і була, в основному, присвячена історії метрології в ССРСР, а метрологія, стандартизація і сертифікація України практично не згадувалися.

Література до ХХ ст. Аналіз деяких аспектів розвитку мір започатковано ще з докиївської доби, але це були лише примітивні уявлення і не йшлося про врегулювання всякого роду мір. У першій половині ХІХ ст. для вивчення історії мір, вагомий внесок зробив А.І.Ламберті і його стаття «О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с иностранными» (1827) стала першим науковим дослідженням з історії становлення метрології на теренах Російської імперії, куди входила й Україна, а першою фундаментальною працею стала робота Ф.І.Петрушевського «Общая метрология» (1849), у подальшому концепції цих досліджень набули розвитку [341; 469].

Необхідно відзначити дослідницькі пошуки В.Ф.Петрушевського (1883), а також дослідження С.І.Ламанського, який спробував зробити аналіз мір, що були зібрані в деяких митних управах західної частини Російської імперії і опублікував дані у Часописі Головної палати мір і ваги (1894) [339; 340; 468]. Перші автори, що почали відтворення історії появи і становлення мір, спрямували свої зусилля насамперед на виявлення витоків зародження мір, запровадили в науковий обіг новий фактичний матеріал з метрології. Значною мірою їх праці мали характер джерел, тому що це були свідчення сучасників тих подій. Ці роботи стали історіографічним явищем в історії мір. Питання формування і становлення метрології були висвітлені в працях М.Г.Паукера про міри Росії в порівнянні з німецькими (1832) [463], Д.І.Прозоровського про стародавні російські міри рідини (1854) і довжини (1872) [505; 506], І.Махова про порівняння японських і російських мір (1862) [379], О.Д.Хвольсона про

метричну систему мір і її введення в Росії (1884) [666], С.Лехмана про метричну систему (1889) [357], В.С.Вулхауза про аналіз національних мір, ваги і грошової одиниці (1890) [122], Ф.І.Блумбаха про повірку мір у Сибіру (1897) [62], М.Г.Єгорова про термометричні і барометричні вимірювання в Головній палаті мір і ваги, О.М.Доброхотова про вимірювання місткості винних бочок за лінійними розмірами (1899) і про дослідження хлібних ваг (пурки) як засобу для визначення складу зернових (1899) [195; 196; 214].

Отже, огляд історіографії до ХХ ст. свідчить, що питання виникнення та еволюції метрології висвітлено фрагментарно, а історія стандартизації і сертифікації не були предметом дослідження. Перші автори, які почали відтворення появи й розвитку мір, спрямували свої зусилля, насамперед, на виявлення витоків зародження мір, запровадили до наукового обігу новий матеріал з досліджуваної проблематики. Значною мірою ці праці мали характер джерел і стали складним історіографічним явищем. Завдяки високому рівню осмислення матеріалу, їх можна розглядати як історіографічні дослідження з розвитку мір.

Література 1900–1959 рр. В цей період проходило становлення, розвиток квантової фізики, і відповідно метрології. На першому етапі цього періоду намітилося становлення напівкласичної, напівквантової метрології в межах фізики (1900–1924). М.Планк висунув ідею квантів енергії та запровадив константу h (стала Планка), започаткувавши квантову (некласичну) фізику, отже, і метрологію. Грунтовними дослідженнями стали праці І.П.Бабенка «Метрология» і «Монеты, меры и весы всех стран и народов (в сравнении с русскими)» (1905) [29-30], Ф.П.Завадського про системи водоміру (1905) [225], О.М.Доброхотова в Часописі Головної палати мір і ваги про Гамбургську та Німецьку пурку (1907) і про визначення торгівельної якості зернових (1907) [194; 197], М.В.Довнар-Запольського про міри в торгівлі (1910) [199], В.Айрі про вимірювання в Британії (1909) [6], Р.М.Гутера про міри різних країн з порівняльними таблицями (1911) [174], І.І.Кауфмана про історію російської ваги (1911) [268], О.М.Кремльова про дослідження колориметрів для нафтової

справи (1911) [322], С.К.Кузнєцова про давньоруську метрологію (1913) [331], С.Б.Веселовського про сошне письмо (1915) [112], М.Т.Беляєва «О древних и нынешних русских мерах протяжения и веса» (1917) [45] і т.д. Питанням метрології та її історії присвячено невелику кількість оглядових праць, що висвітлили деякі факти з історії науки. Внесок у становлення, розвиток метрології та її інституціоналізації зробив Д.І.Менделєєв, що спостерігається в його дослідженнях в метрології. Свої думки, щодо метрології і метричної системи Д.І.Менделєєв висловив у статтях: «Предложения по предмету дальнейшего устройства и распределения в Империи местных поверочных учреждений и потребных для сего кредитов (1902)», «О дальнейшем развитии деятельности Главной палаты», а також у доповіді про введення метричної системи від 9 серпня 1896 р. та ін [187–189; 382–390]. Аналіз цих праць вперше було проведено О.М.Доброхотовим, а також ним було надано коментарі і рекомендації щодо вдосконалення законодавства з цих питань [198].

Деякі відомості щодо мір і ваги знайдено в Іпатіївському літописі під редакцією О.О.Шахматова (1908) [244], в літописі Нестора за Лаврентіївським списком (1903) [356], у збірнику законів та циркулярів з мір і ваги (1902) [433].

У роки становлення Української академії наук позначилися нові зрушення в фізиці, метрології, урізноманітнілась тематика досліджень, що було висвітлено у працях О.Абрагамсона [1], Г.Г.Де-Метца [182-185], О.Г.Гольдмана [147-148], М.Лауе [345], М.М.Младенцева [409], В.О.Патрухіна [461-462], А.Седлашека [568], О.С.Шварабовича [770], які оцінили значення Міжнародної системи мір, а також цілеспрямовано підходили до розвитку метрології на базі Київського політехнічного інституту тощо. Серед вчених необхідно відзначити постать професора Г.Г.Де-Метца, який оцінив значення Міжнародної системи мір, а також цілеспрямовано підходив до розвитку метрології в електрофізиці на базі лабораторії Київського політехнічного інституту [1; 182].

Під час становлення експериментальної квантової метрології і становлення стандартизації (1925–1959), вийшли праці, в яких згадувалися різні міри і їх значення, наприклад, у праці П.Лакура з історії розвитку фізики (1929) [338], у повному видавництві праць Арістотеля (1937) [18], Д.І.Блохінцева про шляхи розвитку теоретичної фізики в СРСР (1947) [61], Я.І.Френкеля про становлення і розвиток теоретичної фізики в СРСР (1947) [659-660], С.Чандрасекара про проблеми в фізиці і астрономії (1947) [756], О.О.Іванова про Д.І.Менделєєва як метролога (1934) [239], у архіві Д.І.Менделєєва (1951) [22], М.Д.Малікова про засади метрології [375], О.М.Павленка про розвиток молекулярної фізики (1948) [455], В.Гейзенберга про розвиток атомної фізики (1953) [132], А.В.Беклемішева про міри і одиниці фізичних величин (1954) [46], А.Зоммерфельда про розвиток фізики (1955) [232; 233] тощо. В цей час з'явилися більш ґрунтовні праці з метрології і стандартизації, наприклад, Р.А.Бреді про промислову стандартизацію (1932) [85], А.Гастєва про стандартизацію як науку (1934) [131], Л.В.Черепніна про російську метрологію (1944) [758-759], Н.В.Устюгова про давньоруську метрологію (1946) [643], М.О.Шостіна про Д.І.Менделєєва і проблеми вимірювання (1947) [780], В.Л.Вороніна про метрологію в Азії (1951) [123], П.Г.Стрелкова про конструкцію дилатометра (1953) [613], Я.К.Земваріса про метрологію Латвії в XIII–XVI ст.ст. (1955) [230], В.Л.Яніна про грошові і вагові системи руського Середньовіччя (1956) [797], Г.М.Кондрат'єва про теплові вимірювання (1957) [301-303], В.О.Арутюнова про метрологічні роботи в СРСР за сорок років (1958) [396], Л.О.Боярського про оптичну пірометрію (1958) [490], Б.О.Рибакова про російські міри (1957) тощо [522; 524].

Отже, у визначений період становлення, запровадження квантової метрології і стандартизації частково були висвітлені в літературі, але не було всебічного, повного аналізу цих галузей.

Література 1960–1982 рр. Цей етап характеризується розвитком прецизійної метрології, стандартизації, а також становленням сертифікації.

Після прийняття у 1960 р. на XI Генеральній конференції з мір і ваги стандарту Міжнародної системи одиниць СІ, в літературі спостерігався інтерес до мір, як це відбувалося після підписання Міжнародної метричної конвенції 1875 р. З робіт дослідників, які спиралися на матеріали археологічних розкопок (на міри ваги, знайдені при розкопках стародавньої архітектури, в похованнях), слід особливо відзначити роботи О.І.Каменцевої про російські міри ваги в XVIII ст. і організацію системи мір і повірочної справи в Росії в XIX ст. (1960) [258–260], Л.І.Чуїстова про вагову систему Причорномор'я (1962) [763], М.Ф.Котляра про російську метрологію (1965) [314–316], Ю.Брегеля і Є.А.Давидовича про метрологію в Середньовічній Азії (1970) [84; 177–178], Г.І.Джапарідзе про грузинську метрологію (1973) [186], М.О.Шостіна про російську метрологію XI–XIX ст.ст. (1975) [780–781], А.В.Анохіна про монетну справу в Херсонесі (1977) [7], А.А.Пілецького про систему вимірювань в архітектурі (1980) [470], Я.Г.Сеніка про метрологію XIX ст. (1973) [571], О.Ф.Сидоренко про українську метрологію XVIII ст [577–580]. Ними був доведений факт існування в Стародавній Русі та інших країнах малих мір ваги і встановлені їх значення, але походження давніх мір не знайшло ґрунтового вивчення. Найменування мір (п'ядь, лікоть, сажень, бочка) у більшості випадків свідчать про їх місцеве походження в протилежність таким чужоземним найменуванням, як ярд, фут та ін. Зазвичай найменування чужоземних мір, що не мали аналогів в давньоросійській метрології, залишалися без перекладу.

Слід відзначити аналітичні праці про метрологію і стандартизацію в Українській РСР і СРСР після прийняття Міжнародної метричної системи СІ. Це праці, на які вплинула система СІ, наприклад роботи Б.І.Барановського про еталонну базу України (1982) [38], Л.В.Бесфамільної про ефективність роботи метрологічних служб (1982) [55], Б.А.Грицька про розвиток метрологічних служб в Україні (1982) [168], Ю.Г.Городецького про експлуатацію вимірювальних приладів (1971) [152], С.І.Новікова і Б.Н.Олейнікова про розвиток калориметрії [434; 443], І.І.Кіренкова про розвиток оптичної пірометрії (1977) [281–282], Б.І.Козлова про метрологічну

реформу в СРСР у 1920-х роках (1981) [293], О.В.Бабича, В.І.Проненка і В.А.Чудова про вплив метрології на промисловість, А.Н.Аматуні про створення комплексу еталонних засобів (1981) [509; 511; 594; 762], Б.А.Урванцева про діалектичний розвиток стандартизації (1982) [642], А.Е.Лопатто про стандарти будівельних конструкцій [366] тощо.

В цей період вийшли праці, де в контексті становлення і розвитку фізики та механіки прямо і побічно згадувалася метрологія і стандартизація. Наприклад, праці Архімеда з коментарями І.Веселовського (1962) [23], праці В.І.Боярінцева, М.Борна, С.Бруша, Л.Бріллюена, Г.Лоренца про розвиток фізики в ХХ ст. [80; 83; 87–90; 367], Г.В.Смірнова [590], Г.Стенлі [609], П.Фльори [653], роботи О.І.Ахієзера (1973) і М.Каца (1965) про еволюцію фізичної картини світу [28; 270], Е.В.Шпольського про розвиток атомної фізики (1974) [782], Л.Д.Ландау про розвиток теоретичної фізики (1976) [342], Л.І.Любімова про перевірку засобів електричних вимірювань [371], Е.Кальве про мікрокалориметрію (1963) [257], І.П.Базарова про проблеми статистичної фізики і квантової механіки (1981) [31–33], В.Л.Гінзбурга про сучасну астрофізику (1970) [139–140], Я.Г.Дорфмана про історію фізики (1979) [204–205], П.Хокса про електронну мікроскопію [671], Л.Г.Хоменка з історії кібернетики [673], В.А.Фока про розвиток і перспективи квантової фізики [654–655].

Вагоме значення для розвитку прецизійної метрології мали праці з квантової метрології (1981) [273], Б.Тейлора, В.Паркера і Д.Лангенберга про фундаментальні константи в період квантової фізики (1972) [623]. Отже, після ґрунтовного аналізу багатьох джерел можна зробити висновок, що прецизійна метрологія розвивалася як розділ фізики і всі фізичні досягнення впливали на точність вимірювань.

Література з 1983 р. характеризується впливом новітньої прецизійної метрології, розвитком стандартизації і сертифікації, а також прийняттям нового визначення метра на XVII Генеральній конференції з мір і ваги. Фрагментарні дані з метрології і стандартизації містяться в працях,

присвячених історії природознавства, фізики, математики, механіки, архітектури, культури та інших наук. Деякі з цих робіт підготовлені у відділі історії науки і техніки Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М.Доброва НАН України вченими: Ю.О.Храмовим, Ю.В.Павленком, А.С.Литвинко, С.А.Хорошевою та ін [456–457; 735–747].

Спробу дослідити становлення, розвитку метрології зробив О.М.Величко в роботі: «Всесвітня історія метрології: від давнини до кінця XIX століття» (2006), де висвітлено значення мір у різних системах вимірювання, звернено увагу на структуру метрологічної служби в світі, проте не охарактеризовано історію виникнення, становлення і запровадження метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в світовому контексті, мало приділяється уваги досягненням у цих галузях і конкретним персоналіям у цілному зв'язку з історичними подіями і культурним контекстом. В праці Б.А.Грицька «Нариси з історії метрології на теренах України (від найдавніших часів до сучасності)» (2005) недостатньо приділяється уваги світовому контексту розвитку метрології, а також не надається ґрунтовний аналіз виникнення, становлення і запровадження метрології, стандартизації і сертифікації на всій території сучасної України, а показується в основному народна метрологія Західної України. У кандидатській дисертації дисертанта «Розвиток метрологічної вимірювальної техніки в Україні в останній чверті XX ст.» у контексті розвитку вимірювальної техніки фрагментарно показано історичне становлення метрології і розроблена схематична періодизація історії метрології, але ця схема згадується тільки в оглядовій частині докторської дисертації здобувача, а в наступних розділах схема ґрунтовно доопрацьована. В дослідженні пропонується нова система періодизації історії метрології, стандартизації і сертифікації в світі, де деталізовано інформацію завдяки використанню нових документальних матеріалів, які раніше не використовувалися [108–111; 167–168; 723–724]. І.М.Долбенкін у дисертаційному дослідженні «Інститут метрології в адміністративному

праві» (2009) визначив основні етапи розвитку цього закладу і проаналізував його перспективи, спираючись на праці А.Б.Агапова, С.Алексєєва та інших учених і практиків [3; 9; 201].

Зазначимо, що у висвітленні історії метрології, більшість дослідників зосередили увагу на аналізі джерел формування метрологічних уявлень у контексті розвитку фізики, математики, механіки, машинобудування, техніки, мистецтва, соціології, права і т.д. Це праці К.Н.Андрієвського [15], О.І.Ахієзера [26–27], Д.Н.Бахраха [43], Ю.М.Белоусова [44], Д.І.Грядового [170], Д.Гудмена [171], К.П.Гурова [172], Ю.І.Жигалова [223], Ф.С.Завельського [226], В.Я.Ложнікова [363], І.Пригожина [485–488], О.М.Самойленка [569], С.А.Спектора [604], І.З.Штокало [249], М.В.Келдиша [276–277], Ю.М.Мимріна [403], Г.Я.Мякішева [418], Л.Онсагера [446], Г.С.Свечнікова [566], С.Хокінга [670], А.С.Ястржембського [801–802] та ін. Наукові надбання згаданих вчених є вагомим доробком, завдяки якому відкрилися широкі перспективи для висвітлення проблем метрології, вирішення яких направить вітчизняний науково-технічний потенціал на вирішення поставлених завдань.

В цей період виходить більше підручників, довідкових праць з фізики, історії, метрології, стандартизації і сертифікації, а саме Б.Г.Артемьєва [20–21], Р.В.Бичківського [57], В.Г.Борисенка [77], Л.Н.Брянського [95], Г.Д.Бурдуна [100], В.М.Клевлеєва [286], П.С.Кудрявцева [325], І.К.Петрова [467], В.С.Савчука [561–562], Л.А.Сени [570], Дж.Тойнбі, Ю.О.Храмова [746], В.А.Шендеровського [769], І.Р.Юхновського [790], А.Ярїва [798–799] тощо. Виходять наукові статті, підручники з метрології, проблем контролю, еталонної бази, а саме Н.П.Барановської [35–37], В.Н.Баса [41], Ю.Н.Берновського [50–51], І.А.Біргера [56], А.Т.Богороша [66–67; 492], В.А.Брюханова [93], В.Н.Васильєва [106], Л.І.Григорьєва [165], В.П.Кваснікова [275], С.А.Кононогова [305–307], Л.А.Назаренка [418], Б.В.Осіпова [448], Ю.Ф.Павленка [455], А.І.Походун [482–483], Г.С.Сидоренка [581] Д.Н.Хамханової [663], В.Л.Шур [787] та ін.

В аспекті даного дослідження певний інтерес викликають роботи М.П.Березенка [47], В.І.Беркова [48], А.В.Буйских [52], В.Я.Володарського [120–121], Н.О.Герасименко [138], О.Б.Гінак [136–137], С.В.Міщенко [408], Г.М.Ніколаєнко [429], В.П.Піпунірова [489], Є.І.Погребиської [477], О.Ф.Сидоренко [577–580] та інших, де висвітлюються деякі факти з історії галузі, але не надається історико-культурний контекст розвитку метрології, а історія стандартизації і сертифікації в Україні практично не згадуються.

Історіографію досліджуваної теми збагатили праці учених ближнього та дальнього зарубіжжя, а саме роботи Дж.Бірча [58], В.Гейзенберга [132], В.А.Дмітрієва [192–193], Х.А.Каюмова [271], С.Мейєра [402], О.Намжила [421], Дж.Хартлі [664], Б.Тейлора [623], Х.Харта [665] та ін.

Метрологічні знання необхідні для всіх галузей народного господарства. Історичні науки при метрологічному дослідженні виконують в основному культурологічні функції. Для вивчення метрології як компонента культури народу, а також як основи становлення методів сучасних природничо-математичних наук, важливим представляється узагальнення даних з народної метрології й виявлення ознак традиційної метрології. Вивчення народної метрології зводився до трьох аспектів: 1) об'єкт господарської діяльності й побуту людини, 2) предмет матеріальної культури народу, 3) фактор розвитку науки, економіки й торгівлі.

Бібліографічний аналіз робіт з історії метрології показав, що деякі питання цієї сфери знань народів і народностей Росії висвітлені в праці М.О.Шостіна «Очерки истории русской метрологии XI – начала XX вв.», (1975) [781]. Учений використовував у дослідженні безліч історичних, історіографічних і юридичних документів з різних періодів життя російського народу, виявив джерела походження й передумови еволюції різних мір і еталонів, починаючи від Київської Русі до початку XX ст., але не показав періодизацію історії метрології, не надав історико-культурного і світового контексту історії метрології, а метрологію України було згадано лише фрагментарно в контексті розвитку метрології в Росії, щодо стандартизації і

сертифікації, вони практично не досліджувалися. Історії грузинської народної метрології присвячена робота Г.І.Джапарідзе, де приводяться основні грузинські міри й одиниці, розглядається вплив перських і російських мір [186]. Історію метрології народів Північного Кавказу досліджував В.А.Дмитрієв і надав аналіз мір адигейців, кабардинців, черкесів, абазинців, балкарців, карачаївців, осетин, чеченців, інгушів і ногайців [192]. Про історію метрології мусульманських країн середньовічного Сходу писав Є.О.Давидович [177–178]. Деякі відомості з історії метрології таджиків наведені в історичних і етнографічних роботах росіян, таджицьких і радянських учених ХІХ–ХХ ст.ст. Аналіз наукової літератури, проведений Х.А.Каюмовою, показав, що не всі питання досліджуваної їм теми висвітлені глибоко і всебічно [271]. О.Намжил у дисертаційному дослідженні «Розвиток системи стандартизації й управління якістю в Монголії» (2003) проаналізував магістральні шляхи розвитку стандартизації й оцінки відповідності в країнах, особливості цих сфер діяльності в державах з економікою, що розвивається. Розглянуто роль стандартизації в сучасному світі, з позиції науково-технічного прогресу, проведено аналіз діяльності Національних органів зі стандартизації, залежно від рівня розвитку й інших особливостей держави. В праці визначено організаційно-економічні, правові основи стандартизації, оцінки відповідності і якості в Монголії, проаналізовано стан і тенденції розвитку організацій галузей економіки [419–421]. Певний інтерес для дослідження викликають підручники, навчальні посібники з метрології, стандартизації і сертифікації, за якими можна прослідкувати зміни в термінології і технологіях у цих галузях. У деяких працях надається стислий огляд історії, наприклад підручники, Б.І.Жарковського (1983) [221], М.І.Тюріна (1985) [637], Р.В.Бичківського (2004) [57], В.Д.Горбоконека (2005) [149], Л.Ф.Доліна (2007) [202] та ін.

Отже, аналіз історіографії з історії метрології, стандартизації, сертифікації в Україні і в світі показує, що більшість праць дає лише фрагментарні дані з метрології, а історія стандартизації і сертифікації практично не була висвітлена.

1.2. Джерела і основні методи дослідження

Методологічну основу дисертації складають загальнонаукові принципи, а саме: науковість, об'єктивність, історизм, системність. Сприймаючи ці принципи як основні для досягнення поставленої мети дослідження, ми намагалися вивчати історіографію, джерела предмета дослідження в її розвитку від зародження до сьогодення. При цьому нами виділялися основні напрямлення, тенденції, особливості цього процесу, які пов'язані з факторами взаємовпливу, що теж розвиваються. Дослідження базується на комплексному використанні принципів історизму і наукової об'єктивності, а також на широкому використанні предметно-логічного, порівняльно-історичного, системно-функціонального методів.

До загальнонаукових методів, використаних у дослідженні відноситься структурно-системний метод. За цим методом вивчалася історіографія метрології, стандартизації і сертифікації як складна система з багатьма зв'язками. В дисертаційному дослідженні було використано історичний та логічний методи, а також методи класифікації, типологізації, дедукції і індукції, аналізу і синтезу та інші методи, які обґрунтовано вченими з теорії методології. Системний метод полягає у комплексному дослідженні об'єктів або систем з узгодженням усіх частин. В межах системного підходу розрізняють структурний, функціональний та інші підходи. Структуризація є необхідною умовою вивчення предмету дослідження, яка дозволяє описати складові об'єкта – елементи, зв'язки, функції.

Для вирішення поставлених у дослідженні задач необхідно застосувати методику, тобто поєднання методів і прийомів як способів пізнання, дослідження природи і явищ, що підпорядковані вирішенню поставлених питань. Методом є спосіб пізнання, розкриття, дослідження природних явищ і життя суспільства, також прийоми теоретичного і практичного пізнання дійсності, що підпорядковуються вирішенню поставлених в дослідженні

проблем. Методикою є сукупність методів проведення дослідницької роботи і система норм використання методів.

Історико-наукова робота виконана в загальноісторичному і культурному контекстах. Оскільки у широкому значенні наука – свідомо діяльність, що спрямована на отримання позитивних, раціонально обґрунтованих, систематизованих знань про світ, тому при такому підході наукові знання мають всі цивілізації, починаючи з найбільш архаїчних, які не знали колеса і металу, але досягли вагомих результатів у математиці і астрономії. Елементарні наукові знання мали Антична, Візантійська, Китайська, Індійська і Мусульманська цивілізації, але в їх соціокультурних системах пізнавальна діяльність не була у повній мірі секуляризованою і структурованою за схемою «експеримент – теорія», до чого наближалася Антична цивілізація. У вузькому значенні наука – людська діяльність, яка виробляє і теоретично систематизує об'єктивні знання про дійсність, в основі якої є верифікація теоретичної роботи і емпіричної практики. В такому значенні наука з'явилася лише в XVII ст. у Західній Європі і її першим представником став Г.Галілей [128; 633; 696; 736]. Таким чином наука в широкому значенні існує на протязі всієї історії цивілізацій, від давнього Єгипту до наших днів. Наука у вузькому значенні, яка має своє коріння в Стародавній Греції, Римі, Візантії, Китаї, Індії і Мусульманському світі, склалася при трансформації середньовічної Західнохристиянської цивілізації в Новоевропейську у XVII ст.

Методи наукового пізнання можливо поділити на три групи [162, с.24; 332, с.31; 394–395]:

а) емпіричного дослідження, а саме: вимірювання, спостереження, експеримент, порівняння;

б) емпіричного і теоретичного дослідження, а саме: аналіз, синтез, дедукція, індукція та ін.;

в) теоретичного дослідження, а саме: системний, структурно-діяльнісний та ін.

У дисертації застосовано методи емпіричного аналізу, а саме: метод порівняння – пізнання, що встановлює подібність, відмінність предметів, явищ дійсності; метод вимірювання – це метод визначення величини за допомогою одиниць вимірювання, що надає точні відомості про предмет вивчення.

Метод аналізу дав змогу поділити предмет на окремі частини. Метод синтезу дав змогу з'єднати окремі частини або риси предмету в єдине ціле. Відповідно до рівня пізнання об'єкта були застосовані методи аналізу, синтезу.

Особливе значення в дослідженні набуло вивчення історичних подій, фактів і їх аналіз. Тому, історичний підхід дав змогу дослідити виникнення, розвиток метрології, стандартизації, сертифікації у хронологічній послідовності. У межах історичного підходу застосовувалися порівняльно-історичний метод, як поєднання пізнавальних засобів, які дозволили показати відмінність і схожість явищ в досліджуваних напрямках.

Термінологічний підхід надав змогу детально вивчити історію термінів і понять, розробити і уточнити зміст понять, предмету і задач, встановити взаємозв'язок термінів, їх місце в контексті теоретичної метрології, стандартизації, сертифікації. Дедуктивний метод надав можливість розробити конструкцію метрології, стандартизації і сертифікації, де висновок щодо кожного елементу системи виконувався на підставі знання властивостей системи. Метод індукції в дослідженні надав можливість переходу до загального через часткове, коли на знаннях про частину предмету дослідження виконувався висновок стосовно об'єкту в цілому. Методи дедукції та індукції є взаємопротилежними методами пізнання [229; 240].

В дослідженні вивчено процеси в метрології, стандартизації, сертифікації та виявлені характерні для цього інформаційні аспекти. Джерельна база відображає історичні, біографічні, технічні та спеціально-професійні питання історії метрології, стандартизації і сертифікації.

Дослідження засновано на широкому спектрі опублікованих, а також неопублікованих джерел, частка яких уперше ввійшла до наукового обігу. Вибір джерельної бази було обумовлено темою і завданням дисертаційного дослідження, при цьому враховувались внутрішні і зовнішні чинники, що вплинули на процес становлення та запровадження метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст. Джерельну базу дисертації складають історіографічна література, довідкові та енциклопедичні видання, наукові монографії, статті, дисертації, матеріали документального характеру, архівні джерела тощо. Для формування джерельної бази даного дослідження необхідна класифікація історіографічних джерел. Класифікація джерел формується за типолого-видовою схемою, опис якої можна прослідкувати в працях В.Ф.Коломійцева, С.О.Шмідта [255; 289]. За змістовною направленістю нами поділено документальні джерела на документально-історичні, які мають інформацію про метрологію, стандартизацію, сертифікацію та документально-історіографічні, які розкривають процес розвитку історіографії проблематики.

Джерельна база складається з першоджерел:

1. Наукові праці, а саме: авторські свідоцтва, патенти, наукові статті з розробки і запровадження у виробництво норм, стандартів, сертифікатів, метрологічного обладнання. Більшість наукових праць не розглядалися в дослідженнях та науковій літературі.

2. Архівні документи Фонду Києво-Печерського історико-культурного заповідника, Центрального державного історичного архіву України, Музею-архіву Д.І.Менделєєва при Санкт-Петербурзькому університеті, Російського державного військово-історичного архіву в Москві, Російського державного історичного архіву в Москві (переписка Головної палати мір і ваги при Д.І.Менделєєві), Центрального державного архіву древніх актів, Іпатіївського літопису під редакцією А.А.Шахматова (1908), Літопису за Лаврентієвським списком (1903), Правди Руської під редакцією Б.Д.Грекова

(1947), Патерика Києво-Печерського під редакцією В.М.Колпакова (2001) та ін [244; 350–351; 356; 413–416; 460; 484; 534–557; 657; 750–752].

3. Законодавчі та нормативні акти, рекомендації, які мають відношення до становлення, розвитку метрології, стандартизації та сертифікації. Положення про Головну палату мір і ваги (1893) і про міри і ваги (1899), що були надруковані в Часописі Головної палати мір і ваги (Санкт-Петербург) [479–480], Збірнику усіх законів і циркулярів про міри, що складений І.П.Жолцинським (Москва, 1902) [433], працях А.І.Яковлева «Таможенне книги Московского государства XVII в.» (1950), А.Ц.Мерзона «Таможенне книги XVII в.» (1997), де досліджено і проведено аналіз митних книг Московії XVII ст. з нормами контролю мір [392; 616]. Зроблено ретельний аналіз законів, постанов і декретів України, а саме: «Про метрологію та метрологічну діяльність»: закон України № 113/98-ВР від 11.02.1998 р., «Про стандартизацію»: закон України № 2408 від 17.05.2001 р., «Про утворення Українського інституту якості»: Постанова Кабінету Міністрів України № 800 від 11.07.2001 р. і т.д [491; 493–504; 508; 513–516; 521]. Для висвітлення повної картини законодавчої і нормативної бази було досліджено періодичні державні видання «Голос України», «Урядовий кур'єр», «Відомості Верховної Ради», «Стандартизація, сертифікація, якість» і т.д.

4. Відомості офіційного діловодства, а саме: звіти і протоколи засідань, спогади, Державні стандарти, звіти про діяльність Державного стандарту України, звіти про діяльність повірочних палаток на початку ХХ ст [585], аналіз діяльності Всесоюзного науково-дослідного інституту метрології ім. Д.І.Менделєєва, проведений В.І.Соловйовим [598], «Государственная система измерения. Единицы величин: ГОСТ Р8.417-2002» (Москва, 2003), «Государственная система обеспечения единства измерений: ГОСТ Р8.000-2000» (Москва, 2000), «Методы определения экономической эффективности метрологических работ: МИ 412-86» (Москва, 1987), «Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки: ДСТУ3400-2000» (Київ, 2001) і т.д [119; 153–161; 394; 399–401].

5. Довідкова і енциклопедична література історичного, метрологічного, фізичного, бібліографічного змісту, а саме: Велика Російська енциклопедія [70], Великі Радянські енциклопедії [71–72], Енциклопедичний словник Ф.О.Брокгауза і І.О.Ефрона [217], Російська метрологічна енциклопедія (2001) під редакцією Ю.В.Тарбєєва [533], довідник металіста за редакцією основоположника стандартизації в СРСР О.Д.Гатцука (Ленінград, 1927) [605], довідник про становлення і розвиток стандартизації в Росії під редакцією Г.П.Вороніна (Москва, 2000) [607], довідники для спеціалістів метрологічних служб під редакціями Б.Г.Артемьєва, О.М.Федорова [20-21; 397], Фізична енциклопедія і фізичний енциклопедичний словник під редакцією О.М.Прохорова [648; 650], Фізичний енциклопедичний словник під редакцією Б.А.Веденського [649], Новий політехнічний словник (2000) під редакцією О.М.Прохорова [432], праці Ю.О.Храмова «Физиики: Биографический справочник» (1983) і «История физики» (2006) та ін [736; 742]. В дослідженні використано тлумачні словники, де прослідковано зміни в значенні і термінології метрології, стандартизації, сертифікації [73–75; 365; 586–588].

6. Окремі публікації у фахових, періодичних виданнях та інтернет-ресурсах, де містяться фактичні дані про досягнення і впровадження в метрології, стандартизації, сертифікації.

Висновки до розділу 1

В першому розділі «ІСТОРІОГРАФІЯ ТА ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА ДОСЛІДЖЕННЯ» визначено сучасний стан та проаналізовано ступінь наукової розробки проблеми, а також джерельної бази, на основі яких проводилося дослідження, наведено методи вирішення поставлених завдань. Проведено історіографічний аналіз досліджень різних аспектів історії метрології, стандартизації і сертифікації та суміжних галузей, що дало уявлення про ступінь вивчення наукової проблеми, дало змогу

систематизувати і критично оцінити використані джерела, визначити головні моменти в сучасному становищі вивчення проблеми та результатів попередників, окреслити коло питань, які не були висвітлені. Аналіз наукової розробки історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII–XX ст.ст. показав, що дана тема є недостатньо вивчена і не була предметом дисертаційного дослідження.

Вітчизняну історіографію та джерельну базу з метрології, стандартизації і сертифікації умовно було поділено на: літературу до XX ст.; літературу 1900–1959 рр.; літературу 1960–1982 рр.; літературу з 1983 р.

Цей розподіл можна обґрунтувати тим, що до XX ст. метрологія існувала в контексті інших наук і тільки з організацією Головної палати мір і ваги, видавництвом Часопису Головної палати мір і ваги та впровадженням у Російській імперії Міжнародної метричної системи (1899) до метрології започаткували науковий підхід. Література 1900–1959 рр. характеризується впливом становлення квантово-ядерної, експериментальної метрології, становлення стандартизації і сертифікація. Література 1960–1982 рр. характеризується розвитком прецизійної метрології, стандартизації, а також результатами впровадження Міжнародної системи одиниць СІ, яку прийнято на XI Генеральній конференції з мір і ваги. Література з 1983 р. до сьогодення характеризується впливом новітньої прецизійної метрології, розвитком стандартизації, сертифікації, а також прийняттям нового визначення метра на XVII Генеральній конференції з мір і ваги. Для формування джерельної бази даного дослідження запропоновано класифікацію джерел за типолого-видовою схемою.

Огляд історіографії свідчить, що питання виникнення та розвитку метрології були висвітлені фрагментарно, а історія стандартизації, сертифікації не були предметом дослідження. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [700–702].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТУ ТА ЗАВДАНЬ МЕТРОЛОГІЇ, СТАНДАРТИЗАЦІЇ І СЕРТИФІКАЦІЇ, ЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

2.1. Еволюція змісту метрології, стандартизації і сертифікації, та їх завдань

Нині існує кілька підходів до висвітлення історії науки — через історію ідей та теорій, людей, які їх розробляють, відкриттів, понять, приладів та устаткування, наукових інституцій (соціальна історія науки) тощо [746]. «История науки не ограничивается просто историей открытий и наблюдений, — зазначав видатний німецький фізик-теоретик В.Гейзенберг. — она включает также историю понятий» [132, с. 235].

Першими поняттями науки в сучасному розумінні цього слова, які вона використовувала для описання різних феноменів природи, були положення і швидкість тіл, їх маса, сила, кількість руху, пізніше запровадили поняття потенціальної та кінетичної енергії (XVII ст.). На них понад століття спиралося чимало точних наук. У XIX ст. англійські вчені М.Фарадей, а потім Дж.Максвелл ввели поняття електромагнітного поля. З початком XX ст., зі створенням теорії відносності та квантової механіки, деякі традиційні поняття виявилися незадовільними і їх було замінено новими. Більш того, бурхливий розвиток некласичної науки, зокрема фізики, викликав безліч нових понять і примусив переглянути зміст багатьох старих, навіть фундаментальних. Стосовно фізики, це блискуче обґрунтував видатний український фізик-теоретик О.І.Ахієзер. «Почему необходимо образование новых понятий и концепций? — писав він. — Именно потому, что мы хотим иметь не безжизненный набор никак не связанных между собой опытных данных, а живую физическую теорию, охватывающую основные и главные и

позволяющую с помощью необходимых для этого понятий и концепций предсказывать новые явления и факты» [27, с. 292].

Отже, подекуди саме поняття та їх зміст з часом змінюються, відходячи від свого початкового, часто-густо етимологічного тлумачення, що можна простежити на багатьох прикладах з історії науки. Розглянемо еволюцію поняття «метрологія», залучивши для цього його дефініції за останні понад 100 років, з яких видно, як змінювався її зміст, коло досліджуваних питань, вирішуваних завдання. У відділі історії науки і техніки Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.Г.М.Доброва НАН України, де виконувалося дане дисертаційне дослідження, це робиться не вперше. Подібний підхід в своїх дисертаційних роботах здійснили Л.П.Пономаренко з історії магнітооптики та А.С.Литвинко — з історії статистичної фізики, наочно показавши, як це виглядає [360].

Наведемо низку визначень метрології з різних видань.

Аналізуючи терміни, що надаються в енциклопедичному словнику Ф.О.Брокгауза і І.О.Ефрона, а саме: «метрологія – це зібрання якісних і хронологічних відомостей існуючих або бувших у використанні різних народів мір, ваги та монет». У словнику йдеться також про становлення основних мір, їх виготовлення, зберігання і способи порівняння з іншими мірами [217, Т. 37, с.128]. В деяких словниках кінця ХІХ – початку ХХ ст., наприклад у Тлумачному словнику В.І.Даля (1863–1866) і Словнику іноземних слів О.М.Чудінова (1910), «метрологія це опис мір і ваги» [586; 627].

У Великій радянській енциклопедії (1938) «метрология (с греч. «мера» и «учение») – это учение о мерах» [72, т.39, с.261]. У Великій радянській енциклопедії (1974), «метрология – это наука об измерениях, методах достижения их единства и требуемой точности» [71, т.16, с.499].

У Великій радянській енциклопедії (1938) метрологія історична постає як допоміжна історична дисципліна, предметом вивчення якої є системи мір, які приміняються в тих або інших країнах [72, Т.39, 262]. Також у Великій

радянській енциклопедії (1974) подається визначення метрології історичної як допоміжної дисципліни, предметом вивчення якої є національні одиниці довжини, площі, об'єму, маси та ін. з різних країн, які примінялися і приміняються, а також системи одиниць (мір), грошових одиниць у їх історичному розвитку [71, Т.16, с.501].

В Українській Радянській енциклопедії, (1981) «метрология – это наука об измерениях, способах достижения их единства и требуемой точности». В цій енциклопедії подається визначення метрології історичної як допоміжної історичної дисципліни, яка досліджує системи мір (довжини, площі, об'єму, ваги і ін.), грошового рахунку, що примінялися при історичному розвитку різних народів [641, Т.6, с.447].

В термінах і визначеннях Державної системи забезпечення єдності вимірювань СРСР (ГОСТ 16263-70, 1970 р.) «метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения необходимой точности» [159, с.70].

У Фізичному енциклопедичному словнику (1963), «метрология – это учение о мерах, а в современном значении – наука об измерениях, которые приводятся к эталонам» [649, Т.3, с.209].

У Фізичному енциклопедичному словнику (1983), «метрология – наука об измерениях и методах осуществления повсеместного единства и необходимой точности» [650, с.413]. У Фізичній енциклопедії (1992), «метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения необходимой точности» [648, Т. 3, с.126].

У Новому політехнічному словнику (2000) «метрология – прикладная научная дисциплина, объектом изучения которой является измерение физических величин, методы и средства обеспечения их единства и необходимой точности» [432, с.296].

В Російській метрологічній енциклопедії (2001) вказується, що визначення метрології в словниках і довідниках ХХ ст. змінилися

«метрология – наука об измерениях, методах достижения единства и точности» [533, с.9].

В Энциклопедії Британіка [218, с.843], в Міжнародному словнику з метрології [380] і в законі України «Про метрологію і метрологічну діяльність» (1998), «метрология – это наука об измерениях» [508].

Дещо різнилися визначення метрології в підручниках. За висловлюванням Г.Д.Бурдуна: «Метрология в сучасному розумінні – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності і способи досягнення потрібної точності... Точність вимірювання характеризується наближеністю їх результатів до істинного значення вимірюваної величини» [100, с.5].

Наприклад, у навчально-методичному посібнику О.М.Величка і І.І.Дудича «Основи метрології, стандартизації та контролю якості» (1998), «метрология – наука про вимірювання, яка відрізняється від інших природничих наук (математики, фізики та інших) тим, що її фундаментальні положення приймаються за угодами, а не диктуються об'єктивними закономірностями» [110, с.7]. У підручнику І.М.Ліфіца «Стандартизація, метрология і сертифікація» (2008), «метрология – галузь знань і вид діяльності, яка пов'язана з вимірюваннями» [362, с.175]. В навчальному посібнику В.Д.Цюцюри (2003), «метрология – наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення єдності вимірювань і способи досягнення необхідної їх точності» [753-754].

У Тлумачному словнику Д.М.Ушакова (1940), «метрология – наука о мерах всех времен и народов» [629, т. 2, с.691]. В Тлумачному словнику Т.Ф.Єфремової (2004), «метрология – прикладная научная дисциплина, которая изучает развитие систем мер, денежного расчета и единиц налогового обложения, а также создает единицы измерения и эталоны» [630].

У Словнику російської мови С.І.Ожогова (1987) і Тлумачному словнику російської мови С.І.Ожогова, Н.Ю.Шведової (2003), «метрология – наука об измерениях, их единство и точность» [439; 588].

У Великому тлумачному словнику російської мови під редакцією С.О.Кузнецова (2001), «метрологія – наука об измерениях, методах достижения их единства и необходимой точности» [75].

Проведений аналіз цих визначень, а також основних фактів з історії метрології та фізики, які містяться в розділі «Хронологія» в книгах Ю.О.Храмова [746] та даній роботі, приводить до висновку, що поняття «метрологія» необхідно розглядати в широкому і вузькому значеннях.

В широкому значенні (до нього близька дефініція метрології, яка міститься в третьому томі «Фізичної енциклопедії», 1992 р.), метрологію можна визначити, як розділ фізики про вимірювання різних фізичних величин, методи і засоби, які забезпечують їх повсюдну єдність та відповідну точність, про утворення одиниць вимірювання фізичних величин і їх систем, створення еталонів цих одиниць, уточнення фундаментальних фізичних сталих [100; 533; 648].

Цей нетривіальний висновок підтверджується самою природою фізики і всім ходом її розвитку. Адже вимірювання лежать в основі фізичної науки. Не випадково видатний німецький фізик-теоретик М.Планк в доповіді «Двадцять років роботи над фізичною картиною світу» вказував, що «построение физической науки происходит на основе измерений» [475, с.569].

А інший відомий нідерландський фізик-експериментатор Г.Камерлінг-Оннес з нагоди вступу в 1882 р. на посаду професора Лейденського університету в своїй доповіді «Значення кількісних вимірювань у фізиці» сказав: «Я твердо убежден в том, что целью физики являются количественные измерения и во всех физических экспериментах приоритет должен быть отдан установлению зависимостей, получаемых на основе измерений тех или иных явлений. Над входом в каждую физическую лабораторию я поместил бы надпись: «от измерения — к знанию» [745, с. 102].

Якщо подивитися на хронологічну таблицю фізики Ю.О.Храмова [746, с. 505–737], то можна переконатися, що і в минулому і нині майже всі основні результати в метрології одержано фізиками і в рамках фізики. Чимало з цих результатів, які прямо або побічно стосуються метрології, відзначено багатьма Нобелівськими преміями з фізики [746, с. 738–744]. Це ще одне підтвердження, що метрологія у наведеному вище сенсі — фізична наука. Тривалий час, наприклад астрофізика і космологія, вважалися розділами астрономії (це подекуди трапляється і нині), хоч вони завжди були ближчими до фізики. Так, монографія відомого американського фізика і космолога Ф.Піблса називалася вже «Фізична космологія» (1975).

В метрології як розділі фізики можна виділити теоретичну та експериментальну. Ці напрями розвиваються в основному в тих країнах, які мають сучасну експериментальну базу і належне кадрове забезпечення для досягнення високої точності у вимірюваннях (метрологічні центри на кшталт Інституту науки і технології в США, Німецького фізико-технічного інституту, Всеросійського науково-дослідного інституту оптико-фізичних досліджень та ін.).

Щодо метрології у вузькому значенні, то її доцільно визначити як технічну дисципліну, що займається створенням еталонів і зразкових вимірювальних засобів та їх перевіркою [533]. Еталон — це міра або вимірювальний пристрій, який використовують для відтворення, зберігання та передачі розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки [508]. Цю метрологію краще назвати прикладною, вона ближче до початкового поняття метрології як вчення про міри (від грецької метр — міра і логос — вчення) і саме це визначення (а також у нашій інтерпретації, наведеній вище) дістало значного поширення. Адже в більшості країн створено широку мережу метрологічних установ для вирішення завдань саме прикладної метрології, в якій працює значна кількість власне метрологів.

Метрологія ділиться на теоретичну, прикладну і законодавчу метрологію. Метрологія теоретична – в широкому значенні, присвячена

вивченню теоретичного фундаменту і розглядає питання загальні теоретичні (розробка теорії вимірювання фізичних величин, одиниць вимірювання, методів вимірювання). Метрологія прикладна – у вузькому значенні, вивчає питання практичного використання результатів теоретичних знань у різних сферах діяльності. Розрізняють ще законодавчу метрологію, яка забезпечує і контролює єдність вимірювань та їх засобів і слугує прикладній метрології [157; 399, с. 7; 521].

При розгляді сучасної метрології слідуватимемо дефініції даній нами вище. Відповідно до неї, в структурі метрології можна виділити такі складові: вимірювання фізичних величин, одиниці, їх вимірювання та системи, фундаментальні фізичні константи та еталони. Перші три складові лежать в основі теоретичної та експериментальної метрології, в т.ч. квантової, четверта складова є основою прикладної метрології.

Як і фізика, сучасна метрологія з часом набувала квантових рис. Тому так звана квантова метрологія розглядає вимірювання з використанням квантових явищ і розробляє квантові еталони [273].

Розвиток вчення про міри привело до еволюції предмету і завдань метрології. Завданням прикладної метрології є забезпечення єдності вимірювань та мір у країні (і світі). Вона займається не тільки еталонами, а також іншими видами еталонних-зразкових мір, допомагає законодавчий метрології розробляти норми, акти для підтримки цієї галузі. Теоретична метрологія досліджує і створює нові методи вимірювань.

Предметом метрології можна назвати положення, норми, стандарти, еталони, одиниці вимірювання, методи визначення контролю показників якості, єдності, точності вимірювань, повірки мір і приладів. Об'єктом метрології є засоби, які використовуються для вимірювань, а саме: міри, прилади, допоміжні засоби для вимірювань, установки, системи. Для забезпечення точності вимірювань і отримання інформації про процес, використовують комплекс засобів вимірювальної техніки [344, с.8; 430, с.28].

До основних завдань метрології відносяться:

- а) розробка загальної теорії вимірювання;
- б) впровадження одиниць фізичних величин, систем;
- в) створення методів, засобів вимірювання, як забезпечення точності вимірювань;
- г) забезпечення єдності й взаємозамінності засобів вимірювання;
- д) створення еталонів і зразкових засобів вимірювання [565, с.29].

Кожний, хто пов'язаний з вимірюваннями, очікує достовірних результатів, тобто результатів, які не відхиляються від значень, що отримані в більш ніж достатній кількості вимірювання. Достовірність яких залежить від кількості аспектів, пов'язаних з процесом вимірювань, а саме: калібровки, оцінки узгодженості, компетентності та досвідченості персоналу лабораторії.

Багатогранна, дивовижна і багата визначними подіями історія метрології і її еволюція пройшла шлях від перших інтуїтивних і наївних ідей щодо вимірювання до підписання багатьма країнами Міжнародної метричної конвенції (1875) і сучасних знань про квантову і прецизійну метрологію, вимірювання елементарних і субелементарних частин. Метрологічні уявлення були пов'язані в основному з будівництвом і виготовленням зброї (практична метрологія в межах розвитку техніки), а накопичення емпіричного матеріалу і його аналізу в межах фізичної науки характеризує розвиток теоретичної метрології.

Підвищення якості машин зумовлюється прискоренням науково-технічного прогресу, удосконаленням техніки і технологій, вимог до точності, надійності і довговічності машин. Визначну роль якості має вимірювальна техніка. У суспільстві вже усвідомлюють, що без запровадження Міжнародної системи якості, сучасних технологій, стандартів продукції і послуг, високоточної автоматизованої вимірювальної техніки неможливе технічне відродження економіки і виробництва.

Отже, одним з основних завдань метрології є вимірювання, які приводять до еталонів основних одиниць. Саме створення еталонів і

зразкових засобів вимірювань, повірка мір і цих засобів лежить в основі нормативної бази метрології, її метрологічних стандартів.

В Російській метрологічній енциклопедії (2001), стандартизація визначається як наука про стандарти, про встановлення та впровадження правил і норм з метою упорядкування і удосконалення діяльності [533, с.720]. У Новому політехнічному словнику (2000), стандартизація визначається як встановлення і впровадження стандартів в сферах науки, техніки та економіки [432, с.506].

Встановлення та застосування стандартів у науці, техніці та промисловості є завданням стандартизації. Стандарт є нормативно-технічний документ, який визначає норми, правила й вимоги стандартизації та затверджується державою. Він встановлює правила, характеристики для певної діяльності та її результатів, щоб досягти високого ступеня впорядкованості у ній. Розробляється на продукцію, речовини, ресурси, будівельні конструкції, норми, правила, вимоги до об'єктів тощо. Стандарти надають можливість узгодити інформацію про технічну практику, вони також необхідні для передачі технологічної інформації. Розрізняють державний стандарт і класифікатори, прийняті державою, каталоги і реєстри для загального використання; кодекси ustalеної практики, що містять прикладні правила і методи проектування, виготовлення, обслуговування та експлуатації конструкції або виробу. Стандартизація включає уніфікацію, симпліфікацію, агрегування, типізацію. Уніфікація означає раціональне скорочення кількості видів і розмірів продукції однакового призначення; симпліфікація — зменшення кількості видів продукції до мінімуму, доцільного для задоволення потреб людини; типізація — розробку і впровадження типових конструкцій, що мають спільні конструктивні параметри для певної продукції; агрегування — метод створення обладнання, приладів та іншої продукції з уніфікованих агрегатів [344; 533, с.624; 766].

Стандарт визначається як нормативно-технічний документ, що впроваджує норми, правила, вимоги стандартизації, та затверджується державою. Стандарт – це документ, який встановлює правила, характеристики для визначення діяльності або її результатів, щоб досягти високого ступеня впорядкованості у галузі. Розробляється на продукцію, речовини, ресурси, будівельні конструкції, норми, правила, вимоги до об'єктів тощо [533, с.721].

Стандарти надають можливість узгодити інформацію про технічну практику, а також вони необхідні для передачі технологічної інформації, яка надається чіткою мовою і відображає думку світових експертів. Дотримання стандартів є стратегічною задачею, вирішення якої стосується таких важливих аспектів як якість, екологія. Залежно від рівня предмета стандартизації, який приймає стандарт, розрізняють: державний стандарт і класифікатори, прийняті державою, видані каталоги і реєстри для загального використання; кодекси усталеної практики, що містять прикладні правила і методи проектування, виготовлення, обслуговування і експлуатації конструкції або виробу.

Основні завдання стандартизації:

- а) забезпечити участь у розробці стандартів та можливість обирати стандарти для виготовлення, постачання продукції, якщо це не суперечить закону;
- б) забезпечити прозорість процедури розробки та приймання стандартів, враховуючи інтереси всіх сторін, а також підвищити конкурентноспроможність вітчизняної продукції;
- в) зробити доступними стандарти та надавати інформацію для зацікавлених осіб;
- г) забезпечити відповідність стандартів законодавству;
- д) адаптувати стандарти відносно інновацій у науці і техніці;
- з) дотримуватися міжнародних і європейських норм та правил стандартизації;

к) брати активну участь у міжнародних і європейських заходах зі стандартизації [323; 344; 602].

Позитивним моментом у справі розширення метрологічного забезпечення стало видавництво наукового журналу «Стандартизація, сертифікація, якість», який засновано в 1998 р. у Харкові під егідою Державного комітету України зі стандартизації, метрології, сертифікації. Цей науковий журнал зареєстровано у Міністерстві інформації України 11 березня 1998 р [464–465]. У виданні публікуються матеріали описового і статистичного характеру про соціально-економічний й науково-технічний розвиток країни й окремих регіонів. На його сторінках публікуються повідомлення про досягнення України в метрології, стандартизації і сертифікації, розповідається про міжнародні виставки, конференції та симпозиуми, де Україна приймає участь [255].

Стандартизація є одним з напрямів прикладної метрології. Іншим також важливим напрямом її є сертифікація, яка засвідчує відповідність засобів вимірювання та ін., стандартам з наданням документу — сертифіката відповідності. Він видається, відповідно до правил системи сертифікації і засвідчує відповідність ідентифікованої продукції, процесу або послуги визначеному стандарту [642, с. 12]. Сертифікація продукції, послуг — це відповідність встановленим вимогам, яка пов'язана з якістю. Сертифікація буває добровільна та обов'язкова. Обов'язкова сертифікація — це сертифікація, без якої використання продукції, її ввезення в країну (для імпортової продукції) і реалізація заборонена. Добровільна сертифікація (продукції та послуг), як правило, є підтвердженням якості. Керувати якістю допомагає ліцензування. Ліцензія — це документ, який демонструє певний дозвіл, право ліцензіата на впровадження зазначеного в ньому виду господарської діяльності протягом визначеного строку за умови виконання ліцензійних умов [530, с. 193; 533].

Результати сертифікації завіряються «сертифікатом відповідності», який видається, відповідно до правил сертифікації, і вказує про забезпечення

впевненості в ідентифікації продукції. Об'єктом сертифікації є продукція, послуга, організація тощо. Метою сертифікації є підтвердження характеристик і якості продукції, послуг на основі випробувань. Сертифікація проводиться для запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я та навколишнього середовища [344; 39, с. 81].

Система сертифікації діє на національному та міжнародному рівнях. Національна сертифікація передбачає наявність державних органів, які наглядають за якістю продукції і беруть участь в дослідженнях у лабораторіях. Термін «сертифікат» означає посвідчення: у фінансовій сфері – це документ про надання певних прав власникові; у кредитній діяльності – це різновид облігацій; у господарській сфері – це документ про якість товару [648, т. 4, с.590; 656; 773-774].

Термін «сертифікація» у перекладі з латини означає «зроблене правильно». Сертифікація – це форма підтвердження вимог технічних регламентів, стандартів і умов договору, що здійснюється органом з сертифікації. Сертифікація продукції є одним з методів забезпечення якості продукції, розгортання торгівельно-економічної співпраці між державами, укріплення довіри між ними. Хоч термін «сертифікація» став загальноживаним у повсякденному житті в кінці ХХ ст. Сертифікація як процедура, сертифікація застосовувалася давно і термін «сертифікат» відомий з ХІХ ст. Наприклад, енциклопедія Ф.О.Брокгауза і І.О.Ефрона (1900) [217, т.58, с.189; 767, с.84].

Підтвердженням відповідності є діяльність щодо гарантії відповідності продукції, системи якості, персоналу встановленим вимогам. Декларуванням відповідності є процедура, коли виробник документально підтверджує, що продукція, послуги відповідають встановленим нормам. Результати сертифікації завіряються документом, що називається «сертифікатом відповідності». Цей документ видається у відповідності до правил сертифікації і вказує про забезпечення впевненості в ідентифікації продукції. Об'єктом сертифікації являється продукція, послуга, організація тощо.

Метою сертифікації є підтвердження характеристик і якості продукції, послуг на основі випробувань. Сертифікація проводиться для запобігання реалізації продукції, яка небезпечна для життя, здоров'я та середовища, а також створює умови для підприємництва в міжнародному співробітництві і торгівлі [344; 391, с.81].

Система сертифікації пропонує правила і процедури для сертифікації відповідності і діє на національному та міжнародному рівнях. Національна сертифікація передбачає встановлення державних органів, які наглядають за якістю продукції і приймають участь у дослідженнях у лабораторіях, в Україні це УкрСЕПРО [412, с.311; 530, с.198].

Для підприємств, сертифікація продукції дає право покращити довіру до якості продукції, яка експортується в інші держави, розширити ринок і забезпечити рекламу для збільшення випуску продукції. Сертифікація необхідна споживачам для того щоб захищати від небезпечної продукції для збереження життя, майна людини та сприяти підвищенню якості продукції.

2.2. Взаємозамінність та основні принципи вимірювання для створення вимірювальної інформації

2.2.1. Взаємозамінність, єдність і точність вимірювань, їх значення.

Властивість деталей, агрегатів машин займати положення не використовуючи додаткових операцій і виконувати в цей час задані функції згідно з технічними вимогами називається взаємозамінністю. На сьогоднішній день при виготовленні машин і агрегатів необхідна співпраця між багатьма підприємствами різних галузей промисловості. Діяльність виробництва приводить до проведення необхідних робіт зі стандартизації у взаємозамінності деталей і агрегатів машин за допомогою системи допусків та посадок. У процесі взаємозамінності необхідно дотримуватися високого рівня вимірювання і техніки вимірювання [792, с.29; 793]. Інструментами якості є стандартизація, метрологія, взаємозамінність, сертифікація

продукції, послуг. На основних засадах стандартизації формуються нормативні акти і правила взаємозамінності, технічного вимірювання, формування системи управління якістю, а також сертифікація продукції.

Єдність вимірювання є характеристикою якості, коли результати встановлюються в одиницях, розміри яких дорівнюють відтвореним величинам, а похибки вимірювання відомі. Державне управління забезпечення єдності вимірювання здійснюється організацією з метрології і стандартизації, яка впроваджує нормативні документи з єдності вимірів з правилами і нормами та надає систему стандартів державної системи вимірювання, наприклад ДСТУ2681, ДСТУ2682, ДСТУ3231, ДСТУ3214. Для забезпечення точності вимірювання використовують засоби і методи метрології, а саме: засоби вимірювальної техніки, контролю для отримання інформації про явища і процеси [407, с.18; 773, с.24].

Стандарти надають виклад інформації про сучасну практику і являються засобом технологічної інформації. Стандарти відображають технологію чіткою мовою і надають висновки експертів. Розробка стандартів є стратегічною проблемою, яка характеризує такі важливі елементи як якість, екологія, розширення торгівельних зв'язків. Питання якості є важливим для підвищення рівня життя, соціальної, екологічної безпеки. За міжнародними стандартами ISO8402, якістю є властивості продукції, які визначають її придатність виконувати потреби за призначеннями. Якість на міжнародному рівні регламентується стандартами ISO з чіткими вимогами до її управління, що стало основою сертифікації системи якості. Сертифікація якості визначає відносини між споживачем і виробником. В кінці XX ст. були розроблені стандарти ISO серія 14000, що надали вимоги до якості захисту навколишнього середовища, безпеки продукції. Для визначення спеціалізації виробництва необхідно проводити випереджувальні роботи зі стандартизації в напрямку взаємозамінності деталей і агрегатів машин, а також застосування систем допусків і посадок [250; 430, с.317].

Технічний контроль – це невід’ємна частина прикладної метрології, тому його необхідно здійснювати за якісними та кількісними показниками, неможливо розглядати без вимірювання, а для дієвості виробництва потрібно метрологічне забезпечення. Метрологічним забезпеченням є впровадження і використання наукових засад, засобів, правил та норм, для єдності та точності вимірювання.

Вимірювання – відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експеримента і розрахунків за допомогою спеціальних технічних засобів [508]. Вимірювання дає змогу порівнювати теоретичні результати з експериментальними даними і є основним і найдавнішим методом пізнання навколишнього світу. Однак одержаний результат внаслідок вимірювання в принципі не може бути адекватним істинному значенню вимірюваної величини. Тому оцінюють похибку вимірювання, його точність. Саме підвищення точності вимірювань є одне з магістральних напрямків сучасної фізики. Наприклад, нині точність цезієвого атомного годинника становить 10^{-15} .

Вимірювання являють собою інформаційний процес, результатом якого є отримання інформації, яка обов’язково подається в числовій формі і у подальшому використовується оператором чи автоматизованою системою. Необхідно вказати, що історична метрологія – одна з допоміжних історичних дисциплін, що вивчає різні системи мір, ваги за різних часів чи в різних місцевостях однієї країни в певний період. Історична метрологія досліджує номенклатуру й реальні величини стародавніх одиниць виміру, співвідношення їх та відповідність до загально вживаної метричної системи мір. Підведення законодавчої бази під дотримання метрологічних основ, необхідне для поліпшення й удосконалення соціальних, економічних відносин, але цей процес не може обійтися без висвітлення історичного досвіду України в цьому аспекті.

Вимірювання – це експериментальне встановлення співвідношення між величиною, що вимірюється і визначеним еталоном. Будь-яке вимірювання

не є точним, оскільки точність складається з точності еталона і точності процесу вимірювання. Наприклад, при визначенні одиниць вимірювання антропометричними параметрами, помилка при вимірюванні складає приблизно 20%. Визначення еталону довжини як довжини секундного маятника, частини меридіану Землі або довжини визначеного металевого бруска збільшило точність еталонів.

«В нашем очень сложном и постоянно меняющемся мире важно быть уверенным в том, что ряд физических величин можно измерить и предсказать с высокой точностью, — говорив у своїй Нобелівській лекції «Страсть к точности» 8 грудня 2005 р. відомий німецький фізик Т.Хьонш. — Высокоточные измерения всегда привлекали меня как одна из самых красивых сторон физики. Появление все более совершенных инструментов для измерений позволяет заглянуть в неизведанные области. Не раз бывало так, что казавшиеся незначительными расхождения между результатами измерений и теоретическими предсказаниями приводили к крупным открытиям в фундаментальной науке. Само рождение современной науки тесно связано с искусством точных измерений» [668, с. 1368].

Основними завданнями метрологічного забезпечення можна вважати необхідність:

- а) ефективного використання наукових та технічних досягнень в метрології;
- б) досягти стандартизації основних норм, правил, вимог, положень для метрологічного забезпечення;
- в) визначити раціональність номенклатури параметрів і встановити оптимальні норми точності;
- г) організувати та провести метрологічну експертизу на етапі розробки, впровадження і контролю продукції;
- д) розробити та впровадити застосування інноваційних методів, засобів вимірювання;
- ж) автоматизувати збір, збереження і аналіз вимірювальної інформації;

з) здійснити контроль за використанням на виробництві зразкових, робочих та нестандартних засобів вимірювання;

к) проводити державну повірку засобів вимірювання та регулярний їх ремонт [572, с.412].

Роль вимірювання і їх необхідності була переглянута і систематизована в процесі розвитку суспільства, а саме:

1. Вимірювання якості (кваліметрія) визначається, коли вартість товару чи послуг обумовлюється кількістю та якістю. Кваліметрія – це визначення якості товарів та послуг, що є засобом для захисту прав споживачів у більшості країн світу [656, с. 4–7].

2. Вимірювання в медицині необхідне, оскільки охорона здоров'я є найважливішою сферою інтересів людини та держави. Визначення показників фізіології людини при діагностиці хвороб стало найважливішою задачею, тому для цього застосовують антропометрію і контроль психічного стану, фізіологічних процесів, імунної системи та інших показників [287, с.11].

3. Вимірювання інформації визначається одиницями інформації – байтами. 1 байт дорівнює 8 біт, а 1 біт – це сукупність нуля і одиниці. На рівні цифрової техніки нулю відповідає електричний імпульс, амплітуда якого менше 1 вольт, а одиниця менше кілька вольт.

4. Вимірювання в педагогіці відбувається, коли проходить оцінювання рівня знань людини, що опановує дисципліну або навчальну програму.

5. Вимірювання в юриспруденції визначається оцінюванням рівня і визначенням провини для відповідного покарання.

7. Вимірювання в економіці проводиться, коли вимірюється економічний стан підприємства та динаміка розвитку маркетингової ситуації щодо товарів та послуг, а також інвестиційного ризику. Такі вимірювання аналізуються і вивчаються в дисципліні «Економетрія».

8. Вимірювання в соціології вивчає дисципліна «Соціометрія», яка надає методи вимірювання соціальної думки в суспільстві з певних проблем.

9. Вимірювання в історії визначає аналіз і висновки щодо історичних фактів.

10. Вимірювання в спорті визначаються силою, швидкістю, а також часом, висотою, вагою.

11. Вимірювання в мистецтві визначаються, коли в музиці, архітектурі, поезії, образотворчому мистецтві використовуються такі поняття, як ритм, перспектива, «золотий перетин», масштаб, пропорції. Знаходження гармонії є основною метою вимірювання в мистецтві, дизайні і т.д [533, с.28].

Вимірювання класифікують за способом отримання необхідної інформації, а саме [644, с.37]:

1. Прямі, коли порівнюється фізична величина з її мірою (при визначенні довжини виробу за допомогою лінійки здійснюється порівняння пошукової величини з лінійкою).

2. Непрямі вимірювання, які відрізняються від прямих значенням величини, що встановлюється за результатами прямих вимірювань величин, які пов'язані із визначеною залежністю. Так, якщо виміряти силу струму амперметром, а потім напругу вольтметром, то за функціональним взаємозв'язком цих величин розраховується потужність електричного ланцюга.

3. Сукупні вимірювання, коли вимірювання поєднуються з рішенням системи порівнянь за результатами одночасних вимірювань декількох величин. Таке рішення рівнянь дає змогу розрахувати величину.

4. Спільні вимірювання, коли вимірюються дві або більше фізичних величин, а також визначається залежність між ними.

Вимірювання поділяються за характером змін щодо вимірювальної величини шляхом вимірювання:

1. Статистичні часто пов'язані з визначенням випадкових процесів, звуку, шумів.

2. Статичні виникають тільки тоді, коли величина, що вимірюється практично завжди постійна.

3. Динамічні характеризують ті величини, які у процесі вимірювання змінюються.

2.2.2. Фундаментальні фізичні сталі.

Для процесу фізичного пізнання завжди була характерною тенденція досліджувати явища в усе менших просторово-часових масштабах у мікросвіті. Це була генеральна лінія фізики. При цьому щоразу у ньому відкривалися нові процеси, нові специфічні закономірності. В ньому і проблема точності вимірювань виглядає інакше, ніж в класичній фізиці.

Відповідно до принципу невизначеності Гейзенберга (1927), у квантовій механіці неможна одночасно з однаковою точністю виміряти, наприклад координату та імпульс частинки, тобто виміряти точно її координату, не спотворивши при цьому значення її імпульсу: $\Delta p \Delta x \geq \hbar$ (співвідношення невизначеностей). Тут Δp — неточність у визначенні імпульсу частинки, Δx — невизначеність в її координаті, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ — квант дії [132]. Звідси випливає, що точність у вимірюванні Δp та Δx визначається сталою \hbar , яка обмежує точність при вимірюваннях мікрооб'єктів. Інакше кажучи, співвідношення невизначеностей обмежує застосування до мікрочастинок класичних понять та уявлень і описання їх стану в термінах класичної механіки взагалі втрачає будь-який сенс.

До того ж тут на спостереження, на процес вимірювання впливають умови досліду і вимірювальний прилад, тобто виникає необхідність враховувати матеріальний характер акту спостереження, оскільки на мікрорівні способи спостереження впливають на самий процес на відміну класичного описання «самого по собі». Виникають проблеми взаємодії об'єкта вимірювання і суб'єкта, або вимірювального приладу.

Вимірювальні засоби вимагають систематичної перевірки, тому що навіть незначне зношення їх складових, невеликий зсув регулювальних пристосувань, наліт іржі, пил – здатні викликати зміни в показниках вимірювальних приладів [471, с.37]. Таким чином, у будь-якому випадку,

знаходиться прилад в експлуатації чи тільки зберігається, він вимагає регулярної, систематичної перевірки.

Засоби для вимірювання класифікують за такими ознаками: призначення, функціональність і технологічність. Групи вимірювальних приладів поділяються на: оптичні, важільно-оптичні, важільно-механічні, пневматичні прилади з манометром і ротаметром, механічні, електрифіковані, автоматичні, універсальні вимірювальні засоби, прилади спеціального призначення [565, с.98]. Автоматичні засоби вимірювань і контролю – невід’ємна частина технологічного процесу, які повинні управляти якістю продукції, забезпечувати об’єктивність вимірів, а також підвищувати продуктивність праці. В автоматичному виробництві система вимірювання – це контрольно-вимірювальний модуль, пов’язаний із загальною системою управління, транспортом і з загальною циклограмою роботи.

Безліч типів деталей, які підлягають виміру, контролю і розходження вимог, пропонованих у процесі виробництва до цих деталей, обумовлюють різноманіття конструкцій систем вимірювання. Однак у більшості випадків конструкція системи вимірювання складається з різних комбінацій вузлів [449, с.52].

У метрології визначається дійсне та істинне значення фізичних величин. Істинним значенням є ідеальне віддзеркалення якостей об’єкта у різних відношеннях, яке не залежить від методів і напрямлень пізнання та є абсолютною істиною, яку ми можемо записати як числове значення. Дійсним є значення, вирішене експериментальним методом і досить наближене до істинного так, що може використовуватись замість нього і змінюватись залежно від точності вимірювання. Фізичні величини можна поділити на основні та похідні. Основні можуть служити для закріплення зв’язків з фізичними величинами, а похідним величинам відповідають похідні одиниці вимірювання.

Для досягнення уніфікації мір необхідна система як сукупність самостійних та похідних одиниць, що охоплює всі вимірювання. В системі співвідношення одиниць залежні, за винятком тих, які вибрані самостійно. Складається система з основних, похідних і додаткових і т.д. Основні і похідні одиниці складають систему одиниць фізичних величин. Одиниці, які входять в систему, називають системними, а ті, що не входять до системи – позасистемними (літр, калорія) [753, с.27].

Спочатку (у період донаукової метрології) виникли одиниці (міри) для вимірювання довжини, площі, маси, об'єму, часу (див.додаток Б., табл.Б.1–Б.2). В подальшому, з розвитком торгівлі, техніки, науки, кількість одиниць вимірюваних фізичних величин зростала. До того ж у різних країнах і навіть в межах самих країн використовувані одиниці вимірювань не збігалися. Тому на часі постала необхідність в їх уніфікації та систематизації, тобто утворення систем одиниць як сукупностей одиниць деяких фізичних величин (основних і похідних).

Вже наприкінці XVIII ст. у Франції введено метричну систему мір, яка згодом поширилася також в інших країнах і на основі якої було розроблено міжнародні уніфіковані одиниці довжини і маси та низку інших метричних систем одиниць вимірювання фізичних величин для використання в науці й техніці. 1791 р. за одиницю довжини прийнято одну сорокамільйонну частину Паризького меридіана, названу 1795 р. метром, цього ж року запроваджено і метричну систему мір, а в 1799 р. вже виготовлено перший еталон метра у вигляді платино-іридієвого бруска, довжина на якому між двома нанесеними на нього штрихами саме і дорівнює одному метру. Цей еталон метра зберігався в Міжнародному бюро мір і ваги у Севрі (Франція) та використовувався до 1960 р., коли прийнято Міжнародну систему одиниць (СІ). Введено було також як основну – одиницю маси, названу кілограмом. Еталон кілограма (прототип) являє собою платино-іридієву циліндричну гирю діаметром і висотою 39,17 мм, зберігається в тому ж бюро в Севрі.

В 1832 р. К.Гаусс запропонував так звану абсолютну систему одиниць, в якій основними одиницями були: одиниця довжини — 1 міліметр (мм), маси — 1 міліграм (мг), часу — 1 секунду (с) система ММС. У 1860-х рр. Дж.Максвелл і У.Томсон сформулювали основні вимоги до системи одиниць. В 1881 р. на Першому міжнародному конгресі електриків у Парижі прийнято сантиметр-грам-секунда (СГС) систему одиниць, в якій основними були сантиметр (см), грам (г), секунда (с). В подальшому приймалися ще інші системи одиниць: електростатична СГС, або СГСЕ, та електромагнітна СГС, або СГСМ, з основними одиницями 1 см, 1 г, 1 с; технічна система одиниць (МКГСС) з основними одиницями 1 м, 1 кілограм-сила, 1 с; метр-тона-секунда (МТС) з 1 м, 1 т, 1 с; система Джорджі (1901) з основними одиницями 1 м, 1 кг, 1 с та 1 кулон (1 К). У 1889 р. на Генеральній конференції з мір і ваги запропонували систему МКС (метр-кілограм-секунда) як більш зручна. Нарешті, 1960 р. XI Генеральна конференція з мір і ваги прийняла Міжнародну систему одиниць (СІ), яка замінила всі існуючі на той час системи одиниць і є універсальною, оскільки включає одиниці вимірювання з різних галузей науки і техніки [19]. Вона включала сім основних одиниць, дві додаткові і понад 30 похідних, які виводяться з основних (див. табл.6.1–6.2.). В подальшому до неї вносилися зміни, уточнення, зокрема нові одиниці або нові визначення старих, пов'язані з відкриттями в експериментальній фізиці (ефект Джозефсона, квантовий ефект Холла та ін.) та розробкою нових методів і засобів вимірювань і, як наслідок, підвищенням точності вимірювань. Систему СІ прийняли до використання багато країн, зокрема в 1982 р. СРСР, в т.ч. Україна. Система СІ як практична система одиниць уніфікувала та спростила систему вимірювань.

Новим у системі СІ було визначення метра. Якщо з давнини доба була природною одиницею часу, то одиниці довжини штучними і довільними. Тільки з 1791 р. почали використовувати стандарт довжини, заснований на геодезичних вимірювань, а з 1799 р. — як металевий брусок. В 1892 р.

А.Майкельсон порівняв довжину еталонного метра з довжиною світлової хвилі, одержавши шляхом спектроскопічних вимірювань 1553164,13 довжин хвиль червоної лінії кадмію (ще в 1890 р. він досяг високої когерентності цієї лінії). Так вперше було одержано перший природний стандарт одиниці довжини. В 1907 р. А.Майкельсона «за створення прецизійних оптичних інструментів і виконання з їх допомогою спектроскопічних і метрологічних досліджень» удостоєно Нобелівської премії з фізики. Однак щодо металевих еталонів довжини залишалася негативна проблема їх теплового розширення. Тому, коли 1899 р. французький фізик Ш.Гійом винайшов сплави сталі (інвар та елінвар) з малим коефіцієнтом теплового розширення, то їх почали використовувати при виготовленні прототипів метра (Нобелівська премія з фізики за 1920 р.). Металеві метри ще тривалий час слугували метрології.

Для вимірювання фізичних величин у різних галузях з'явилися системи одиниць, які засновані на метричній системі мір. Наприклад, системи: сантиметр, грам, секунда (СГС); метр, кілограм, секунда, ампер (МКСА) та ін. Оскільки таких систем налічувалося багато, це призводило до труднощів при переведенні констант з однієї в іншу систему. Тому виникла потреба прийняти єдину систему одиниць вимірювання фізичних величин. Цю проблему обговорювали на IX і X Генеральній конференції з мір і ваги та прийняли рішення зробити опитування країн, які підписали Метричну конвенцію [101].

X Генеральна конференція з мір і ваги у 1954 р. визначила термінологію для одиниць фізичних величин, а саме: метр, секунда, кілограм, ампер, градус. У 1960 р. на XI Генеральній конференції з мір і ваги остаточно затверджено Міжнародну систему вимірювання (СІ) до якої входили метр, кілограм, секунда, ампер, а також прийнято доповнення і зміни. На сьогоднішній день система налічує 7 основних одиниць, а саме одиниці: 1) довжини – метр, 2) маси – кілограм, 3) часу – секунда, 4) визначення електричного струму – ампер, 5) термодинамічної температури – кельвін, 6) кількості речовини – моль, 7) сили світла – кандела. До Міжнародної системи

вимірювання СІ окрім основних одиниць входять додаткові (радіан, стерадіан) і похідні (наприклад, одиниці простору, часу, електричних, магнітних, світлових та інших величин). З одиницями Міжнародної системи вимірювання застосовуються і несистемні одиниці, а саме: тонна, доба, гектар та інші [133]. Нарешті, в 1960 р. XI Генеральна конференція з мір і ваги визначила міжнародний еталон довжини, нове визначення метра, яке взято в систему СІ.

В 1960 р. винайдено лазер, невдовзі розроблено лазерну спектроскопію високої роздільної здатності, які революціонізували вимірювальну техніку. Було вирішено визначити стандарт довжини на основі швидкості світла як точної величини. В результаті численних вимірювань з використанням лазерної техніки швидкість світла c виявилася рівною $299\,792\,458$ м/с. Це значення c одержано кількома лабораторіями стандартів і вважається точним. При цьому одиниця часу — секунда визначається дієвим еталоном часу (частоти) з точністю 10^{-15} . В результаті в 1983 р. XVII Генеральна конференція з мір і ваги визначила метр як «відстань, яку проходить у вакуумі плоска електромагнітна хвиля за $1/299\,792\,458$ частки секунди». Отже, після одержання точного значення швидкості світла оптична частота, пов'язана з часом, стала слугувати і для визначення одиниці довжини, внаслідок чого було перевизначено метр і започатковано низку одиниць в системі СІ. Так, в подальшому було запроваджено новий еталон вольт на основі ефекту Джозефсона, квантовий еталон опору (клітцинг) на основі квантового ефекту Холла, а також еталони ампера, ватта тощо.

Щодо часу, то він являє собою величину, яку можна виміряти з високою точністю. Наприкінці 80-х — на початку 90-х років ХХ ст. з використанням потужних лазерів і лазерної спектроскопії високої роздільної здатності, створено чимало оптичних стандартів частоти, зокрема оптичні частотоміри, засновані на поділі оптичних частотних інтервалів. В 1999–2000 рр. вже згадуваний фізик Т.Хьонш і незалежно американський фізик Дж.Холл розробили метод оптичного частотного гребінця — когерентного

ансамблю спектральних ліній, частоти яких визначаються простою формулою [668; 672]. Оптичний частотний гребінець формується фемтосекундним лазером з синхронізованими модами і, за висловом Т.Хьонша, є «своєрідною лінійкою в просторі частот для вимірювання великих оптичних частотних інтервалів» [668, с. 1375]. Як наслідок було значно спрощено вимірювання оптичних частот і підвищено його точність, отже, визначення часу (Нобелівська премія з фізики за 2005 р.).

«Часовой механизм, который так долго искали ученые, теперь может быть реализован на основе частотных гребенок, формируемых фемтосекундными лазерами — сверхточного измерительного прибора, способного напрямую связывать и сравнивать оптические частоты с частотами радиоволнового диапазона без потери когерентности фаз,— говорив у своїй Нобелівській лекції Т.Хьонш.— Лазерные частотные гребенки представляют собой мощный инструмент для новых проверок фундаментальных физических законов... Фемтосекундные частотные гребенки уже успели стать стандартным инструментом высокоточной спектроскопии и оптической частотной метрологии...» [668, с. 1375].

Отже, зросли можливості експериментальної фізики, нові методи і засоби, застосовувані при вимірюваннях, відкрили і нові перспективи для розвитку новітньої, прецизійної метрології.

В фізиці є низка особливих величин, які необхідно знати з якомога високою точністю. Їх назвали фундаментальними фізичними сталими. Фундаментальні фізичні сталі – це фізичні сталі, які мають абсолютну точність, це метрологічно незалежні сталі, число яких достатньо для визначення еталону одиниць вимірювання для фізичних величин. На етапі розвитку квантової метрології для точного вимірювання використовують фундаментальні фізичні сталі як абсолютні еталони мір, які мають абсолютну точність. Наприклад, швидкість світла у вакуумі є абсолютним еталоном швидкості, стала Планка – абсолютним еталоном дії (див.додаток Б, табл.Б.9) [633, с.208].

Дж.Максвелл зазначав, що «...все основные физические постоянные будут с достаточной точностью определены и единственным оставшимся для ученых занятием будет достижение при дальнейших измерениях следующих десятичных знаков» [374, с.22; 633, с.208].

«Почему важно знать численные значения фундаментальных постоянных с высокой точностью? — писали авторы статті «Фундаментальні фізичні сталі». — Прежде всего потому, что количественные предсказания основных физических теорий зависят от численных значений постоянных, входящих в эти теории. Для получения точного количественного описания физического мира существенно располагать точным знанием этих численных значений. Точное определение фундаментальных постоянных в разного рода физических экспериментах, даже еще более важно по той причине, что оно позволяет проверить согласованность и правильность самых основных физических теорий» [622, с.576]. Вони визначають точність, повноту та єдність наших уявлень про навколишній світ. Їх кількість може змінюватися внаслідок відкриття нових ефектів і створення нових узагальнюючих теорій. Нині фундаментальними фізичними сталими є швидкість світла у вакуумі c , гравітаційна стала G , стала Планка h , заряд електрона e^- і його маса m_e , стала тонкої структури α , стала Больцмана k , число Авогадро N_A та ін. Фундаментальні фізичні сталі є природними масштабами фізичних величин. Тут ми розглянемо лише кілька з них.

Швидкість світла c — швидкість поширення будь-яких електромагнітних хвиль, в т.ч. світлових, є граничною швидкістю розповсюдження взагалі збудження і незалежною від вибору системи координат, тобто c інваріантна при переході від однієї систем відліку до іншої. Вперше виміряти c спробував 1607 р. Г.Галілей, він же висловив думку про те, що вона є скінченою величиною. Перший, хто виміряв c на основі астрономічних спостережень, був датський астроном О.Рьомер. Він одержав для c значення 214 000 км/с. До нього Дж.Порта, Й.Кеплер, Р.Декарт та деякі інші вчені вважали її нескінченною. В 1849 р. французький фізик

А.Фуко виміряв швидкість світла в лабораторії методом зубчастого колеса (313 274 км/с). В подальшому зусилля фізиків спрямовувалися на підвищення точності у її вимірюваннях. У 1973 р. прийнято значення $c=299\,792\,458$ км/с (з похибкою $\pm 1,2$ м/с). В 1905 р. А.Ейнштейн принцип сталості швидкості світла (висунутий 1904 р. А.Пуанкаре) разом з принципом відносності поклав в основу створеної ним спеціальної теорії відносності. Після цього c набула справді фундаментального статусу, визначаючи область релятивістських ефектів (входить в рівняння електродинаміки та релятивістської динаміки).

Гравітаційна стала G — коефіцієнт у формулі закону всесвітнього тяжіння Ньютона, є універсальною сталою природи, яка не змінюється з часом. В 1798 р. англійський вчений Г.Кавендіш за допомогою крутильних ваг уперше визначив G . Нині вона дорівнює $6,67428(67) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кгс}^2$.

Стала Планка h (або квант дії $\hbar = h/2\pi$) запроваджена М.Планком 1900 р. у теорії теплового випромінювання абсолютно чорного тіла, в якій вперше було використано його ідею квантування енергії, як коефіцієнт пропорційності у виразі $\varepsilon = h\nu$, де ε — енергія, ν — частота (дорівнював у М.Планка $6,55 \cdot 10^{27} \text{ ергс}$). Від цього бере початок квантова теорія і квантова фізика взагалі. В 1912–1914 рр. німецькі фізики Дж.Франк і Г.Герц експериментально підтвердили ідею квантування енергії випромінювання Планка (досліди Франка–Герца), отже, існування h . Нині $h = 6,62606896(63) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$.

Фундаментальною фізичною сталою є заряд електрона e^- , або елементарний електричний заряд частинки, відкритої 1897 р. Дж.Томсоном (нині один з лептонів з першого покоління фундаментальних частинок). Заряд електрона є елементарним зарядом, який входить в мікроскопічні рівняння електродинаміки, зокрема в закон Кулона та у формулу для сталої тонкої структури $\alpha = e^2 / 4\pi\varepsilon_0\hbar c \approx 1/137$ (α характеризує інтенсивність електромагнітної взаємодії). В 1910–1914 рр. американський фізик Р.Міллікен серією експериментів довів дискретність електричного заряду і

вперше з достатньою точністю методом масляних крапель виміряв заряд електрона — $(1,592 \pm 0,0017) \cdot 10^{-19}$ кулона (Нобелівська премія з фізики за 1923 р.).

До фундаментальних фізичних сталих належить і маса електрона m_e , яка в системі СІ 1960 р. дорівнює $9,1093897(54) \cdot 10^{-31}$ кг з поправкою 0,29. В одиницях маси електрона вимірюються маси інших елементарних частинок.

Стала Больцмана k є відношенням універсальної газової сталої R до числа Авогадро N_A , входить до низки основних співвідношень статистичної фізики, зокрема в рівняння Больцмана $S = k \ln w$, яке пов'язує ентропію фізичної системи S з імовірністю її стану W . У Л.Больцмана зв'язок між S і W записувався так: $S \sim \ln w$. У 1906 р. М.Планк ввів у цей вираз коефіцієнт k , назвавши його сталою Больцмана. В результаті залежність $S \sim \ln w$ перетворилася на закон $S = k \ln W$, що визначає напрямок протікання процесів у замкненій термодинамічній системі,— закон зростання ентропії, яка, як згодом з'ясувалося, є показником еволюції системи.

Найбільш точні значення фундаментальних фізичних сталих отримують в результаті прецизійних вимірювань, з використанням нових методів, що є одним з найважливіших завдань метрології. У майбутньому завданням метрології стане вимірювання за допомогою фундаментальних фізичних сталих. Адже при цьому одержуються нові, достовірніші, експериментальні результати на користь фундаментальних теорій (або проти). Це необхідно і тому, що деякі вчені розглядають можливість повільної зміни фізичних сталих з часом. І в цьому є рація. Так, згідно з законом Хаббла, швидкість віддаляння від нас галактик пропорційна відстані до них r : $v = Hr$, тут H — коефіцієнт пропорційності, або стала Хаббла. Визначивши v і r з астрономічних спостережень, можна обчислити H . Закон Хаббла, встановлений на основі дослідів, свідчив про розширення нашого Всесвіту з сталою швидкістю, тобто був експериментальним доказом цього процесу. А величина, обернена H , є його тривалістю від моменту виникнення, тобто віком Всесвіту. Тому зусилля вчених від часу відкриття

закону Хаббла було спрямовано на уточнення H . Але в 1998–1999 рр. за результатами спостережень за далекими надновими зорями зроблено висновок про прискорення розширення Всесвіту (Нобелівська премія з фізики за 2011 р.), тобто що H не є сталою величиною. Правда значення цього факту полягало не тільки в тому, що спростувало незмінність в часі H , а головне, що стало доказом існування у Всесвіті «темної» енергії, яка є фактором, відповідальним за його прискорене розширення і описується космологічною сталою Λ . В результаті виникла сучасна космологічна модель розширювального Всесвіту — Λ CDM-модель. Отже, уточнення значень фундаментальних фізичних сталих має непересічне значення як для самої метрології, так і для фізики в цілому, для підтвердження відкритих нею фундаментальних фізичних законів.

Адже копітке повторне визначення фундаментальних сталих удосконаленими методами приводить, як правило, до кращого розуміння пов'язаних з ними явищ. Наприклад, вимірювання відношення e/h на основі ефекту Джозефсона невдовзі після його відкриття в 1962 р. мало велике значення для сучасної квантової електродинаміки, оскільки дало нове, точніше, значення сталої тонкої структури α , яка визначає інтенсивність електромагнітної взаємодії. А це, в свою чергу привело до перегляду й інших фундаментальних сталих. Річ у тому, що лише кілька фундаментальних сталих можна виміряти безпосередньо з високою точністю. Комбінуючи їх визначають уточнені значення решти.

Взагалі ж значення сталої величини визначають різними експериментальними методами, а потім проводять їх узгодження, наприклад, методом найменших квадратів, запропонованим ще в 1809 р. німецьким ученим К.Гауссом. В результаті одержують найкращі значення узгоджених фундаментальних фізичних сталих. Так, у 1986 р. американські фізики Р.Коен і Б.Тейлор здійснили таке узгодження та встановили нову систему фундаментальних фізичних сталих (див.додаток Б, табл.Б.9) [600; 623].

«Разработка методов измерения высокой точности, особенно для определения значений фундаментальных постоянных,— писали авторы в же цитованой нами статті,— вызывает прогресс всей физики в целом» [622, с. 594]. Фундаментальні фізичні сталі дають змогу наблизитися і до істинної системи основних фізичних одиниць, заснованій на інваріантах. В 1899 р. М.Планк запропонував таку систему (першу спробу здійснив ірландський вчений Дж.Стоней). В роботі 1899 р. «Природні одиниці вимірювання» М.Планк писав: «...Нетрудно себе представить, что в другое время, при изменившихся внешних обстоятельствах, любая из употребляемых до настоящего времени систем единиц частично или полностью утратила бы свое первоначальное естественное значение. В связи с этим представляло бы интерес заметить, что, используя обе постоянные a и v , появившиеся в выражении ... для энтропии излучения, мы получаем возможность установить единицы длины, массы, времени и температуры, которые не зависели бы от выбора каких-либо тел или веществ и обязательно сохраняли бы свое значение для всех времен и для всех культур, в том числе и внеземных, и нечеловеческих, и которые поэтому можно было бы ввести в качестве «естественных единиц измерений». Для введения четырех единиц — длины, массы, времени и температуры — мы опираемся на обе упомянутые постоянные a и v , затем на величину скорости распространения света в вакууме c и на гравитационную постоянную f » [475, с. 232].

Тут М.Планк наводить значення цих чотирьох величин і робить такий висновок, що для вибору «природних одиниць» необхідно, щоб у новій системі мір кожна з чотирьох розглядуваних сталих дорівнювала одиниці. Тоді для одиниці довжини одержимо величину $\sqrt{\frac{bc}{c^3}} = 4,13 \cdot 10^{-33}$ см, маси — $\sqrt{\frac{bc}{f}} = 5,56 \cdot 10^{-5}$ г, часу — $\sqrt{\frac{bf}{c^3}} = 1,38 \cdot 10^{-43}$ с, для одиниці температури — a $\sqrt{\frac{c^5}{bf}} = 3,50 \cdot 10^{32}$ С.

«Эти единицы сохраняют свое естественное значение до тех пор,— зазначав М.Планк,— пока справедливы законы тяготения, оба начала

термодинамики и пока остается неизменной скоростью распространения света в вакууме» [475, с. 233].

В сучасній інтерпретації планківські одиниці наведені вище, є комбінаціями фундаментальних фізичних сталих c , G , h і K та мають вигляд: планківська довжина $l_p = (\hbar G / c^3)^{1/2} = 1,616252(81) \cdot 10^{-35}$ см; планківська маса $m_p = (\hbar c / G)^{1/2} = 2,17644(11) \cdot 10^{-5}$ г; планківський час $t_p = (\hbar G / c^5)^{1/2} = 5,39124(27) \cdot 10^{-44}$ с; планківська температура $T_p = \frac{1}{k} (\hbar c^5 / G)^{1/2} = 1,416785(71) \cdot 10^{32}$ К.

Нині вони утворюють планківську систему одиниць, тобто природну систему одиниць фізичних величин на основі фундаментальних фізичних сталих, яка використовується в теорії елементарних частинок (Великі об'єднання), космології та квантовій теорії гравітації.

Еталони. Встановлені в теорії одиниць вимірювання фізичних величин на практиці вимагають зберігання, відтворення та передачі. Це досягається технічними засобами, які називаються еталонами одиниць цих величин. Вже з другої половини ХХ ст. зусилля фізиків-метрологів спрямовані на розробку і реалізацію еталонів фізичних величин з використанням квантових явищ, тобто квантових еталонів. Цим займається квантова метрологія [273]. Так, створено квантові еталони довжини, часу, сили струму, електричної напруги, опору. «Такое взаимопроникновение квантовой физики и метрологии стало горячей темой последнего времени,— говорил у своей Нобелевской лекции Дж.Холл.— Замечательные успехи метрологии вместе с достижениями космологии и астрономии поддерживают и мотивируют наше стремление разобраться, точны ли и неизменны во времени те величины, которыми мы пользуемся для описания физического мира» [672, с.1355].

Висновки до розділу 2

В другому розділі «АНАЛІЗ ПРЕДМЕТУ ТА ЗАВДАНЬ МЕТРОЛОГІЇ, СТАНДАРТИЗАЦІЇ І СЕРТИФІКАЦІЇ, ЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ» проведено аналіз змісту та завдань метрології, стандартизації і сертифікації, виявлено їх зміни з часом. Проведено аналіз визначень, а також фактів з історії метрології. Зроблено висновки, що поняття «метрологія» необхідно розглядати в широкому і вузькому значеннях.

В широкому значенні метрологію можна визначити як розділ фізики про вимірювання різних фізичних величин, методи і засоби, про утворення одиниць вимірювання фізичних величин і їх систем, створення еталонів цих одиниць, встановлення та уточнення фундаментальних фізичних сталих. Щодо метрології у вузькому значенні, то її доцільно визначити як технічну дисципліну, що займається створенням еталонів і зразкових вимірювальних засобів та їх перевіркою. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [679; 695; 713].

РОЗДІЛ 3

ІСТОРИЧНИЙ НАРИС СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У КІНЦІ XVI–XX СТ.СТ.

3.1. Передісторія метрології (III тис. до н.е.–1582 р.)

Враховуючи величезний фактологічний матеріал, нагромаджений за свою багатовікову історію фізикою та метрологією і неможливістю його тут докладно описати, оберемо інший шлях побудови історії метрології — через її ключові, переламні події, своєрідні інновації, як це зробив Ю.О.Храмов в своїх працях: «История физики» (2006) [736], «Физика. История фундаментальных идей, теорий та відкриттів» (2012) [746], продовжуючи свою лінію реконструкції історії фізики саме через фундаментальні, знакові, події в її розвитку, започатковану ним ще на початку 70-х років XX ст. В його розумінні ці знакові, інноваційні, події в науці чи якомусь її напрямі, які стали потужними прискорювачами її розвитку, відкривають нові періоди та етапи в їх історії.

Використовуючи хронологію метрології, визначимо переламні факти в її розвитку, «прив'язані» до певних дат. На нашу думку, такими фактами є наступні:

III тис. до н.е. Виникнення методів вимірювання часу, ваги, лінійних розмірів, кутів тощо.

1583. Відкриття Г.Галілеєм явища ізохронності коливань маятника, яке в подальшому використовувалося в маятникових годинниках, ставши потужним засобом вимірювання часу.

1687. Вихід у світ «Математичних початків натуральної філософії» І.Ньютона, які містили основні поняття й закони механіки та закон всесвітнього тяжіння. Цим було започатковано класичну фізику і відповідно класичну метрологію.

1791-1795. Прийнято одиницю довжини — метр.

1900. М.Планк висунув ідею квантів енергії та запровадив константу \hbar (стала Планка), започаткувавши квантову (некласичну) фізику, отже, і метрологію.

1925–1927. Створення квантової механіки в матричній (В.Гейзенберг, 1925 р.) та хвильовій (Е.Шредінгер, 1926 р.) формах як теорії руху мікрочастинок та формулювання 1927 р. В.Гейзенбергом принципу невизначеності, важливого, зокрема, для процесу вимірювання.

1947. У.Лемб і Р.Різерфорд виміряли різницю енергій рівнів $2S_{1/2}$ і $2P_{1/2}$, атома водню (дослід Лемба–Різерфорда), започаткувавши цим експериментальну квантову метрологію.

1960. Побудовано перший оптичний квантовий генератор–лазер (Т.Мейман), що започаткував лазерну фізику та лазерну техніку; прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (СІ).

1983. Початок прецизійної метрології на основі квантових еталонів; прийнято оновлену Міжнародну систему одиниць (СІ).

Взявши наведені дати за початок періодів та етапів, побудуємо таку періодизаційну схему їх історії.

I період – період донаукової метрології, або передісторія метрології (III тис. до н. е.– 1582 р.).

II період – становлення метрології як науки, перші уявлення про стандартизацію і сертифікацію (1583–1686).

III період – період класичної метрології, становлення прикладної стандартизації і сертифікації (1687–1899).

Перший етап класичної метрології – підготовчий до введення метричної системи мір, запровадження взаємозамінності (1687–1790).

Другий етап класичної метрології – удосконалення процесів вимірювання та їх засобів, створення нових одиниць вимірювання, їх еталонів, систем одиниць, впровадження державної стандартизації і поняття сертифікації (1791–1899).

IV період – період неklasичної метрології (1900–1924).

V період – період квантової метрології, становлення і розвиток стандартизації і становлення сертифікації (1925–до сьогодні).

Перший етап – створення квантової механіки та її застосування, підвищення точності вимірювань, створення радіоспектроскопії, становлення стандартизації (1925–1946).

Другий етап – виникнення і розвиток експериментальної квантової метрології, поява квантових генераторів і підсилювачів радіодіапазону, розвиток стандартизації, становлення сертифікації (1947–1959).

Третій етап – прийняття та запровадження Міжнародної системи одиниць (СІ). Розвиток лазерної техніки та лазерної спектроскопії, розвиток стандартизації, становлення сучасної сертифікації (1960–1982).

Четвертий етап – етап новітньої метрології, створення високоточних методів вимірювання та відповідних приладів, розвиток стандартизації і сертифікації (з 1983 р.).

Нижче дамо коротку характеристику наведених періодів. Але перед цим зробимо деякі зауваження. На перший погляд, може здатися, що перед нами ідеальна схема періодизації історії метрології, стандартизації, сертифікації з чітко визначеними початками її періодів та етапів. Насправді це не так, адже тільки з засад сьогодні можна вважати, що вони були переламними. Ця ж переламність науковою спільнотою усвідомлювалася не відразу, їй необхідний був певний строк на адаптацію до цього визначного відкриття, до того ж значення якого, вплив на подальший розвиток метрології проявляються теж не відразу, а тільки здебільшого згодом. Отже, в реальності ці початки виявляються дещо «розмитими» в часі і для кожного з них можна навести конкретну аргументацію, тобто «поправку» на сприйняття.

В період донаукової метрології остання являла собою набір окремих прийомів і правил вимірювання, відповідних вимірювальних пристроїв та одиниць вимірювання, низки характеристик тіл і їх властивостей.

Вже в епоху ранніх цивілізацій (Давньоєгипетській, Шумеро-Аккадській, Давньоіндійській та Давньокитайській) існували поняття рік, місяць, доба (день), методи вимірювання лінійних розмірів, ваги, часу, кутів та відповідні пристрої, зокрема найпростіші ваги-терези. Спочатку як міри обирали параметри людського тіла, але точність їх була невисокою через неоднакові антропометричні дані людини. Тоді ж було започатковано і перші календарі (єгипетський, вавилонський), створено сонячний та водяний годинники. Виникли зародки стандартизації (контроль за розмірами цегли) та сертифікації (знаки на кам'яних плитах). На цьому етапі, як і в наступних, метрологічні знання розвивалися в рамках фізичних і мали виключно практичну спрямованість.

Відомості, що дійшли до наших часів, свідчать про високий рівень культури народів Месопотамії і Єгипту III–I тис. до н.е., коли з'явилися перші фізичні і метрологічні уявлення, хоч прямих вказівок у пам'ятниках цих цивілізацій (клинописи шумерів, єгипетські папіруси) не знайдено. Існують математичні, астрономічні, архітектурні пам'ятники, вироби культурно-побутового призначення, побутовий живопис, де зображено прикладні математичні рецепти і вправи. Подібна практична направленість характерна і для фізичних знань того часу, точніше емпіричної фізики, про що говорять фрагментарні дані, а саме: методи вимірювання часу, ваги, лінійних розмірів, кутів і т.д. Наприклад, у Вавилоні винайдені сонячний (гномон) і водяний годинник, за допомогою останнього визначалася одиниця часу, яка дорівнювала $1/6$ доби (суссу). Одиниця ваги (міна) дорівнювала масі води, що витікає за 1 суссу, а також впроваджувалися ваги і гирі. Єгипетські піраміди і храми вказують про застосування при їх будівництві простих механізмів, а саме: блоків, нахиленої площини, вимірювача кутів, різних технологічних прийомів, знань про властивості матеріалів, вимірювання (див.додаток Б, табл.Б.1) [27; 736, с.25]. У III–I тис. до н.е. відбулося виникнення емпіричної фізики як сукупності фрагментарних відомостей з фізики, технологічних прийомів і правил та відповідного

інструментарію, зокрема методів вимірювання часу, ваги, лінійних розмірів, кутів, формування поглядів про навколишній світ (Шумер, Ассирія, Вавилон, Єгипет, Індія, Китай). Виникли поняття «день», «місяць», «рік», поява найпростіших терезів (рівноплечове коромисло з приєднаними до нього шальками). Перші зміни відбулися на стадії становлення ранніх цивілізацій – Давньоєгипетської і Шумеро-Аккадської, які виникли в IV–III тис. до н.е. В основі цих цивілізацій було землеробство, яке важко уявити без точного календаря, а також металообробка, що неможлива без інженерно-математичного досвіду і вимірювання. Необхідно зауважити, що всі ці знання мали емпіричний і прикладний характер, абстрактне мислення було практично відсутнє, філософія і логіка ще не виникли, але в той же час було розуміння цілісності світу, яке виражалося в ідеї верховного божого першоджерела. Визначена система мір існувала у Вавилоні і М.Бек вказував на те, що ця система розповсюдилась через фінікійців у інші країни. Вавилонський лікоть (525 мм) за Ф.Гульчем, дорівнював давньому єврейському, персидському, царському єгипетському ліктю і знаходився в простих співвідношеннях з деякими мірами Греції і Риму. У Вавилоні використовували систему одиниць, де кожна одиниця вищого ґатунку у 60 разів була більше попередньої і отримувала особливу назву. Ця система стала відомою завдяки геологу В.Лофтусу, який у 1854 р. у Зенкері біля місця давнього Вавилону знайшов дві глиняні таблички на яких було зображено всі лінійні, квадратні і кубічні міри Вавилону і Ассирії. Таблиці були складені і проаналізовані І.Оппертом у 1874 р [102; 217, Т.37, с.129; 746, с.505]. З давнини до нас дійшли наступні одиниці ваги:

а) одиниця ваги дорогоцінного каменя – карат в перекладі означає горошину;

б) одиниця аптекарської ваги – грани в перекладі з латини, французької, англійської, іспанської означає зерно [408, с.23].

Походження з давнини мають і «природні» міри. Першими з них, що одержали повсюдне поширення, стали міри часу. $1/86400$ частина середнього

періоду обертання Землі навколо своєї осі стала називатися секундою. Поряд із цим уже на зорі цивілізації люди прийшли до розуміння цінності так званих речовинних мір і одиниць вимірів. Так, у Вавилоні в XI ст. до н.е. вимірювання часу – в мінах, що дорівнювали часу, за який виливалася міна води (приблизно 500 год) [408, с.38].

У VI ст. до н.е. у Стародавній Греції виникли перші теоретичні системи. Вчений, який став проводити дослідження природи був Фалес з Мілету (Мілетський). Він розпочав наукову діяльність на рубежі VII–VI ст.ст. до н.е. У Фалеса Мілетського вперше зустрічаються докази теорем з математики, створюються прилади, за допомогою яких він передбачив затемнення Сонця 28 травня 584 р. до н.е. і основний метод цих досягнень – вимірювання. Арістотель увесь космос уявляв як конструкцію концентричних сфер, які мають ефірну природу, зовнішня сфера є сферою нерухомих зірок, яка обертається навколо Землі зі швидкістю 24 години на добу. Разом з тим, вона стала причиною руху більшості (55) сфер (у Євдокса – 27, у Калліпа – 34), а сфери мають різні швидкості і різні напрямки обертання. Клавдій Птоломей (100–178) зберіг усі головні риси арістотелівської схеми, але змінив ідею про визначення руху планет. Для цього він використав концепцію Гіппарха (180–125 до н.е.), який найбільш повно розробив теорію епіциклів, тобто планета обертається по колу, яке названо епіциклом. У той же час центр епіциклу рухається навколо Землі по колу великого радіуса. У Стародавній Греції період бурхливого розвитку математики, як вже відзначалось, пов'язаний з 300-літнім її удосконаленням від Піфагора (580–500 до н.е.) до Евкліда (356–300 до н.е.) [18; 204; 476]. Перші уявлення про температуру і тепло були засновані на ідеях Арістотеля і викладені в медичних трактатах Галена (130–200). Еталоном температури було обрано суміш льоду та води, що кипить (приблизно 10°C). Термін «температура» означає фізичну величину, яка дозволяє охарактеризувати рівновагу між системами, які знаходяться у тепловому контакті [18; 573, с.25; 649, с.512].

Найбільш виразною рисою науки раннього періоду Стародавньої Греції була її цілісність, тому до кінця V ст. до н.е. вона називалася наукою «Про Природу». Основне її покликання було у поясненні виникнення та будови Всесвіту. Її вплив видно у науковій діяльності Арістотеля (384–322 до н.е.), думка і логіка якого стали впливовими в європейській науці. Творчість Арістотеля проходила в період розвитку еллінської культури і її зміст найкраще дав можливість побачити зв'язок між культурою античності і сучасністю [18; 236; 746, с.505].

Науково-філософська система Арістотеля була найвищою в розвитку і одночасно завершальною стадією науки «Про Природу». Твори Арістотеля відносяться до всіх галузей знань і формування наук: логіки, зоології, ембріології, психології, ботаніки, географії, метрології та ін. Вчення «Арістотелізм» для послідовників Арістотеля мало вагомий вплив майже до XVII ст., коли відкриття у природознавстві дали можливість І.Ньютону сформулювати механістичну картину Всесвіту [343; 374; 369]. Ще одним типовим прикладом античної епохи була діяльність видатного вченого Архімеда. В історію Архімед увійшов як математик, астроном, фізик, інженер. Архімед був автором багатьох винаходів і відкриттів, зокрема, ним сконструйовані машини для зрошування угідь, водопідйомний гвинт, ваги і блоки для підняття великих вантажів, багатоступінчастий редуктор. У фізиці грецький вчений дав визначення центра ваги та яким чином його можна знайти для різноманітних фігур і тіл. Архімеду належить математичний висновок закону рівноваги, а також формулювання закону про виштовхну силу в гідростатиці. Архімед займався оптикою, але його праці з цього питання до нас не дійшли, також написав ряд наукових праць, серед яких такі праці як: «Про квадратуру параболи», «Послання до Ератосфена про деякі теореми механіки», «Про спіраль», «Про вимір круга», «Про кількість піщинок» тощо. Наукова діяльність Аристарха Самоського (320–250 до н.е.) – «Коперника античності», який у спадок залишив працю «Про розміри і відстані до Сонця і Місяця», в якій зробив математичні викладки відстані до

вказаних світил, визначив їх діаметри. У III ст. до н.е. Ератосфеном вперше виконано вимірювання меридіана і радіуса Землі. У II ст. до н.е. Ктесібій зробив водяний годинник, який став прототипом годинників, що використовувалися в багатьох країнах Європи до XVIII ст. У II–I ст.ст. до н.е. відзначався помітний занепад розвитку античної науки, особливо це помітно у фізико-математичних науках. Варто відзначити досягнення Гіппарха, одного з засновників астрономії, переважна більшість наукових праць якого міститься в «Алмагесті» Клавдія Птолемея. Гіппархом складено зоряний каталог з точною вказівкою розташування на небі тисяч зірок. Він став засновником математичної географії і ввів координати широти і довготи для визначення положення на земній поверхні, а також склав таблицю хорд, яка на той час замінила таблицю синусів [18; 23; 338, с.18; 374; 456, с.147].

Філософія епохи еллінізму не надала масштабних натурфілософських засад і розроблялися головним чином проблеми етики та логіки. У противагу цьому знання з математики, механіки, ботаніки, географії, метрології, астрономії бурхливо розвивалися. В Олександрії ця робота продовжувалася і в римські часи, свідомство тому «Географія» К.Птолемея [760, с.14]. Елліністичні міста запроваджували класичні традиції, розвивали культове і світське будівництво. Зводилися храми, палаци, а саме: Серапеум в Олександрії, запроектований Парменіском у III ст. до н.е., храм Аполлона у Дідимі (III–II ст.ст. до н.е.), храм Зевса в Афінах (170 до н.е.), храм Артеміді в Магnezії (129 до н.е.) і т.д [59, с.64; 297, с.54].

Вивчення історії розвитку наукових уявлень епохи Античності дало нам можливість побачити помітну різницю між двома напрямками розвитку знань – емпіричним (вимірювання, землеробство, будівництво, мореплавство, медицина тощо) і абстрактно-теоретичним, яке виражається у філософських оглядах і абстрактних математичних побудовах. У період з VI ст. до н.е. до V ст. н.е. в країнах, що знаходились під культурним впливом Стародавньої Греції і Стародавнього Риму, виникли і почали розвиватися вчення, які стали зародженням фізичної науки. Запропоновані в Античності

фізичні ідеї виявилися фундаментальними і стали основою багатьох напрямків сучасного природознавства. Це, зокрема, уявлення про загальні властивості матерії, про будову Всесвіту, елементи механіки, оптики, електрики та магнетизму і т.д. Експеримент не вважався джерелом інформації і систематичним методом перевірки теоретичних результатів. Методами пізнання оточуючого світу були натурфілософія (VI ст. до н.е.–III ст. н.е.) і математична фізика (III–V ст.ст. н.е.). Основна ідея натурфілософії полягала у створенні цілісної і логічної картини світобудови. Так, вчення Левкіппа-Демокріта-Епікура започаткувало фундаментальну концепцію атомізму. У вченні Платона ми знаходимо актуальні погляди на будову Всесвіту та витoki ідеї фазових перетворень. Вчення Арістотеля містить елементи механіки як науки, де механічний рух трактується як просторове переміщення і являється завершальним періодом натурфілософії (див. додаток Б, табл.Б.2) [526–527; 778, с.28].

Для епохи Стародавньої Греко-Римської культури, коли високого рівня досягли філософія, література, мистецтво, архітектура, метрологія, характерно систематичне накопичення фактів і спроби їх пояснити, слабкий емпіричний фундамент і велика кількість здогадок, загальних гіпотез і положень, в яких наукова думка прогнозувала багато наукових відкриттів, що з'явилися пізніше (див. додаток Б, табл.Б.2). В різних частинах Греції створювалися філософські школи, концепції, автори яких намагалися зрозуміти єдність світостворення, виходячи з різних апріорних припущень, паралельно накопичувалися різні наукові знання, що не обходилися без метрологічних уявлень. У медицині Гіппократ, а в історії Геродот створили першу систематизацію і раціональне мислення. Сократ стверджував, що розум прийшов з неба, а також ввів абстрактні поняття (благо загальне, краса загальна), а Платон розглядав світ як багатогранне творіння [81; 104, с.34; 736, с.27].

В епоху Античності удосконалювалися методи вимірювання та пристрої. В Стародавній Греції Арістарх Самоський вперше спробував

виміряти відстані до Сонця та Місяця, Ератосфен — дугу меридіана та обчислити радіус Землі, Гіппарх встановив тривалість року в 365 днів 5 год 55 хв та ввів географічні координати — широту й довготу. В Стародавньому Римі створено Юліанський календар — попередник нашого (Григоріанського), в будівництві використовували стандартні елементи, своєрідні еталони, тут сформувалася так звана Гіпподамова система планування міст з прямокутною сіткою вулиць та основні типи споруд (базиліки, амфітеатри, акведуки, мости, склади тощо); побудовано водяний годинник (Ктесибій, II ст. до н.е.), який був прототипом годинника, що використовувався в багатьох європейських країнах аж до XVIII ст.; винайдено гідрометр (Гіпатія, IV ст.). Результати, отримані в галузі прикладної механіки, проаналізував і узагальнив Герон Олександрійський у I ст. н.е., його праця «Механіка» представляє собою енциклопедію техніки античності. Після I–II ст.ст. у розвитку давньогрецької науки, а саме і у фізиці, метрології, наступив занепад. Тому, вагомий внесок римлян у тому, що вони на основі грецької науки створили велику кількість праць, енциклопедій у цих галузях. Архітектура Риму відзначалася масовим використанням стандартних елементів при будівництві доріг, міцних стін, водопровідних каналів тощо. Найдавнішою кам'яною дорогою став Апіїв шлях (Аппій Клавдій, 312 до н.е.). Розбудовувалися міста, використовувався новий матеріал бетон. Складалися найважливіші особливості планування давньоримських архітектурних комплексів: тяжіння до симетричності, осьова побудова, акцентування фасаду головної будівлі. З II ст. до н.е. застосування бетону спростило кладку несучих конструкцій і створило можливість для зведення критих, стандартних приміщень. У I ст. до н.е. завдяки розвиненій вимірювальній системі склалися типи архітектури: базиліки, терми, видовищні споруди у тому числі амфітеатри, акведуки, мости, склади та ін [63, с.28; 82].

Тоді ж міри та еталони розроблялися і в Стародавньому Китаї, де було винайдено компас. В Індії і Китаї самостійний цивілізаційний розвиток

продовжувався до Середньовіччя і за цей час були накопичені вагомі емпіричні знання, а також почалося створення релігійно-філософської системи (буддизм, брахманізм, даосизм, моїзм, конфуціанство та ін.). Фізичні та інші явища, включаючи все живе, розглядалися як емпіричні прояви. З цим пов'язано і виникнення складних класифікацій природних явищ і форм соціального життя (див. додаток Б, табл. Б.2) [2; 736, с.19].

В VII–II ст.ст. до н.е. фізичні вчення з'явилися в Стародавньому Китаї. Здатність магнетиту притягувати залізо і шматки залізної руди було відомо у Китаї, де побачили властивість природних магнітів орієнтуватися в просторі певним чином, що лягло в основу прообразу компаса, компас зі стрілкою зроблено в XI ст., а в Європі в XII ст. Про здобутки в Стародавньому Китаї стало відомо тільки в середині XX ст., коли вийшло фундаментальне дослідження англійського вченого Дж.Нідхема «Наука і цивілізація в Китаї» в 7 томах. У вказаний період у Давньому Китаї були створені філософські школи, де можливо знайти окремі положення фізичного характеру, наприклад у працях філософа Мо Ді і його послідовників – «Моїстський канон» і «Книга вчителя Мо» (V–III ст.ст. до н.е.). Фізичні вчення відносилися до механіки, магнетизму, вимірювання, наприклад, у моїстів були визначені уявлення про силу, рух, дію і протидію, вивчали закони ваги у зв'язку з використанням гир і розробкою мір (еталонів). Відома була і камера-обскура, геометричний хід променів в якій йшов від об'єкту. Удосконалювалася техніка виготовлення бронзових дзеркал різної форми і вивчалася віддзеркалення світла від них. У I–III ст.ст. у літературних пам'ятках цей пристрій фігурує в якості загальновідомого [105; 123; 736, с.505].

З кінця VI ст. почалася епоха Середньовіччя. На Латинському Заході наукові надбання стародавніх греків були майже втрачені і європейська наука згадала їх тільки у XIII–XIV ст.ст., але в період VIII–XIII ст.ст. на Близькому Сході утворилися передумови для виникнення та розвитку самостійної науки, головними досягненнями якої стали відтворення

більшості результатів античної фізики. У XII–XIII ст.ст. Арабський халіфат втратив свою владу, внаслідок чого наукова діяльність на Сході завмерла. Відомим фізиком Середньовіччя був Альхазен, який побудував теорію зору, провів досліди з камерою-обскурою, дослідив переломлення світла, розглянув різні види дзеркал, висловив думку про міряння швидкості світла. Основою середньовічної фізики стала праця «Книга про терези мудрості» (Ал-Хазіні, 1121), де відмічено, що вага води змінюється від температури, а вага тіла пропорційна кількості речовини у ньому, швидкість вимірюється відношенням шляху до часу, також описано використання ареометра, дано опис чотирьох конструкцій терезів із схематичними кресленнями і т.д. Ал-Хазіні в «Книзі про терези мудрості» подав таблиці питомої ваги 50 твердих і рідких тіл та описав конструкції терезів [28; 529; 746 с.508].

В Середні віки в Західній Європі переважали теологія та схоластика, в арабському світі та Китаї все ж мали місце окремі відкриття. Повільно відбувався і розвиток техніки. На початку IX ст. італієць Пацифікус з Верони сконструював механічний годинник, однак перша згадка про нього відноситься до кінця VI ст. Найпростіший механічний годинник на вежі побудовано в Мілані в 1335 р. В XI ст. арабський вчений Ібн-Сіна (Авіценна) в дослідях з вільно подаючими тілами, час визначав за допомогою маятника. Тоді ж араби перевідкрили здатність магнітної стрілки орієнтуватися в просторі в певному напрямку; Омар Хайям удосконалив методи зважування та визначення питомої ваги тіл, що виклав у трактаті «Терези мудрості, або про абсолютні водяні ваги», Ал-Біруні розробив спосіб визначення об'ємів тіл неправильної форми за допомогою відливної посудини, який використав для визначення питомої ваги металів та низки сплавів і коштовних каменів. На наступне століття припадає діяльність відомого англійського філософа та натураліста Р.Бекона, одного з попередників експериментального методу, який основу пізнання вбачав у досліді, зокрема лінзи, розглядав як наукові прилади. Він виміряв фокусну відстань сферичного дзеркала та висунув ідею зорової труби.

Східний аристотелізм з XII ст. став впливати на мислителів християнського Заходу. Вершиною католицького схоластичного аристотелізму стали праці Фоми Аквінського, визнаного у 1567 р. Ватиканом як вчителя церкви. З XI ст. Західнохристиянський світ вів бурхливу господарську діяльність, пов'язану, як вказував М.Вебер, з підняттям релігійної значущості виробничої праці. Якщо раніше ремісники і торговці не мали впливу як соціальний клас, то в XII ст. організували комуні з цехами і гільдіями [84; 517, с.31]. Характерною рисою середньовічного суспільства була його здатність запозичувати і удосконалювати техніку. Середньовічна Європа збирала винаходи з усіх країн, насамперед з Китаю і на цій основі створювався єдиний фундамент для сучасної цивілізації.

Майже до кінця середньовіччя найрозвинутішою країною в технічному відношенні був Китай. У VI–VII ст.ст. розповсюдилося використання водяного колеса. Традиції античності зберігалися у Візантії. В кінці VI ст. з'явилися перші згадки про механічний годинник, його виготовлення приписують Пацифікусу з Верони (IX ст.), а найпростіший механічний годинник (на вежі) побудований у 1335 р. у Мілані. В IX ст. Ібн-Сіна (Авіценна) досліджував рух вільно падаючого тіла і надав теоретичне обґрунтування цього, використовував маятник для вимірювання часу [648, Т.1, с.158; 736, с.36].

В XI ст. Ал-Біруні розробив за допомогою відливної посудини спосіб визначення об'єму тіла неправильної форми, який застосовував для знаходження питомої ваги чистих металів, деяких сплавів і коштовних каменів. Визначним математиком, філософом аристотелівського напрямку, який займався мірянням був Омар Хайям (1048–1131), відомий як поет, автор рубаї. Омар Хайям удосконалив способи зважування і визначення питомої ваги тіл (викладено в його трактаті «Терези мудрості, або про абсолютні водяні ваги» і «Уведення в алгебру») [517, с.26; 746, с.508].

Наприкінці XII ст. людина підкорила силу вітру, так в країнах Ісламу вітряки зустрічаються вже у VII ст. Про вітряки в Європі вперше згадується у

1180 р. в одному з документів Нормандії, а до кінця XII ст. було зареєстровано ще декілька вітряків. Застосувати силу вітру для борошно-мольного виробництва, на початку XI ст. в Англії було 5624 водяних млинів (по одному на кожні 50 господарств), з'явилися вони і на узбережжі Адріатичного моря. У XIII ст. водяне колесо стало застосовуватись для приводу токарних верстатів у дію [122; 216].

У VIII ст. у Китаї і в XIII ст. в Європі вже використовували кермове управління сучасної конструкції. Китайські мореплавці застосували компас на рубежі XI–XII ст.ст. В Європі компас на судах з'явився наприкінці XII ст., але він відрізнявся від китайського і не міг бути його копією. Подальший розвиток ремесла зумовив зростання ролі клейма. Такі знаки ставилися на виробках декоративно-прикладного мистецтва, зброї тощо. Після дворянських гербів з'явилися цехові знаки, на виробках почали проставляти герб цеха або один з його елементів. В джерелах є повідомлення про існування суворого контролю, аби клеймо не було поставлено на неякісному виробі, а з виробництвом паперу теж постала необхідність позначати його, щоб розрізняти того чи іншого виробника і у XIII ст. з'явилися перші позначення паперовиробників – це водяні знаки, які застосовуються до сьогодні. Певна форма водяного знаку індивідуалізувала свого виробника, що, звісно, спонукало до покращення якості паперу. Наступним етапом у розвитку позначень стали знаки, клейма гільдій ремісників. Ці знаки вже чітко вказували походження товару і це закріплювалося у законодавстві того часу. Статути мали приписи, згідно з якими клейма вносилися до державних реєстрів, користуватися такими знаками могли виключно гільдії, підробка ж знаків каралася. Тому у свідомості людей поступово зростала довіра до таврованої продукції та послуг. Інтереси торгового і промислового підприємництва привели до виникнення потреби захищати свій знак. В кінці Середньовіччя вже ставили перші клейма, які забезпечували захист праці і товару від підробки. Прикладне вимірювання в кінці середніх віків проявилось і в медичному аспекті, наприклад у 1299 р. в Італії С.Арматі було

виготовлено окуляри, які швидко розповсюдилися в Західній Європі, а потім до XV ст. в Азії і Московії. У XIII ст. Р.Беконом визначено головний фокус увігнутого дзеркала і відкрито сферичну аберацію, а також він вніс концепцію зорової труби, вважав фундаментом пізнання експериментальний метод [113; 736, с.37].

На зміну Середньовіччю прийшла епоха Відродження як період соціально-економічних змін у європейському суспільстві та зародження нових виробничих відносин. В епоху Відродження відбулися значні зрушення в розвитку культури та природничо-наукових знань. Після багатовікового застою почалося відродження багатьох духовних цінностей Античності, зокрема в XVI ст. з'являються переклади творів давньогрецьких учених Архімеда, Евкліда, Герона Александрійського та ін., та намічається становлення нових прогресивних, антисхоластичних тенденцій, яскравими представниками яких були Леонардо да Вінчі, М.Кузанський, М.Коперник та Дж.Бруно. Перший був не тільки унікальним художником, відомим більшості, але й видатним природодослідником і конструктором. Він вивчав рухи тіл, їх зіткнення, явище тертя, відкрив опір середовища руху тіл в ньому та існування підйомної сили (звідси його проекти літальних апаратів, зокрема прототипу гелікоптера). Конструювання різних механізмів, приладів і машин давало можливість йому глибше проникати в сутність закономірностей механіки, зокрема в природу інерції.

Низка непересічних досліджень проведено і іншими італійськими вченими в галузі механіки. М.Кузанський вважав, що основою всього є рух, висловив ідеї відносності руху, єдності світу, його нескінченності. Проте принципово новий погляд на світ обґрунтував М.Коперник, який, виходячи з астрономічних спостережень, побудував нову геліоцентричну систему світу, відкинувши багатовікову схему Арістотеля – Птолемея, освячену церквою, та розпочав тим самим революцію в природознавстві. В результаті було зруйновано основи середньовічної релігії та покладено основні засади для

звільнення природознавства від теології. Все це відбивалося і на вимірjuвальному процесі.

Прийнято, що епоха Відродження була підготовчою до переходу до точного природознавства, до створення науки взагалі як такої. Наведемо з цього приводу висловлювання В.І.Вернадського. «Мы говорим об эпохе Возрождения наук и искусств,— писал він,— но наук, далеких от точного естествознания и математики. Эпоха Возрождения не есть эпоха создания современного естествознания и новой математики. Мы говорим об эпохе открытий, но эта эпоха несколькими поколениями отделена от расцвета точного знания. И Возрождение, и эпоха открытий явились эпохами подготовительными...» [113].

В цей час у 1440 р. М.Кузанський сконструював перший гігрометр (з вовни), який у 1664 р. удосконалив Ф.да Поппі (з пергаментного паперу), в 1781 р. Ж.Делюк – з китового вуса, в 1783 р. Х.де Соссюр – волосяний гігрометр [456, с.151; 736, с.819]. Для гуманістів Відродження характерна була зацікавленість алхімією, тому у різноманітних організаціях окультизм вважався основою для всіх теоретичних знань. Знання базувалися на містиці і магічному сприйнятті дійсності, а також на здобутому досвіді. В період Відродження в Європі з'явилися таємні гуртки з такими назвами, як «Братство трьох троянд», «Орден Лебедя» та ін. Алхімією займався бургомістр м.Хемниця (Чехія) і засновник мінералогії і гірничої справи Агрикола (1494–1555), що можна побачити в його дослідженнях, а саме: «Про природу копалин» (1546), «Про гірничу справу і металургію» (1555), де він простежив досвід металургії, а також додав свої спостереження. За період XIV–XV ст. у розвитку морського судноплавства зроблено значно більше, ніж за чотири тисячоліття до вказаного періоду. В епоху Відродження у результаті розвитку економічних, політичних міждержавних зв'язків почали широко використовувати методи стандартизації. Так, у XV ст. у Венеції будували дерев'яні галери з уніфікованих складових. Як результат, кожна галера мала одну швидкість, а також стріляла на одну відстань. На

венеціанських складах зберігалися стандартні деталі: щогли, керма тощо [125; 651]. З XV ст. вітряк став основою водопідйомних робіт для осушення місцевості Нідерландах. До кінця XIV ст. голландськими інженерами побудовано наметний вітряк (на відміну від козлового). До того як винайшли паровий двигун, сила вітру і води та сила худоби вважалися рушійною силою.

Видатний представник Високого Відродження Леонардо да Вінчі (1452–1519) розробив проекти «ідеального» міста, купола і купольного храму, використовуючи стандартні елементи і вимірювання, що значно вплинуло на розвиток містобудування, архітектури [352–353]. Пристрасть до вимірювання привела його до геніальних конструктивних припущень, набагато випереджаючих епоху. Вивчав механізм тертя і його вплив на умови рівноваги, визначив коефіцієнт тертя і вивів закон тертя. Леонардо да Вінчі вивчав закони зору і описав камеру-обскуру, виконав графічну побудову руху променів у лінзах [235, с.58]. На службі у правителя Мілану Лодовіко Моро у 1482 р. Леонардо да Вінчі виконував обов'язки військового інженера, декоратора, організатора свят [222; 235, с.28]. Вивчаючи око, висловлював припущення про бінокулярний зір. Науково-художнє мислення Леонардо да Вінчі – це прорив науки у XVI ст., оскільки в XV–XVI ст.ст. були маловідомі науковість, естетичність з їх функціями [352]. Аналогічне мислення займало у Леонардо да Вінчі те положення, яке пізніше буде зайнято науковим (теоретичним) мисленням. Аналогія надавала можливість пояснити явище не поступаючись його конкретністю, залишаючи його на місці, що належить тільки йому [444, с.170].

Підхід до наукової творчості, яку виробив та дотримувався Леонардо да Вінчі, базується на таких принципах:

а) метою природознавства є дослідження законів природи. Леонардо да Вінчі писав, що наукою можна назвати розумове дійство, яке бере початок зі своїх останніх засад, після яких не може знайтися вже нічого в природі, що входило б до складу науки [353, с.10]. Термін «закон природи» ще не існував

у часи Леонардо да Вінчі, але використовувалися слова «причина», «начало», «основа», «правило». «Правило» у Леонардо да Вінчі означало загальні риси;

б) закони природи незмінні. «Природа не порушує свій закон» – так формував свою думку Леонардо да Вінчі [235, с.134];

в) закони природи пізнаються. «Істина в кінці кінців не залишається скритою» – писав Леонардо да Вінчі [353, с.14];

г) закони природи повинні бути виражені мовою математики. «Ні одне людське дослідження – як писав Леонардо да Вінчі – не може називатися істинною наукою без математичного розрахунку» [353, с.11]. Тому Леонардо да Вінчі був першим природознавцем, який поширив принцип математизації наукових знань і з цих позицій оцінював точність наукових висновків;

д) дослідження базуються на досвіді, який надає фактичний матеріал для побудови теорії. «Хоч природа починається з причин та закінчується дослідом, нам необхідно йти шляхом зворотнім, тобто починати з досліду і з ним шукати причину» – писав Леонардо да Вінчі [353, с.16]. У Леонардо да Вінчі представлення про дослід було таке, що на першому місці знаходилися спостереження явищ у природі;

ж) досягнення в теорії є основними для практичного використання науки. «Наука – полководець, а практика – солдати» – писав Леонардо да Вінчі [353, с.23];

з) етичний принцип: наука – для блага людей; про відкриття яке може зашкодити людству краще взагалі не казати. В Лестерському кодексі є такий запис: «...Як і чому не пишу я про свій спосіб залишатися під водою багато часу? Цього я не оприлюднюю через природу людини, яка цей спосіб може використати для вбивства на дні моря, проламуючи дно кораблів та утоплюючи людей на цих кораблях...» [353, с.511].

Загальна концепція науки, розвинута Леонардо да Вінчі, його науковий метод, об'єднав комплекс широких досліджень. Основна ідея естетичної системи Леонардо да Вінчі відображується в тому, що мистецтво – це

особливий різновид науки, а художня творчість – особлива форма наукової творчості. Мистецтво як інструмент пізнання дійсності і Леонардо да Вінчі визначає тонке зображення, яке з філософським мисленням розглядає всі якості форм: моря, місцевості, дерев, тварин, квітів. Таким чином пізнання дійсності є загальною функцією науки [694].

Нові знання в астрономії пов'язані і з вченим М.Коперником (1473–1543), який прийшов до ствердження геліоцентричної системи Всесвіту. Вчення М.Коперника стало революцією в стереотипах католицького світу. В часи панування концепцій Контрреформації, книгу М.Коперника знищили і вона залишалася в «Індексі заборонених книг» (1616) і тільки в 1828 р. була опублікована. Вчення М.Коперника продовжив астроном Т.Браге (1546–1601). Він описав зорю в сузір'ї Кассіопеї. На основі відкриття М.Коперника, декілька концепцій в космології розглянув мислитель Дж.Бруно (1548–1600) та прийшов до висновку існування багатьох світів і можливості їх населеності, а також про однорідність Всесвіту, що складається з землі, води, ефіру, вогню. Дж.Бруно було звинувачено в ересі і оскільки він публічно не відмовився від своїх ідей у 1600 р. його було спалено на Площі квітів у Римі [173; 736, с.600].

Н.Тарталья у трактатах «Нова наука» (1537), «Проблеми і різні винаходи» (1546) описав траєкторію руху снарядів і довів, що вона криволінійна і велика дальність досягається при нахиленні гармати під кутом 45° до горизонту, чим започаткував балістику, а також вирахував, що швидкість падіння тіла має бути пропорційною висоті падіння. В 1538 р. Дж.Фракастро використав лінзи для збільшення предметів, а в 1540 р. Дж.Кардано спробував визначити вагу повітря [736, с.39].

В 1583 р. Г.Галілей звернув увагу на те, як розкачувався світильник і за ударами свого серця став відраховувати час за який лампа робила повну амплітуду, виявилось, що у вихідну позицію цей маятник повертався через один і той же час. Г.Галілей почав експериментувати з маятниками і виявив постійність у періодах їх коливання. Завдяки цьому відкриттю не тільки

вимірювання часу стало більш точним і з'явилася можливість регулювати механічні годинники, а головне, цей експеримент започаткував наукову метрологію.

3.2. Становлення наукової метрології (1583–1686)

В нашій періодизаційній схемі початок наукової метрології ми віднесли до 1583 р., тобто на кінець епохи Відродження, коли Г.Галілей, спостерігаючи за розгойдуванням лампади в Пізанському соборі і визначаючи період її коливань за власним пульсом, зробив висновок про незалежність періоду коливань лампади (маятника) від амплітуди (при малих амплітудах). Це явище дістало назву ізохронності коливань маятника і було згодом покладено в основу маятникового годинника. Від цього бере початок систематичне застосування в метрології (і фізиці) експериментального методу.

«Если теория является конечным результатом науки,— писав відомий фізик-теоретик сучасності Ф.Дайсон,— то експерименты составляют ее движущую силу» [180]. Тому Г.Галілей був не тільки засновником метрології і фізики, а й взагалі точного природознавства, який, за словами А.Ейнштейна, «тільки експеримент і строгі міркування вважав критерієм істини». Від Г.Галілея беруть початок динаміка, вчення про коливання, опір матеріалів, оптична астрономія, наукове приладобудування [128]. А його «Діалог про дві головні системи світу» (1632), в якому він виступив на захист геліоцентричної системи світу Коперника, настільки розлютив церковників, що вони звинуватили його в ересі, влаштувавши над ним публічний процес і примусивши відмовитися від копернікового вчення. І хоч він і зробив це, проте його відома фраза «а все ж таки вона (Земля — авт.) обертається» свідчить про виявлення ним наукової принциповості, об'єктивності та вірності істині. Г.Галілеєм відкривається принципово новий період у

розвитку фізики (і метрології) — період її становлення як науки, отже, період наукової метрології.

В період Античності Архімед знайшов спосіб встановити, чи зроблена царська корона з чистого золота, а Г.Галілей вирішив удосконалити цей давній метод. Він сконструював прилад визначення питомої ваги твердих тіл (гідростатичні ваги). На цих вагах можна було зважувати предмети, після цього повторив експерименти Архімеда та виклав результати в трактаті «Маленькі ваги» (1586) [128; 746, с.511]. Відкриття Г.Галілеєм явища ізохронності коливань маятника в подальшому використовувалося в маятникових годинниках, ставши потужним засобом вимірювання часу. Це стало початком становлення наукової метрології.

Водяний годинник поступився місцем пісковому, а потім більш складному з маятниковим механізмом. Х.Гюйгенс, що присвятив майже 40 років створенню й удосконаленню маятникових годинників і вважав це головною справою свого життя, у 1664 р. писав: «... я нашел легкий и удобный способ регулирования часов...благодаря своему открытию я смог дать абсолютно точное обозначение для постоянной меры длины, верной для всех времен...». Мова йде про використання властивості ізохронності коливань математичного маятника, дослідженого Г.Галілеєм, що дозволило виразити міру довжини через природній вимір часу. 1824 р. (Англія) прийнято закон щодо встановлення одиниці довжини ярда, який визначався через довжину секундного маятника та інші міри (див.додаток Б, табл.Б.4) [128; 408, с.38]. Наука, як стверджував Г.Галілей, повинна ґрунтуватися на експерименті і хоч це не можна назвати абсолютно вірним, талант Г.Галілея проявився в цьому аспекті у повній мірі. У 1588 р. Г.Галілею запропонували прочитати у Флорентійській академії лекції про розміри та розташування пекла, описаного в «Божественній комедії» А.Данте. Г.Галілей провів розрахунки і висловив думку, що пекло розташоване під Ієрусалімом, а розмір його складає дванадцятку частину Землі. Г.Галілей займався розробкою механічних пристроїв, серед яких був перший у світі кисневий

термометр (1592), який був удосконалений італійським фізиком С.Санторіно (1561–1636), і пристрій для викачування води з підземних свердловин, зробив покращену модель пропорційного геометричного циркуля, який використовувався в артилерії для більш точного прицілювання. Цей циркуль можливо також застосувати для розрахунку висоти зорі над горизонтом і вимірювати кут нахилу стіни. В 1609 р. Г.Галілей дізнався, що голландський оптик Х.Ліпперсгей (1570–1619) сконструював прилад, який дозволяв розглядати предмети на відстані і за два тижні зібрав свій телескоп, що надавав триразове збільшення і був більш досконалий, а потім представив у Венеції в Сенаті модель телескопа з 8-разовим збільшенням. Поступово Г.Галілей досяг 32-разового збільшення і такий телескоп застосовувався вже не тільки в торговельних і військових цілях, а й допомагав вивчати небо, чим і займався Г.Галілей. Телескоп Г.Галілея швидко почали виготовляти в Європі і він став головним приладом астрономів. Книга Г.Галілея «Діалог про дві головні системи світу» стала підсумком його досліджень і вплинула на формування світогляду І.Ньютона (1643–1727), який вивів закон всесвітнього тяжіння, але найбільшим внеском Г.Галілея в науку став визначений ним науковий метод, заснований на дослідженнях і математичному розрахунку отриманих даних, без якого не існувало б подальших досягнень у науці [128; 357; 736, с.468–469; 696]. З наведених досягнень періоду наукової революції можемо зробити висновок, що цей етап не став миттєвим переворотом. З XVII ст. техніка почала розвиватися автономно, мануфактура, яка набрала інтенсивного розвитку, потребувала удосконалення технічної бази, поживалося винахідництвом і при розробці машин винахідники вже прагнули застосувати знання з математики, метрології і механіки.

В 1586 р. Г.Галілей сконструював гідростатичні ваги, які визначали питому вагу твердих тіл, а в 1590 р. було зроблено зорову трубу італійськими майстрами. Такий самий голландський варіант було здійснено в 1604 р. З.Янсенем. У 1592 р. Г.Галілей сконструював термоскоп, що став

прототипом термометра (описаний у 1620 р. Ф.Беконом), а у 1597 р. ввів поняття температури [128; 447; 746, с.511].

У XVII ст. у Західній Європі з'явилися ідеї індивідуальної свободи, що базувалися на приватній власності і громадянських засадах. Основним стала духовна свобода особистості, що затверджувалася в двох різних формах – античній і давньохристиянській. При цьому в одних державах (Іспанія, Франція) затверджувалися абсолютні форми монархічного правління, а в інших, де переміг капіталізм (Нідерланди, Британські острови) закріпилися представницькі органи влади. Кінець XVIII ст. відкрив період Просвіти, що поставив розум на вищий щабель у системі європейських цінностей. Першим яскравим представником просвітницької думки був Дж.Локк, який обґрунтував емпіричну теорію пізнання, яка спиралася в своїх основних положеннях на гносеологію Ф.Бекона і стверджувала, що знання є істинним, якщо воно відповідає дійсності [736, с.40; 783, с. 127]. Все це привело до завершення формування природознавства як комплексної наукової дисципліни.

Г.Галілей встановив принципи відносності та інерції, закони вільного падіння і руху тіла на похилій площині, розробив вимірювальні пристрої. Від Г.Галілея беруть свій початок динаміка, вчення про коливання і т.д. Створення Г.Галілеєм першого телескопа (1609) і виконання ним астрономічних досліджень довели об'єктивність геліоцентризму і підтверджували теорію М.Коперника. В своїй творчості Г.Галілей керувався ідеєю єдності світу. Мету науки він вбачав у розкритті причин явищ, а задачу вченого – у вивченні природи. Саме Г.Галілей, а перед ним І.Кеплер, який встановив закони руху планет (1609–1619) і розкрив цим кінематичний аспект будови Сонячної системи, підготували шлях І.Ньютону, який завершив шлях створення механіки [213; 736, с.42; 742]. У 1604 р. вийшов трактат І.Кеплера «Доповнення до Вітеллія», де було висвітлено теорію зору, теорію камери-обскури, викладено закон фотометрії як зворотної пропорційності між освітленням та квадратом відстані до джерела світла,

введено поняття фокуса і оптичної осі. В 1607 р. Г.Галілей зробив спробу міряння швидкості світла та висловив думку, що вона є скінченною величиною, а у 1609 р. сконструював зорову трубу і використав її як телескоп (засади оптичної астрономії). У 1610 р. Г.Галілей розробив мікроскопи (1610–1624 рр. удосконалив конструкцію мікроскопа). У 1638 р. Дж.Бальяні вперше розмежував поняття ваги, маси тіла і вказував на пропорційність ваги масі, а У.Гаскойн розробив окулярний мікрометр. У 1643 р. Е.Торрічеллі відкрив атмосферний тиск, відбулося перше барометричне дослідження, яке довело його існування [128; 746, с.513].

Звичайно становлення метрології відбувалося в рамках фізики, тому цей процес слід розглядати в її контексті. У фізичних дослідженнях почав широко використовуватися експеримент, внаслідок чого було відкрито чимало явищ і факторів. Зокрема, дослідами У.Гільберга покладено засади електро- і магнітостатики, виявлено дисперсію світла – розкладання за певних умов білого світла в спектр (Я.Марці, 1648 р.), що в подальшому привело до виникнення оптичної спектроскопії — потужного експериментального методу дослідження також у метрології (А.Майкельсон); відкрито явища інтерференції (дифракції) світла (Ф.Грімальді); створено повітряний насос; виміряно швидкість світла (О.Рьомер, 1676 р.); запроваджено поняття змінної величини та функції (Р.Декарт, 1637 р.), розроблено диференціальне, інтегральне числення (І.Ньютон, 1670–1671 рр.) та низку приладів, важливих і для метрології (термометр, барометр, мікрометр, ареометр, гігрометр, механічний годинник, зорова труба, мікроскоп) тощо. Таким чином, у XVII ст. завершилося становлення точного природознавства з широким використанням фізичного експерименту та математики. «XVII век явился началом нового времени, вхождения в историю человечества новой меняющей ее силы — наук о природе и тесно с ними связанной математики,— писал В.И.Вернадский.— то, что явно зародилось в этом веке, в последующие получило лишь дальнейшее развитие» [113].

В період бурхливого прогресу механічного природознавства (XVII–XVIII ст.ст.) основними стали анатомічні методи і механічний спосіб вивчення природи. Навіть далека від техніки раціоналістична філософія Р.Декарта істотно впливала на удосконалення технічного розвитку. Р.Декарт як і Ламетрі були впевнені, що закони механіки є універсальними законами світу і їх можна використати в законах природи. У 1657 р. О.Геріке сконструював водяний барометр, а в 1663 р. Ж.Роберваль зробив ваговий ареометр, який удосконалений Г.Фаренгейтом у 1724 р. завдяки введенню шальки для гирі, сучасну ж форму йому надав У.Ніколсон у 1787 р. У 1665 р. Р.Гук удосконалив мікроскоп, а також в цьому ж році вийшов його трактат «Мікрографія», де були описані мікроскопічні дослідження, явища дифракції, кольори тонких плівок і т.д. Х.Гюйгенс та Р.Гук запропонували як основні точки термометра – танення льоду, кипіння води, в 1694 р. це незалежно зробив К.Ренальдіні. В 1667 р. вийшла праця Л.Магалотті «Нариси про природничо-наукову діяльність Академії дослідів», де були викладені результати колективної праці, що проводилася в 1657–1667 рр. академіками Флорентійської академії досліджень. Ними надано опис термометрів, ареометрів, гігрометрів і т.д. В Академії було відкрито теплові промені і їх віддзеркалення дзеркалом, вдосконалено термометри, зокрема спиртовий. У 1668 р. І.Ньютон розробив дзеркальний телескоп-рефлектор (незалежно запропонований в 1663 р. Дж.Грегорі), довжина його труби складала 15 см, діаметр дзеркала – 2,5 см, за допомогою телескопа можливо було споглядати супутники Юпітера. У 1670–1671 р. І.Ньютоном написано працю «Метод флюксій», яка була опублікована у 1735 р. і де містилося диференціальне й інтегральне числення, розроблене ним. В 1672 р. вперше з достатньою точністю виміряно відстань до Сонця (Дж.Кассіні, Ж.Ріше, Ж.Пікар), а у 1673 р. вийшла праця Х.Гюйгенса «Маятниковий годинник», де приведено теорію фізичного маятника, визначення моменту інерції, а також закони центробіжної сили. В 1675 р. С.Морленд розробив саморегулюючий барометр, а в 1690 р. Г.Лейбніц вказав на зв'язок коливань показників

барометра з погодою і в 1702 р. виклав ідею барометра-анероїда [175; 226; 746, с. 519].

Але, як висновок необхідно зазначити, що фундатором сучасного природознавства став Г.Галілей, основою його світогляду була ідея єдності світу. Г.Галілей узагальнив численні експериментальні та теоретичні відомості з механіки, сформулював загальні закони руху тіл, принципи відносності та інерції, проводив астрономічні дослідження і т.д. Все це в сукупності з експериментальним методом підготувало підґрунтя для створення І.Ньютоном першої наукової картини – механістичної картини світу. Завдяки застосуванню ідеї атомізму до розуміння фізичних явищ, було вперше окреслено коло питань, що в подальшому утворили предмет молекулярної фізики (Р.Бойль). Були започатковані ідеї про однорідність матерії, збереження її кількості, що створювало передумови для виникнення механіко-матеріалістичних концепцій (Ф.Прокопович). Праці І.Кеплера та Р.Декарта сприяли заміні фізіологічної оптики Середньовіччя на геометричну. Було відкрито ряд явищ та принципів, що сприяли становленню хвильової оптики (Ф.Грімальді, Р.Гук, П.Ферма, Е.Бартолін). Необхідно відзначити і діяльність Б.Паскаля (1623–1647) з його знаменитою теоремою про шестикутник, який вписаний у конічний переріз. Займався він дослідженнями циклоїди, інтегруванням, обчисленням нескінченно малих. У 1645 р. сконструював лічильну машину, яка виконувала чотири арифметичні дії, винайшов «арифметичний трикутник», який створений біноміальними коефіцієнтами, що застосовуються в теорії ймовірності. Повторюючи досліди Е.Торрічеллі, Б.Паскаль довів, що за допомогою барометра можна виконувати заміри висот, відкрив існування зв'язку між показниками барометра і змінами у погоді. У цьому ж ряді вчених згадаємо і О.фон Геріке (1602–1686), який провів досліди з визначення тиску повітря у посудинах. Ім'я Е.Маріотта (1620–1684) пов'язане з уведенням експериментальної фізики у Франції, він став співавтором закону Бойля – Маріотта. Д.Папен

(1647–1714) – учень і асистент Х.Гюйгенса, зробив внесок у запровадження пневматичних пристроїв [175; 437; 736, с.725].

В механіці Х.Гюйгенс підготував своїми дослідженнями фундамент для відкриття другого закону механіки та закону всесвітнього тяжіння, а саме: вивчав криволінійний рух, висловив концепцію щодо теорії фізичного маятника, встановив термін «момент інерції» і вивів закони центробіжної сили (1673). У 1657 р. сконструював маятниковий годинник, який став основою та еталоном для точної експериментальної техніки. У 1644 р. вийшов трактат Р.Декарта «Засади філософії», де було виведено закони інерції. Теорія Р.Декарта заснована на трьох елементах (вогонь, повітря, земля) та взаємному їх переході одне в інше. Перший елемент (вогонь) це найменші частинки, які змінюють свою форму в будь який момент; другий елемент (повітря) це округлі частинки; третій елемент (земля) – найбільш крупні частинки різної форми. Р.Декарт стверджував, що у Всесвіті немає матерії, яка б не могла послідовно приймати всі форми. У 1678 р. Х.Гюйгенс визначив величину прискорення сили ваги для Парижа ($g=979,9 \text{ см/с}^2$), а у 1681 р. представив ідею про вимірювання сили ваги за допомогою секундного маятника. У 1686 р. Г.Лейбніц ввів поняття «живої сили» як міри руху, вивів закон збереження сили для механічних процесів [174–175; 736, с.44].

3.3. Розвиток наукової (класичної) метрології (1687–1899)

3.3.1. Підготовчий етап до введення метричної системи мір (1687–1790).

Наприкінці XVII ст. відбулася знакова подія, важлива для всього природознавства,— в 1687 р. вийшла в світ книга І.Ньютона «Математичні початки натуральної філософії» [437], якою відкрився новий період у розвитку фізики — період класичної фізики, який тривав понад два століття. Узагальнивши результати своїх попередників, передусім Г.Галілея,

Й.Кеплера, Х.Гюйгенса та ін., та використавши власні напрацювання, І.Ньютон створив класичну механіку, що включала основні поняття, аксіоми, три закони (закони Ньютона), закон всесвітнього тяжіння, постулати про час і простір, вчення про рухи тощо. Механіка Ньютона являла собою першу фундаментальну фізичну теорію, першу фізичну картину світу (механістичну), в якій І.Ньютон за допомогою створеного ним диференційного та інтегрального числення, закони механіки виразив у строгій математичній формі. Його механіку в наступні роки активно розвивали Ж.Д'Аламбер, Л.Ейлер, Д.Бернуллі, Ж.Лагранж, в результаті чого вона досягла значної досконалості та стрункості. Особливе місце в цьому процесі займав І.Ньютон, який розвинув класичну механіку і оптику до рівня наукових дисциплін, сформулював закон земного тяжіння, розробив принципи математичного аналізу і т.д. І.Ньютон сконструював телескоп з високою вирішальною здатністю, який віддзеркалював і не переломлював промені, до цього були відомі тільки телескопи, які збільшували зображення предмета через лінзи і мали вузьке поле зору та змінювали колір предмета, що розглядався. Для віддзеркалення світла вчений встановив на дні пристрою увігнуте дзеркало. Перший закон І.Ньютона, відомий як закон інерції, де вказувалося, що тіло продовжує бути у стані покою або рівномірного руху, поки воно не приводиться силами у рух. У другому законі І.Ньютона, наголошувалося, що є зв'язок між силою і прискоренням. У третьому законі доводилося, що на будь-яку дію завжди є протидія. Відходячи від простих спостережень, І.Ньютон вивів закони, які здавалися елементарними, коли він логічно пояснив їх. У 1705 р. королева Анна посвятила І.Ньютона в рицарі і він став першим, хто отримав це звання за наукові досягнення. На той час І.Ньютон керував Монетним двором Англії, де створив стандартну систему розпізнавання фальшивих монет [25; 437; 696].

На початку першого періоду наукової (класичної) метрології (1687–1790) вагомий внесок зробив Г.Амонтон, який у 1687 р. сконструював

гігрометр, у 1695 р. – нертутний барометр, а у 1702 р. – удосконалив термоском Галілея і сконструював повітряний термометр, барометр з U-образною трубкою, який використовували на кораблях, а у 1703 р. – пірометр. У 1724 р. Д.Фаренгейт склав таблиці питомої ваги для багатьох тіл. В цей же час Г.Амонтон розробив газовий термометр і зробив висновок, що найбільш можлива низька температура повинна співвідноситися з нульовим тиском газу. Роботи Д.Фаренгейта і Г.Амонта стали основою двох напрямів термометрії. Перший на основі газової термометрії з єдиною фіксованою точкою привів до створення термодинамічної температурної шкали, а другий засновано на використанні декількох фіксованих точок, що привело до створення практичних температурних шкал [481; 746, с.521].

До кінця XVIII ст. наука накопичила достатньо фактів, які підтверджували закони І.Ньютона, але розвиток науки на початку XX ст. довів, що в галузі мікро- і макросвітів закони І.Ньютона не завжди можна застосувати. Навіть після великих відкриттів XX ст. сфера застосування механіки І.Ньютона не зменшилася. Людство продовжує будувати споруди, мости, дороги і використовує для цього різноманітні механізми. Таким чином, механіка, розроблена більше 300 років тому, зберігає свою актуальність.

На етапі свого становлення, вимірювання обумовили виникнення наукової (класичної) метрології. Багато часу метрологія функціонувала як описова наука і констатувала існування незалежних величин, які використовувало людство. Становлення і розвиток науки, техніки привело до використання різних мір одних величин. Наприклад, відстані у Росії вимірювалися верстами, а в Англії милями (див.додаток Б, табл.Б.4–Б.5). Ці розбіжності ускладнювали співробітництво в торгівлі, тому виникла потреба в уніфікації мір. Метрологія як наука починалася в межах фізики, тому не випадково основні поняття метрології називаються фізичними величинами – це властивості, єдині в якісному відношенні у багатьох об'єктах та індивідуальні в кількісних відношеннях у кожного з них [101].

У 1725 р. П.Бугер здійснив перші дослідження з вимірювання кількості тепла, одержаного земною поверхнею від Сонця. У 1730 р. Р.Реомюр застосовував у термометрах шкалу від 0 до 80° (шкала Реомюра) і побудував спиртовий термометр. У 1741 р. М.В.Ломоносов у праці «Елементи математичної хімії» виклав своє уявлення про складові тіл – атоми та молекули. В 1742 р. А.Цельсій запропонував стоградусну шкалу термометра (шкала Цельсія). У 1744 р. було сформовано поняття теплоти, а в 1745 р. Г.В.Ріхман побудував електричний показчик – 1-й електровимірювальний прилад [364; 746, с.523-525]. Перший етап промислової революції XVIII ст. характеризується появою машин у текстильному виробництві, спочатку це були прядильні машини. Причиною їх появи була відсутність пряжі, викликана широким застосуванням ткацьких верстатів з човниковим пристроєм (Д.Кей, 1733) [216].

Крім механіки, розвивалися всі розділи фізики — вчення про теплоту, тверді тіла, гази, атомістика, оптика, метрологія та ін. Удосконалювалися термометри, створено парову машину, зокрема машина Уатта (1784), сконструйовано перший електровимірювальний прилад (Г.В.Ріхман, 1745 р.) та крутильні ваги (Ш.Кулон, 1784 р.), встановлено низку фізичних законів (газові закони, закон Кулона, закон збереження маси речовини в хімічних реакціях Ломоносова) та низку одиниць вимірювання, відкрито електричний струм (Л.Гальвані, 1786 р.) тощо. Про значення розглядуваного етапу емко висловився В.Гейзенберг: «В этот период в развитии познания произошел перелом; новый метод естествознания открыл перед наукой неограниченные просторы: простые процессы природы стали раскрываться посредством соответствующих экспериментов, и открытые таким образом законы выражались на математическом языке... Механика могла быть образцом, на основе которого должны были строиться все другие области естествознания. Но реальное осуществление этого представляло собой задачу чрезвычайной трудности» [132, с.243].

До кінця XVIII ст. Західна (Новітньоєвропейська-Північноатлантична) цивілізація вийшла на принципово новий, техногенний рівень розвитку в його першій, індустріальній формі. Зовнішньо цей прорив визначався такими подіями як війна за незалежність північноамериканських колоній, що почалася в 1775 р. і проголошенням незалежності США в 1776 р., створенням суспільства на основі приватної власності, федералізму, промисловим переворотом в Англії, початком якого стало винайдення парового двигуна і механічної прядки, що визначило економічний і військовий пріоритет Заходу в світовому масштабі, Великою Французькою революцією 1789–1794 рр. і офіційним проголошенням загальної політичної і юридичної рівності, затвердженням Британської колоніальної влади в Індії [736, с.56]. Ці переламні події привели до бурхливого розвитку фізики, метрології, механіки, які представлені роботами Л.Ейлера і Ж.Лагранжа. Необхідно зазначити, що значний спадок Л.Ейлера в галузі механіки і фізики ще не повністю досліджений. Ще до початку XIX ст. стали помітними наслідки використання наукових знань, поширилась можливість їх застосування. У найбільш розвинутих європейських країнах розпочався процес переходу від виробництва машин до виробництва їх самими машинами. В життя увійшли паровози, пароплави, металообробні верстати, сільськогосподарські машини тощо.

У 1762 р. Дж.Блек вивів поняття прихованої теплоти – теплоємності, вимірювання тепла, що необхідно для танення льоду та пароутворення. Вперше увагу на приховану теплоту плавлення звернув у 1755 р. Ж.Делюк. У 1770 р. Дж.Ватт запропонував одиницю потужності – кінську силу (76 кГм/с). У 1772 р. Й.Вільке виконав перші вимірювання теплоємності твердих тіл і визначив теплоту танення льоду, змішавши воду зі снігом. Визначив, що для перетворення 1 кг снігу у воду при 0°C потрібно 72 теплові одиниці. А.Лавуазьє та П.Лаплас тим самим методом довели (1775), що для цього необхідно 75 теплових одиниць. У 1783 р. А.Лавуазьє, П.Лаплас за допомогою сконструйованого ними льодяного калориметра визначили

питомі теплоємкості багатьох твердих тіл і рідин, а також ними було розроблено волосяний гігрометр (Х.Де Соссюр). У 1784 р. Ш.Кулон сконструював крутильні ваги, вийшов трактат Дж.Атвуда з механіки, в якому описано прилад для перевірки законів вільного падіння (машина Атвуда). У 1785 р. відбулося відкриття Ш.Кулоном закону електричної взаємодії, де коефіцієнт пропорційності залежить від системи одиниць, а також він сконструював магнітометр. У 1789 р. Інгенгуз дослідив теплопровідність металів як фізичну величину (див.додаток Б., табл.Б.3–Б.4) [266, с.28; 358, с.51].

До 1776 р. у Франції офіційною мірою довжини вважалась сажень Шателя. Назва походила від фортеці Ле Шатель (Париж), де в стіну було умуровано еталон довжини ще з часів Ю.Цезаря. Цей еталон був у вигляді залізного циркуля, між ніжками якого були дві паралельні грані. Між цими гранями повинна була точно входити сажень (туаз), яка дорівнювала 1,949 м. У кінці XVIII ст. Франція потребувала введення єдиної для всіх системи мір (див.додаток Б., табл.Б.3). В цей час перед вченими стояло питання вимірювання Землі, а через громадянську війну і нестачу грошей це стало неможливим. Тому вчені, астрономи Франції на чолі з П.С.Лапласом пов'язали наукову проблему з соціальним питанням створення такої системи. Частина земного меридіана пропонувалася для вибору міри довжини. Для цього було організовано експедиції, які виміряли відстань між містами Барселоною і Дюнкерком. У 1789 р. Генеральні штати Франції розглянули декілька проектів щодо реформи мір і ваги. Найбільшої прихильності отримав проект реформ міністра закордонних справ, єпископа Ш.М.Талейрана, який був розглянутий на Національних зборах Франції. У проекті реформ мір і ваги Ш.М.Талейрана (8 травня 1790 р.) пропонувалось та прийнято як одиницю довжини – секундний маятник з напівперіодом коливання на широті 45° , це не стало новизною, але метою було вивести реформу на міжнародний рівень і створити єдину систему мір для всіх держав.

3.3.2. Другий етап у розвитку класичної метрології (1791–1899).

У 1791 р. комісія Паризької академії наук на основі геодезичних вимірювань прийняла за одиницю довжини одну сорокомільйонну частку Паризького меридіана – метр (1795). Тоді ж у Франції прийнято закон про міри та ваги і запроваджено розроблену метричну систему мір, яка містила сукупність одиниць фізичних величин, в основу цієї системи покладено метр. Оскільки важко відтворити маятниковий еталон, через залежність вільного падіння від широти, у 1791 р. Французька Академія наук надала пропозицію визначити метр через меридіан. 26 березня 1791 р. Установчими зборами у Франції прийнято рекомендації Академії наук, що стало початком для проведення Міжнародної уніфікації фізичних величин. Контроль за мірами проводився духовними особами в релігійних установах, де зберігалися міри і ваги. Для уніфікації фізичних величин у Франції підготовлено і розроблено систему мір і ваги. Затверджена метрична система 7 квітня 1795 р. з використанням природних одиниць після прийняття Національним Конвентом закону про метричну систему. У Франції в 1791 р. Комісія Академії наук у складі Ж.Борда, Ж.Лагранжа, П.Лапласа, Г.Монжа, М.Кондорсе, А.Лавуазьє зайнялися визначенням одиниць маси і довжини, прийняла за одиницю довжини одну сорокамільйонну частину Паризького меридіана, названу в 1795 р. метром. Ідея взяття природної основної міри довжини (1670) належить французькому астроному, геологу Г.Мутону, що жив у Франції, де на той час феодали мали змогу користуватися власними мірами, тому питання про єдину систему мір стояло особливо гостро. За еталон одиниці маси було прийнято кілограм, який вираховано з маси кубічного дециметра чистої води при температурі $+4^{\circ}\text{C}$ при нормальному тиску. Прототип кілограму було виготовлено у 1799 р. Цей прототип – платинова гиря, маса якої на 0,028 г більше маси одного кубічного дециметра води. У 1872 р. Міжнародною метричною комісією замість природного еталона прийнято архівний метр як вихідну міру довжини. У 1795 р. у Франції запроваджено метричну систему мір (в Російській імперії прийнята з

1899 р. і як обов'язкова з 1918 р.). Це була сукупність пов'язаних між собою одиниць вимірювання, основою для яких стали метр і кілограм [456, с.157; 746, с.531]. У 1795 р. було виготовлено з латуні перший прототип еталону метра. Потім еталон метра виготовили на основі вимірювання частини меридіана в 1799 р. у вигляді платинової лінійки шириною 25 мм і товщиною 4 мм з відстанню між кінцями, що дорівнювала прийнятій одиниці довжини. Цей еталон отримав назву Архівний метр і був переданий на зберігання Національному архіву Франції [101; 204; 736, с. 84].

Важливе значення в історії метричної системи мір і ваги мав закон «Про нові міри та ваги» (Франція), прийнятий Національним конвентом 7 квітня 1795 р. Закон установлював основні одиниці: метр; ар – площа квадрата зі стороною 10 м (m); стер – міра об'єму для дров, що дорівнює 1 м³; літр – міра об'єму для рідинних і сипучих тіл, що дорівнює кубу хімічно чистої води з ребром 1/10 м; грам – маса хімічно чистої води в об'ємі куба з ребром 1/100 м, а також стандарти розмірів картин в живописі (див.додаток Б, табл.Б.3). Крім того, були введені десяткові кратні і часткові одиниці, утворенні за допомогою приставок (префіксів) від санти (сантиметр – 0,01 м, сантиграм – 0,01 г (g)) до міріа (міріаметр – 10000 м), було виготовлено тимчасовий латунний еталон метра. Ж.Деламбер і П.Мешен відновили роботи з вимірювання довжини дуги меридіана від Дюнкеркома до Барселони, розпочаті ще в 1792 р., але перервані після реорганізації тимчасової Комісії в кінці 1793 р. Роботи були закінчені до осені 1798 р [565, с.35]. У 1798 р. Г.Кавендіш за допомогою крутильної ваги виміряв гравітаційне тяжіння двох мас і визначив величину гравітаційної сталої, підтвердивши тим самим виваженість закону всесвітнього тяжіння та обчислив середню щільність Землі, одержавши значення 5,48 г/см³ щільності води (сучасне значення 5,52 г/см³) [746, с.531].

22 червня 1799 р. відбулось урочисте завершення роботи над метричною системою і пред'явлено остаточні прототипи метра, кілограма законодавчому корпусу, а потім передано їх до Національного архіву

Франції. З того часу ці прототипи іменуються архівними. Основна константа у вигляді розмірів Землі, правильність і точність форми якої не підлягали сумніву, прийшла на зміну штучних еталонів, які були на основі розмірів частин людського тіла. Національний конвент Франції визнав, що справа реформ мір як одне з благодіянь революції повинно бути доведено Республікою до кінця і було створено особливу тимчасову Комісію мір і ваги, але вже 4 листопада 1800 р. Наполеон наказом дав дозвіл на застосування старих назв для створених нових одиниць і це привело до безладу в системі мір, а до 1812 р. метрична система загубила і десятковий поділ. У нову систему було повернуто туаз, прирівняний до двох метрів і багато інших одиниць зі старими найменуваннями. Лише законом від 4 липня 1837 р. метрична система очистилася від нововведень Наполеона і була остаточно введена у Франції, а з 1 січня 1840 р. була затверджена [408].

У цей проміжок часу продовжувалися метрологічні пошуки. У 1800 р. Ж.Борда сконструював металевий термометр, 1803 р. Т.Юнг провів вимірювання довжини хвиль різного кольору і отримав для хвиль червоного кольору 0,7 мікрона, а для фіолетового 0,42 мікрона. Дж.Дальтон запровадив поняття атомної ваги хімічного елемента і склав першу таблицю атомної ваги хімічних елементів. У 1809 р. Ж.Біо було проведено вимірювання швидкості звуку в твердих тілах, а У.Волластон зробив віддзеркалений гоніометр для точного вимірювання кутів кристалів. У 1811 р. А.Авогадро розробив молекулярну гіпотезу будови речовини та вивів закон, відповідно до якого в рівних об'ємах речовини, однакової температурі і тиску міститься однакова кількість молекул (закон Авогадро) [309]. Цю кількість (число) називають сталою Авогадро, яка дорівнює $6,022045 \cdot 10^{23}$. У 1814 р. Й.Берцеліус опублікував таблицю атомної ваги 41 хімічного елемента, вивів позначення хімічних елементів. У 1821 р. Д.Араго і Ж.Біо визначили величину прискорення при вільному падінні – $9,80896 \text{ м/с}^2$ [746, с.535-536].

У 1822 р. А.Гумбольдт і Д.Араго виміряли швидкість звуку в повітрі та отримали величину 331,2 м/с (у 1825 р. для неї було отримано значення

332,77 м/с), у 1823 р. Й.Фраунгофер виміряв довжину хвилі деяких спектральних ліній, використовуючи дифракційну ґратку. В 1826 р. Г.Ом експериментально вивів закон електричного кола, який пов'язав силу струму в колі, його опір і напругу, а в 1827 р. ввів поняття електричної напруги, Ж.Колладон і Я.Штурм визначили швидкість звуку у воді, яка дорівнює 1435 м/с. У 1829 р. Ж.Бабіне запропонував довжину хвилі світла як еталон довжини. В 1830 р. П.Дюлонг зробив водяний калориметр, а Г.Ом виконав перші вимірювання електрорушійної сили джерела струму. В 1834 р. М.Фарадей побудував вольтметр. У 1840 р. Ч.Уїнстон побудував електричний годинник і в цьому ж році було сконструйовано тахеометр (Б.Донкін) і полярископ (Ф.Савар). У 1843 р. Ч.Уїнстон розробив спосіб вимірювання опору (міст Уїнстона), а Р.Бунзен сконструював фотометр. У 1845 р. Дж.Джоуль провів дослідження з визначення теплоємності рідин і першим використав диференційний метод у калориметрії для вимірювання теплоємності. Було визначено теплоємність як фізичну величину, яка характеризує кількість тепла, що отримує речовина з середовища для підвищення її температури на один градус [428; 667].

У 1848 р. У.Томсон ввів поняття абсолютної температури і шкали температур, а В.Вебер сконструював електродинамометр. У 1849 р. А.Фізо виміряв швидкість світла в лабораторних умовах за допомогою метода зубчатого колеса і отримав значення 313274,3 км/с. У 1850 р. виміряна швидкість світла за допомогою обертального дзеркала (Л.Фуко). Швидкість світла у воді, за даними Л.Фуко, становила $\frac{3}{4}$ від швидкості світла в повітрі. У 1851 р. У.Томсон висловив думку, що температура тіла пропорційна енергії молекулярного руху складових його елементарних частин і при температурі -273° (температура абсолютного нуля) цей рух припиняється. У 1860 р. В.Сіменс сконструював ртутний еталон опору. Всі ці відкриття визначили бурхливий розвиток метрології як науки і показали її подальші перспективи [571; 618; 736, с. 95-100].

У 1862 р. пройшли перші дослідження теплового розширення, А.Фізо розробив інтерференційний спектроскоп для вимірювання подовження зразка через теплове розширення. Таким чином виникла дилатометрія – галузь вимірювання, яка вивчає зміну розмірів тіла через зміну зовнішніх умов, в основному температури [13; 210]. У 1868 р. відбулося вимірювання А.Ангстромом довжини хвилі світла і введення одиниці довжини, яка дорівнює 10^{-8} см (1 ангстрем). Більш точні вимірювання провів у 1883 р. Г.Роуланд. У 1869 р. Е.Сіменс сконструював електричний пірометр, а у 1872 р. У.Томсон сконструював електричний лічильник. В цьому ж році за ініціативою Російської Академії наук створено Міжнародну метричну комісію. Враховуючи, що більш точні вимірювання меридіану приведуть до інших значень одиниці довжини, замість природного еталону прийнято Архівний метр як вихідну міру довжини. У 1875 р., 20 травня Міжнародна дипломатична конференція прийняла Метричну конвенцію з метричною системою, заснованою на метрі і кілограмі. Її підписали сімнадцять держав. На Конференції затвердили нові еталони метра. Виготовлено 31 еталон у вигляді бруса зі сплаву платини (90%) і іридію (10%). Еталон метра №6 дорівнював Архівному метру при 0°C і він був затверджений у 1889 р. на Генеральній конференції з мір і ваги як Міжнародний прототип метра, який і сьогодні зберігається у Міжнародному бюро мір і ваги [101]. З 1875 р. почали схилитися до ідеї стабільного металевого бруса як еталону одиниці довжини. У 1878–1882 рр. проходили експерименти А.Майкельсона з точного визначення швидкості світла 299910 ± 50 км/с. В 1881 р. У.Айртон і Дж.Перрі сконструювали електродинамічний ваттметр, а також було прийнято і запроваджено одиниці вимірювання фізичних величин, такі як ом, ампер, джоуль, вольт та інші. У 1883 р. вийшла праця Е.Маха «Механіка», в якій він критикував поняття абсолютного часу, простору і руху, ця критика класичної механіки стимулювала дослідження А.Ейнштейна [327; 330]. У 1889 р. О.Люммер і Е.Бродхун розробили чутливий фотометр, Ф.Хефнер-Альтенкс розробив еталонне джерело сили світла. В цей же період прийнято

прототип метра, яким став більш точно виготовлений металевий брусок з платини та іридію, виготовлено еталон кілограма зі сплаву платини і іридія як циліндр діаметром і висотою 39,17 мм. Еталон кілограму під трьома скляними ковпаками зберігається у Міжнародному бюро мір і ваги, але за кожні 100 років за різними причинами втрачає зі своєї маси $3 \cdot 10^{-8}$. За еталоном виготовлено приблизно 80 копій, дві з яких були відправлені в Росію, вони зберігаються у ВНДІМ ім. Д.І.Менделєєва. У 1893 р. Я.Сірксом започатковано інтерференційну мікроскопію. В 1895–1897 рр. Дж.Томсон започаткував атомну фізику. М.Д.Пильчиков і незалежно Н.Тесла (1899) здійснили перші дослідження з радіокерування, що можливо було зробити тільки завдяки високоточним вимірюванням [473; 769]. У цьому ж році Дж.Дьюар одержав твердий водень, Ш.Гійом відкрив сплави сталі – інвар та елінвар з малим коефіцієнтом теплового розширення (Нобелівська премія з фізики 1920 р.), використані в еталонному метрі, і такі металеві метри застосовувалися до 1960 р., коли в Міжнародній системі одиниць СІ міжнародний еталон довжини було визначено як 165076,73 довжини хвилі помаранчевої спектральної лінії криптону-86 [346, с.291–316]. Головною подією кінця ХІХ ст. стала запропонована М.Планком система одиниць вимірювання, в якій деякі фундаментальні фізичні сталі дорівнювали одиниці або фіксованому числу. Останні є сталими, що входять у рівняння, які описують фундаментальні фізичні закони і властивості матерії. В системі одиниць Планка було обрано c як швидкість світла, G як гравітаційну сталу і h як квант дії, як такі, що дорівнюють одиниці. Тоді планківські одиниці маси m_p , довжини l_p і часу t_p відповідно становлять [474–475; 625; 674, с. 582; 746, с.555–573]:

$$m_p = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г}; l_p = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ м}; t_p = 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ с.}$$

Ці одиниці використовуються в теоріях Великого об'єднання, космології, квантовій теорії гравітації. Вперше систему з цих сталих запропонував у 1874 р. Дж.Стоней, в 1928 р. Д.Хартрі висунув ідею системи атомних одиниць – m_e , e , h .

На основі метричної системи мір виникла низка систем одиниць фізичних одиниць. Так, К.Гаусс 1832 р. запропонував абсолютну систему одиниць, в якій за основні одиниці обрав міліметр, міліграмм, секунду (система ММС), 1875 р. К.Гауссом і Дж.Евереттом запропоновано систему на основі сантиметра, грама та секунди (СГС), у 1889 р. на Генеральній конференції з мір і ваги запропоновано систему з основними одиницями метр – кілограм – секунда (МКС). Міжнародного характеру метрична система мір набула в 1875 р., коли 17 країни, в тому числі Росія, підписали так звану метричну конвенцію для забезпечення єдності у вимірюваннях в міжнародному масштабі та удосконалення цієї системи. Засновано Міжнародне бюро та Міжнародний комітет з мір і ваги, почали скликатися Генеральні конференції з мір і ваги. Перша така конференція відбулася 1889 р., яка затвердила міжнародний прототип метра. До 2011 р. проведено 24 Генеральні конференції з мір і ваги (див. додаток Л).

Всі ці організаційні метрологічні заходи відбувалися на тлі бурхливого розвитку всіх галузей фізики, зокрема електромагнетизму та електродинаміки, термодинаміки й статистичної фізики, атомістики, оптичної спектроскопії. Виникли нові наукові напрями, відкрито чимало фізичних законів, зокрема закон збереження енергії, який об'єднав багато напрямів науки, ставши показником єдності сил природи, започатковано нову електродинамічну картину світу в основі з теорією електромагнітного поля Максвелла, створено чимало важливих для подальшого розвитку фізики й техніки інструментів та пристроїв. В результаті всі розділи фізики наприкінці ХІХ ст. являли собою взаємозв'язану систему, об'єднану механікою Ньютона та електродинамікою Максвелла – Лоренца, проте в ній почали виникати факти, які не можна було пояснити з засад усталених принципів і теорій класичної фізики. Ці революційні відкриття свідчили, що навколишній світ значно складніший за той, який уявлявся до цього вченим, і вимагає нових поглядів, пояснень та способів мислення. Відбувся перехід від

класичної фізики, яка все ж зберегла чимало своїх положень, до нової, некласичної, фізики, отже, і до нової картини світу.

3.3.2.1. Розробка наукових основ класичної метрології в ХІХ ст.

Пошуки більш обґрунтованих одиниць вимірювання почалися давно. В 1791 р. у Франції, виходячи з геодезичних вимірювань, була створена одиниця довжини «метр» як одна сорокамільйонна частина Паризького меридіана. У 1875 р. 17 держав, що взяли участь у Міжнародній дипломатичній конференції в Парижі підписали Метричну конвенцію, згодилися визнати одиниці кілограм і метр, почали схилитися до ідеї стабільного металевого бруска як еталона одиниці довжини. Метрична конвенція і створення Міжнародного бюро мір і ваги виявилися важливими віхами на шляху до прогресу. У 1889 р. прийнято еталоном удосконалений брусок довжиною 102 см зі стороною 20 мм зі сплаву платини та іридія, відомий як Міжнародний прототип метра [101]. У 1892 р. А. Майкельсон використав висококогерентну червону лінію кадмію в інтерферометрі і визначив довжину міжнародного прототипу метра в 1553164,13 її довжини хвилі і у 1907 р. за ці дослідження йому було присуджено Нобелівську премію за створення прецизійних оптичних інструментів [346, с.121–135].

Термометрія теж була включена в проблематику, яку вирішувало Міжнародне бюро мір і ваги, оскільки необхідно вимірювати температуру еталона метра, тому до кожного метра повинні були додаватися два термометри. Роботу з розробки таких термометрів провів Шапюї. Міжнародні еталони з вимірювання температури були прийняті у 1887 р., цим стандартом стала шкала водородного газового термометра з реперними точками танення льоду (0°C) і кипіння води (100°C). 1889 р. I Генеральною конференцією з мір і ваги затверджено рішення Міжнародного комітету з мір і ваги щодо цього питання [202, с.13–14; 481].

Визначною подією стала I Генеральна конференція з мір і ваги (1889), яка затвердила Міжнародний прототип метра, оскільки ця одиниця була визнана найбільш зручною у практичному використанні. На II Генеральній

конференції з мір і ваги (1895) на основі досліджень А.Майкельсона і Р.Бенуа, які було виконано у Міжнародному бюро мір і ваги, було визнано, що розміри метра можна визначити довжиною хвилі монохромного світла. Продовження цього дослідження в різних лабораторіях світу, довело можливість установити природній еталон довжини через світлові хвилі [101; 133].

3.3.2.2. Метрологічні норми і стандарти в ХІХ ст. У 1799 р. визначено прототипи метра, кілограма і передано їх до Національного архіву у Міжнародному бюро мір і ваги у Франції. За ініціативою В.Вебера створено першу, логічно побудовану систему одиниць сантиметр – грам – секунда (СГС), аналогічна система Лоренца-Хевісайда. Ці системи відрізняються вибором електричного заряду.

У 1809 р. К.Гаусс запропонував метод найменших квадратів для задач астрономії та геодезії. У 1829–1830 рр. сформулював принцип найменшої дії (принцип Гаусса), один з принципів механіки. К.Гаусс сформулював теорему електростатики, відповідно до якої потік вектора електричної індукції через замкнену поверхню пропорційний повному вільному заряду, що міститься всередині об'єму, охоплюваного цією поверхнею (теорема Гаусса). У 1832 р. К.Гаусс запропонував абсолютну систему мір, в якій за одиницю довжини було обрано міліметр, маси – міліграм, часу – секунду (ММС). У 1836 р. розробив математичну теорію земного магнетизму. У 1839 р. у своїй праці «Про сили, що діють обернено пропорційно квадрату відстані» заклав основи теорії потенціалу, у 1841 р. розробив теорію оптичних систем. В 1875 р. Дж.Еверетт запропонував нову абсолютну систему одиниць (на основі системи Гаусса), в якій основними одиницями були сантиметр, грам, секунда (СГС) [27–28; 746, с.535–546]. У 1875 р. було підписано Метричну конвенцію і засновано Міжнародне бюро мір і ваги. Міжнародний конгрес електриків у 1881 р. прийняв систему одиниць, в основі якої одиниці сантиметр, грам, секунда [102]. На I Генеральній

конференції з мір і ваги (1889) запропоновано до використання систему одиниць МКС.

В XVII ст. Х.Гюйгенс (Голландія) досліджував коливання маятника, створив маятниковий годинник. Іменно ці роботи Х.Гюйгенса дали базові дані французу Ж.Пікару для визначення довжини дуги земного меридіана відповідно до кутового градуса, датському астроному О.К.Рьомуеру для астрономічних спостережень і для прийняття за еталон довжини секундний маятник. У 1873 р. встановлено, що довжина секундного маятника прямо залежить від широти, тому від концепцій Ж.Пікара і О.К.Рьомуера відмовились [456, с. 179].

У 1840 р. у Франції була введена метрична система мір і ваги, значимість якої відмітив Д.І.Менделєєв і у 1867 р. на з'їзді руських природодослідників виступив з пропозицією підготувати метричну реформу в Росії. За ініціативою Д.І.Менделєєва Петербурзька академія наук запропонувала організувати Міжнародну організацію, для забезпечення єдності засобів вимірювання для всіх держав. Ця пропозиція отримала позитивний відгук і в 1875 р. на Міжнародній метрологічній конференції в Парижі прийнято Метричну конвенцію. В інших європейських державах введення Міжнародної метричної системи мало особливості, а саме: маленькі держави приймали нові міри швидше. Наприклад, Греція (1836), Іспанія (1849), Італія (1850), Німеччина (1872), Єгипет (1875) і т.д. Метрична система не була введена офіційно, але затверджена поряд з національними мірами: Англія (1864), США (1866), Росія (1899) [97, с.27]. В Японії метрична система використовується разом з національною. Традиційна японська система мір (сякканхо) походить з китайської, а за Імператорським законом 1891 р. встановлено співвідношення японської і метричної систем (див.додаток Б, табл.Б.7) [408; 570]. У Російській імперії пропозиція введення десяткового розподілу в слов'янських мірах була винесена ще за 50 років до затвердження метричної системи у Франції. Самостійне створення системи мір мало місце тільки у народів, які досягли високого ступеня

культури. З часом, такі системи мір цілком або частково були засвоєні іншими народами.

3.3.2.3. Міжнародна метрична конвенція 1875 р., її значення для розвитку наукової метрології. Ідея введення Міжнародної метричної системи виявилася плідною і 8 травня 1870 р. у Франції було прийнято Декрет про реформу системи мір і ваги. Паризька академія наук виконала для цього підготовчі роботи. Комісія академії, рекомендувала одну сорокамільйонну частину земного меридіана. Прийнята система була побудована на одиниці довжини метр. На основі метра були створені одиниці площі і об'єму, а саме: квадратний метр, кубічний метр, на основі кілограма, який був визначений як маса кубічного дециметра чистої води при температурі 4°C інші еталонні одиниці [571; 617].

Метрична конвенція була проведена в Парижі 1 березня 1875 р. у складі представників з 20 держав. За минулі роки в Міжнародному бюро виконано дослідження, які відіграли значну роль у становленні, розвитку метрології. З 34 платино-іридієвих еталонів було вибрано еталон № 6, який найбільше відповідав Архівному метру і його затверджено (1889) як міжнародний прототип метра. Перехід визначення метра від сорокамільйонної частки земного меридіану до міжнародного прототипу зі сплаву платини і іридія означало, що метр як природна міра перестав існувати і став умовною мірою. 31 еталон розподілили між країнами-замовниками, а інші залишилися в Міжнародному бюро як еталони-копії. Відбулося чотири засідання, на останньому з них 20 травня 1875 р. було підписано Метричну конвенцію, яка заснувала Міжнародне бюро мір і ваги [101; 149, с.54]. Прийнята конвенцією метрична система мір і ваги стала основою сучасної системи одиниць (SI). Одночасно було прийнято рішення про організацію Міжнародного бюро мір і ваги як Міжнародного метрологічного інституту. Для його розміщення уряд Франції виділив ділянку землі в Севрі біля Парижа (Бретеїський павільйон). Історія цього павільйону починалася з часів короля Людовіка XIV у 1672 р., коли

королівський інженер-архітектор Т.Гобер побудував у південній частині алеї дю Май парка Сен-Клу «Тріанон Сен-Клу». Павільйон не раз перебудовувався, а також змінював власників, серед яких були: герцог Орлеанський, барон де Бретей, княгиня М.Бонапарт (дружина князя О.Демидова), велика княгиня М.Романова. На початку XVIII ст. павільйон називався дю Май, у роки правління Наполеона Бонапарта – італійським павільйоном. У 1870 р., в останні місяці другої імперії, Наполеон III передав павільйон астрофізичній обсерваторії. Під час Франко-Пруської війни 1870–1871 рр., при осаді Парижу, Бретейський павільйон було сильно пошкоджено. Після капітального ремонту в 1875 р. французький уряд передав його міжнародній організації мір і ваги для Міжнародного бюро мір і ваги. Роботи з обладнання лабораторій зайняли чотири роки, і в 1879 р. Міжнародне бюро мір і ваги почало роботу [94; 319].

3.4. Аналіз історії становлення і розвитку квантової та прецизійної метрології в XX ст.

3.4.1. Період неklasичної метрології (1900–1924).

Формально перехід до неklasичної фізики (і метрології) датується 1900 р., коли М.Планк висунув ідею квантів енергії, яка, за словами В.Паулі, «означала повний розрив з законами класичної механіки та електродинаміки», і запровадив світову сталу h (в подальшому стала Планка — одна з фундаментальних фізичних сталих), започаткувавши тим самим квантову теорію і, взагалі, квантову фізику. В 1905 р. А.Ейнштейн поширив ідею квантів енергії на світло і дійшов висновку про дискретність його структури, вважаючи світло потоком частинок, названих згодом фотонами. Це було теоретичним передбаченням нової елементарної частинки — фотона γ , відкритої 1922 р. експериментально А.Комптоном. Гіпотеза фотонів ще відвертіше засвідчила відхід від класичних поглядів на матерію.

Того ж року А.Ейнштейн запропонував спеціальну теорію відносності з двома принципами в основі (спеціальним принципом відносності та сталості швидкості світла) — нову теорію простору й часу, докорінно відмінну від ньютонівської, яка з квантовою теорією Планка заклала підґрунтя нової, некласичної, фізики. При цьому швидкість світла – одна з фундаментальних фізичних сталих. Спеціальна теорія відносності переглянула ряд положень ньютонівської механіки та запровадила низку нових, зокрема відносність часу, довжини, одночасності подій, маси як міри енергоємності тіла на основі нового закону Ейнштейна про взаємозв'язок маси та енергії, а Г.Мінковський 1908 р. ввів у розгляд чотиривимірний континуум та надав спеціальній теорії відносності завершеної математичної форми.

Історія введення сталої Планка пов'язана з квантовою теорією. У 1900 р. у Парижі пройшов перший Міжнародний фізичний конгрес, у цьому ж році М.Планк увів поняття кванта енергії E , фундаментальної сталої (стала Планка) h і співвідношення $E=h\nu$, як фундаменту квантової теорії, де ν – частота. М.Планк, використовуючи квантову гіпотезу, вивів формулу розподілу енергії випромінювання абсолютно чорного тіла. Гіпотеза узгоджувалася з даними експерименту як у короткохвильовій, так і довгохвильовій ділянках спектра (і в неявному вигляді містилося поняття фотона). Використання фізичних фундаментальних сталих дозволяє наблизитися до найбільш точної системи основних фізичних одиниць. Систему природних одиниць вимірювання Планка називають Планківськими одиницями на основі швидкості світла, гравітаційної сталої і сталих теорії теплового випромінювання. Перший раз М.Планк згадав про одиниці вимірювання у доповіді 18 травня 1899 р. на засіданні Академії наук (Берлін), яке було присвячене теорії явищ теплового випромінювання. М.Планк сказав: «...Все до сих пор используемые системы единиц, в том числе так называемая абсолютная система: сантиметр-грамм-секунда, обязаны своим происхождением случайному стечению обстоятельств... В связи с этим представляло бы интерес заметить ее..., мы получаем

возможность установить единицы длины, массы, времени и температуры, которые не зависели бы от выбора каких-либо тел или веществ и обязательно сохраняли бы свое значение для всех времен и для всех культур, в том числе и внеземных... ..в качестве «естественных единиц измерений» [475, с. 232]. У зв'язку з законом тяжіння І.Ньютона і його універсальністю, в кінці ХІХ ст. гравітаційна стала мала вагоме значення. Дж.Максвелл, Дж.Стоні, М.Планк включили її разом зі швидкістю світла до своєї системи одиниць.

У 1901 р. пройшла ІІІ Генеральна конференція з мір і ваги, де було визначено міру літр, як об'єм 1 кг води при атмосферному тиску (760 мм ртутного стовпчика) та температурі найбільшої густини води (4° С). На цій Конференції прийнято визначення кілограма як одиниці маси Міжнародного прототипу кілограма. У цьому ж році італійський інженер Дж.Джорджи зробив спробу поєднати метричні одиниці виміру і одиниці, які використовувались у житті. Дж.Джорджи показав, що будь-яку одиницю виміру можливо додати до системи МКС, прийнятої у 1889 р. і отримати нову систему. Центральне місце в новій системі він відводив прикладним енергетичним одиницям – ватту, джоулю. Одиниця джоуль була прийнята у 1889 р. на ІІ Міжнародному конгресі електриків, як механічний еквівалент теплової, електричної енергії [133; 746, с.574]. На початку ХХ ст. інтенсивно використовували теплову енергію в техніці, тому дослідників ХІХ ст. змінили Якоб, Гріфітс та ін. Оскільки практичне вимірювання теплових властивостей речовин є найбільш важким завданням технічної фізики, з 1920-х рр. вимірювання теплопровідності увійшло до обов'язків державних метрологічних інститутів (США, Великобританія, Франція) [266; 358, с.49]. В 1902 р. вийшла праця А.Пуанкаре «Наука і гіпотеза», де було зроблено критичний аналіз відносного руху і виведено принцип відносності щодо абсолютного руху і часу. У 1904 р. А.Пуанкаре на Міжнародному конгресі мистецтва і науки в Сент-Луїсі (США) виклав принцип відносності [517; 746, с.577].

У 1906 р. М.Планк запропонував термін «теорія відносності» та поняття кванта дії: $\hbar = h/2\pi$, за що отримав у 1918 р. Нобелівську премію. Сьогодні планківська система одиниць включає наступні константи: \hbar - стала Дірака (стала Планка поділена на 2π); c - швидкість світла; G - гравітаційна стала; k - стала Больцмана; $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ - коефіцієнт пропорційності у законі Кулона, де ϵ_0 - електрична стала. З цих сталих виводяться планківські одиниці, а саме:

$$\text{Планківська маса} \quad M_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \cong 2,17651(13) \times 10^{-8} \text{ кг};$$

$$\text{Планківська довжина} \quad l_{Pl} = \frac{\hbar}{M_{Pl}c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \cong 1,616199(97) \times 10^{-35} \text{ м};$$

$$\text{Планківський час} \quad t_{Pl} = \frac{l_{Pl}}{c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \cong 5,39106(32) \times 10^{-44} \text{ с};$$

$$\text{Планківська температура} \quad T_{Pl} = \frac{M_{Pl}c^2}{k} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{k^2 G}} \cong 1,416833(85) \times 10^{32} \text{ К};$$

$$\text{Планківський заряд} \quad q_{Pl} = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \hbar c} = \sqrt{2ch\epsilon_0} = \frac{e}{\sqrt{\alpha}} \cong 1,8755459 \times 10^{-18}$$

Кулон;

$$\text{Планківська кутова частота} \quad \omega_p = \frac{1}{t_p} = \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} \approx 1,85487 \cdot 10^{43} \text{ с}^{-1},$$

де: e - елементарний електричний заряд, α - стала тонкої структури, \hbar - стала Планка [273; 308; 474-475; 623].

У 1907 р. А.Майкельсон отримав Нобелівську премію з фізики за створення прецизійних оптичних інструментів та виконання за допомогою їх метрологічних, спектроскопічних досліджень у 1880-х рр. [345-346], Ф.Еренгафт розробив метод вимірювання елементарного електричного заряду (заряду електрона), який застосований Р.Міллікеном у 1910–1914 рр. для точного визначення заряду електрона, виконано порівняння довжини

еталонного метра з довжиною світлової хвилі червоної лінії кадмію (А.Перо, Р.Бенуа, Ш.Фабрі), в цьому ж році пройшла IV Генеральна конференція з мір і ваги, де було запроваджено міру ваги коштовного каміння – карат, що дорівнювала 200 міліграмам. Засадами нового етапу розвитку методики і обладнання для вимірювання теплоємності стали праці В.Нернста у 1909–1911 рр. Роботи П.Дебая з теорії теплоємності твердих тіл у 1912 р. стали стимулятором для розвитку експериментальних методів і приладів вимірювання теплоємності [135; 180; 481; 667]. На V Генеральній конференції з мір і ваги у 1913 р. запроваджено міжнародну температурну шкалу, а на VI конференції у 1921 р. Міжнародна метрична конвенція 1875 р. була переглянута і перезатверджена [346].

І квантова теорія, і спеціальна теорія відносності змінили стиль мислення фізиків і відкрили новий період у розвитку фізики — період некласичної фізики, перший етап якої проходив під знаком ідей релятивізму й квантів. Поширивши спеціальну теорію відносності на неінерціальні системи, А.Ейнштейн побудував 1915 р. загальну теорію відносності, або нову теорію тяжіння. В основу її він поклав факт рівності гравітаційної маси інертній, перевірений експериментально ще в 1889 р. Р.Етвешем з точністю 10^{-9} , проте наповнивши його новим змістом, показавши тотожність сил інерції силам тяжіння (принцип еквівалентності Ейнштейна). Наступного року А.Ейнштейн показав, що з його теорії тяжіння можна вивести теорію гравітації Ньютона і передбачив існування гравітаційних хвиль. Спеціальна і загальна теорії відносності започаткували нову, релятивістську, картину світу.

На даному етапі активно розвивалися атомна та ядерна фізика, які зародилися наприкінці XIX ст. На основі експериментів з проходження альфа-частинок крізь тонкі шари речовини (досліди Гейгера – Марсдена) Е.Резерфорд відкрив 1911 р. в атомі ядро і побудував ядерну модель атома (модель атома Резерфорди), що зумовила також новий шлях розвитку квантової теорії. Невдовзі Е.Резерфорд обчислив розміри ядра, одержавши

значення $3 \cdot 10^{-12}$ см. Фізики проникли на новий рівень матерії — атомно-ядерний (10^{-8} – 10^{-12} см). В нових просторових, часових масштабах і вимірювання набули якісно нового характеру. Ще в 1908 р. Е.Резерфорд і його учень Г.Гейгер розробили новий метод визначення числа Авогадро для точнішого визначення атомних і молекулярних характеристик тіл. В 1910–1914 рр. Р.Міллікен провів серію експериментів з визначення заряду електрона методом масляних крапель. В 1914 р. він остаточно довів дискретність електричного заряду і з високим ступенем точності виміряв заряд електрона, тобто елементарний електричний заряд, який нині є однією з фундаментальних фізичних сталих, та остаточно довів, що електрон є елементарною частинкою, першою з відкритих в подальшому.

В 1913 р. Н.Бор запровадив у планетарну модель атома Резерфорда квантові ідеї, припустивши, що рух електронів в атомі квантується, тобто енергія самого атома також повинна бути квантованою (теорія атома Бора — перша квантова теорія атома). В основі його теорії воднеподібного атома лежали два квантові постулати: в атомі існують стійкі (стаціонарні) стани електронів, у яких атом не випромінює і не поглинає енергію (1-й постулат); атом випромінює або поглинає енергію тільки при переходах електронів (квантових переходах) з одного стаціонарного стану в інший (2-й постулат). Математично це записується так; $E_1 - E_2 = h\nu$, де E_1 і E_2 — значення енергії в стаціонарних станах, ν — частота випромінювання, h — стала Планка (або квант дії \hbar). Існування енергетичних рівнів в атомах доведено експериментами Франка – Герца в 1913–1914 рр. При цьому вперше безпосередньо була виміряна стала Планка. В подальшому, в процесі еволюції квантової теорії, в її математичних виразах завжди фігурувала h , зокрема в теорії тонкої структури воднеподібних атомів Зоммерфельда (1916) з сталою тонкої структури α , в побудованій у 1924–1925 рр. квантовій статистиці Бозе – Ейнштейна. Згодом α стала однією з важливих фундаментальних фізичних сталих, яка визначає не тільки величину тонкого

розщеплення енергії атома (на початковому етапі), але й інтенсивність електромагнітної взаємодії: $\alpha = e^2 / hc \approx 1/137$.

На цьому етапі змінився характер вимірювань в атомно-ядерних процесах і при низьких температурах, зокрема при водневих і гелієвих. В 1908 р. Г.Камерлінг-Оннес одержав рідкий гелій. В результаті було започатковано фізику низьких температур і розпочато широкий цикл досліджень при цих температурах і, як наслідок, відкрито чимало цікавих і принципово нових ефектів з використанням низькотемпературних вимірювань. Зокрема, в 1911 р. Г.Камерлінг-Оннес і Г.Холст на основі вимірювань залежності електричного опору від температури встановили зникнення його у ртуті при температурі 4,19К — відкриття явища надпровідності, яке дістало широкого практичного використання. У 1919 р. Е.Резерфордом було отримано розміри ядра 10^{-12} см., а у 1920 р. О.Штерном проведено пряме вимірювання швидкості молекул [16; 746, с.590-598].

В 1924 р. М.Борн у статті «Про квантову механіку» вивів поняття «квантова механіка», Г.Камерлінг-Оннес і Дж.Бокс виконали точні вимірювання залежності густини рідкого гелію від температури і знайшли її максимум [80]. Е.Епплтон відкрив провідний шар у верхній частині земної атмосфери на висоті приблизно 90 км – іоносферу. В цьому ж році М.Сігбан отримав Нобелівську премію з фізики за дослідження і відкриття в галузі рентгенівської спектроскопії [346].

На протилежному фланзі досліджень — макросвіті, його просторових масштабів, з використанням спектроскопічних вимірювань червоних зміщень у спектрах далеких небесних тіл Е.Хабблом у 1924 р. відкрито галактики, тобто — Метагалактику. Отже, на розглядуваному етапі було показано значення вимірювань як у мікро-, так і у мегасвіті та доведено фундаментальний характер таких фізичних констант, як h , e^- , α , c .

3.4.2. Етап квантово-ядерної метрології (1925–1946).

Другий етап некласичної (квантово-ядерної) фізики, отже, і метрології, починається зі створення квантової механіки в її матричній (В.Гейзенберг, 1925 р.) та хвильовій (Е.Шредінгер, 1926 р.) формах як теорій описання атомних (квантових) явищ, а також двох принципів — невизначеності (В.Гейзенберг, 1927 р.) та доповняльності (Н.Бор, 1927 р.), важливих як для квантової механіки, так і фізики в цілому [28; 79, Т.2, с.30–53; 80]. Принцип невизначеності робить неможливим застосування до мікросвіту класичних уявлень. Тут внаслідок вимірювань неможна одночасно точно визначити координати та швидкість, наприклад електрона в атомі. Іншими словами цим принципом встановлювалася межа точності в одночасному визначенні канонічно-спряжених характеристик квантової системи, тобто обмеження на експериментально досяжну точність вимірювання параметрів квантових об'єктів, зумовлене невідповідністю приладів класичної фізики вимірюванням на квантових рівнях.

Відразу квантова механіка почала використовуватися для пояснення багатьох атомних і ядерних явищ мікросвіту, при побудові різних теорій у різних галузях фізики. Так, було розроблено квантові теорії металів і напівпровідників, магнетизму, теорії тунельного ефекту та альфа-розпаду атомних ядер, надплинності гелію II, започатковано квантову електродинаміку, квантову теорію поля, теорію елементарних частинок тощо.

Визначною подією стала VII Генеральна конференція з мір і ваги у 1927 р., на якій було затверджено визначення метра, що діяло до XI Конференції 1960 р., а також створено консультативний комітет для створення електричних еталонів і впроваджена практична Міжнародна температурна шкала. Одиниця довжини метр визначалася як відстань між двома середніми штрихами на платино-іридієвому бруску при температурі 0°C та нормальному атмосферному тиску. Цей брусок було прийнято як прототип метра на I Генеральній конференції з мір і ваги, як показано в

табл.5.1 (див.додаток Л). На Генеральній конференції 1927 р. було узаконено співвідношення метра і довжини світлової хвилі, а також прийнято, що метр дорівнює 1553164,13 довжини хвиль червоної лінії кадмію [101; 133; 481].

В Мегасвіті в 1929 р. перевідкрито явище, важливе для розуміння будови Всесвіту в цілому. Використовуючи виміряні червоні зміщення в спектрах далеких галактик і відстані до них, виміряні з астрономічних спостережень, Е.Хаббл встановив прямо пропорційну залежність швидкості їх віддалення v відстані r до них (закон Хаббла): $v=Hr$, тут H — стала Хаббла. Ефект свідчив про розширення Всесвіту, а величина, обернена H , визначала його вік. В такій бурхливо змінювальній галузі фізики, як ядерна, необхідні були високоточні вимірювання, пов'язані з ядерними реакціями, вимірюванням ядерних характеристик, визначенням чистоти різних ядерних матеріалів, їх кількості. Це уможливило вже в 1942 р. створення першого ядерного реактора і в 1945 р. перших атомних бомб. Тут було також встановлено нові «радіоактивні» та «ядерні» одиниці вимірювання: 1 рентген, 1 кюрі, 1 бекерель, 1 фермі, 1 барн, 1 грей, 1 бер, 1 зіверт, 1 рад, 1 резерфорд.

Було розроблено потужні засоби експерименту. У 1931 р. Е.Лоуренсом, М.Лінгвістоном побудовано циклотрон, концепцію якого було висловлено ще в 1927 р. М.Штеєнбеком (перший циклотрон в Європі (СРСР, Ленінград) було зроблено в 1936 р. Л.В.Мисовським) [27; 262; 736, с. 216]. Винайдено електронний мікроскоп (М.Кноль, Е.Руска, 1931 р.), радіотелескоп (К.Янський, 1931 р.), побудовано перші прискорювачі заряджених частинок (1931), розроблено (1937–1939) метод атомних і молекулярних резонансних пучків та розпочато прецизійні вимірювання ядерних моментів і надтонкої структури, зокрема виміряні магнітні моменти протона та нейтрона, що започаткувало радіоспектроскопію (І.Рабі), стали до ладу перші цифрові електронні обчислювальні машини (1944). У 1933 р. на VIII Генеральній конференції з мір і ваги піднімалися питання щодо необхідності прийняття абсолютної електричної величини. У 1937 р. Міжнародний комітет з мір і

ваги запровадив Консультативний комітет з термометрії для подальшого удосконалення Міжнародної температурної шкали [481; 746, с.611–623]. З 1940-х рр. відбулася революція в вимірюваннях, оскільки для вимірювання швидкості світла застосовували високоточні радіометри [633, с.81]. Протягом 1926–1946 рр. остаточно сформувалася квантова фізика (і квантова метрологія) та квантово-релятивістська картина світу.

3.4.3. Етап становлення експериментальної квантової метрології (1947–1959).

Розвиток експериментальної фізики вплинув на розвиток метрології, метою якої було збільшення точності еталонів. Відкриття у ХХ ст. квантових ефектів, а саме: ефект Джозефсона, квантового ефекту Холла, квантування магнітного потоку, привели до більш точної процедури вимірювання. Результатом цього став розвиток квантової метрології і перехід від еталонів з відносною точністю до еталонів з абсолютною точністю.

Другий етап квантової метрології відкривається відомим дослідом Лемба – Різерфорда 1947 р. з відкриття тонкої структури атома водню, в якому виміряна різниця енергетичних рівнів $2S_{1/2}$ і $2P_{1/2}$ атома – так званий лембівський зсув [746] (Нобелівська премія з фізики 1955 р.). Вперше було проведено вимірювання на квантовому рівні, що знаменувало зародження експериментальної квантової метрології. Водночас таке розщеплення дуплету тонкої структури було прямим вимірюванням сталої тонкої структури α . Через місяць потому лембівський зсув теоретично обчислив Г.Бете, результат якого добре збігся з експериментальним значенням У.Лемба і Р.Різерфорда. У 1948 р. пройшла ІХ Генеральна конференція з мір і ваги, на якій втілилися ідеї Дж.Джорджи щодо розробки і впровадження нової системи вимірювання, до якої входили метр, кілограм, секунда, ампер (МКСА). Спочатку концепцію Дж.Джорджи було прийнято Міжнародним комітетом мір і ваги у 1946 р., а затверджено на конференції. Міра ампер була обрана як практична одиниця сили струму. Тоді ж була переглянута Міжнародна температурна шкала з встановленням більш точної межі

використання платинового термометра, яка була затверджена на XI Генеральній конференції з мір і ваги [133; 481].

До теплофізичних вимірювань відноситься калориметрія як метод вимірювання теплових ефектів, що супроводжують фізичні, хімічні, біологічні процеси. Одиниця вимірювання тепла – калорія (до 1963 р.). Термін калорія вперше вивів А.Лавуазьє у XVIII ст [261, с.105; 570, с.84]. Тепло є однією зі складових енергії, закон збереження енергії є основою вимірювання усіх видів енергії в тій самій одиниці. У 1929 р. на I Міжнародній конференції з властивостей води і пари було введено міжнародну кілокалорію (Ккал), як $1/861,1$ міжнародної кіловат години (кВт.год). У 1948 р. на IX Генеральній конференції з мір і ваги за одиницю тепла прийнято джоуль. У 1954–1956 рр. на Міжнародних конференціях з властивостей води і пари підтвердили перехід від калорії до абсолютного джоуля. В 1934 р. Міжнародна термохімічна комісія прийняла за одиницю енергії умовну калорію, що дорівнює 4,1833 міжнародного джоуля. Після переходу з 1948 р. на абсолютну систему електричних одиниць, одна умовна калорія дорівнювала 4,1840 абсолютного джоуля. Після переходу на Міжнародну систему одиниць, розмір умовної калорії не змінився і сьогодні її визначають як термохімічну (4,1840 Дж) [127; 155; 296; 354].

В 1947–1948 рр. П.Каш і Г.Фолі виміряли ще один квантовий ефект – аномальний магнітний момент електрона [347] (Нобелівська премія з фізики 1955 р.). Обчислений Ю.Швінгером теоретично (1948) цей момент узгоджувався з одержаним на досліді П.Кашем і Г.Фолі. Наведені два експерименти добре підтверджували створену в 1946–1949 рр. сучасну квантову електродинаміку – теорію електромагнітних процесів.

В 1955 р. сконструйовано атомний стандарт частоти на пучку атомів цезію (Л.Ессен) – цезієвий атомний годинник. Квантові генератори та підсилувачі як високоточні прилади почали використовуватися і в метрології. Наприклад, одиниця часу (секунда) відтворюється саме квантовим цезієвим еталоном частоти, одиниця сили струму (ампер) —

вимірюванням магнітної індукції методом ядерного магнітного резонансу. В результаті виникли квантові еталони. На цьому етапі розроблено й чутливий метод дослідження – резонансну гамма-спектроскопію, що ґрунтується на ефекті Мессбауера, відкритому в 1958 р. німецьким фізиком Р.Мессбауером [347] (Нобелівська премія з фізики 1961 р.).

В 1959 р. Р.Фейнман висунув ідею нанотехнологій [647], які нині дістали широкого застосування. Нові явища відкриті фізиками і побудовані на їх основі високочутливі прилади, як правило, забезпечували вищу точність вимірювань, а одержання високоякісних матеріалів для нової техніки, зокрема високої чистоти, для потреб транзисторної електроніки, ядерної енергетики, ракетно-космічної техніки слугували забезпеченню високого рівня науково-технічного прогресу.

3.4.4. Етап розвитку прецизійної метрології (1960–1982).

Наступний, третій етап квантової метрології починається 1960 р., коли винайдено перші оптичні квантові генератори — джерела когерентного світла високої монохроматичності, спрямованості та інтенсивності, які зробили справжній переворот у науці та техніці, та прийнято XI Генеральною конференцією з мір і ваги Міжнародну систему одиниць (СІ) (див.додаток Б., табл.Б.8). Так, 1960 р. Т.Мейман сконструював перший твердотільний лазер на кристалі рубіна в якості активного середовища, що випромінював когерентне видиме світло на хвилі 0,7 мкм, а А.Джаван з колегами побудував газовий (гелій-неоновий) лазер, який випромінював у близькій інфрачервоній ділянці на хвилі 1,15 мкм. Тоді ж Н.Рамзеєм створено квантовий генератор на пучку атомів водню, який дістав широкого застосування в метрології, зокрема в прецизійній спектроскопії, атомних годинниках і стандартах частоти [746, с.684–687].

У 1967 р. на XIII Генеральній конференції з мір і ваги прийшли до висновку, що одиниці довжини і часу краще визначати на основі спектроскопії, тому прийнято, що 9192631770 періодів випромінювання при переході між двома рівнями основного стану атому цезія-133 є визначенням

секунди. Для механічних дій достатньо трьох величин: метра, кілограма, секунди, для електромагнітної теорії необхідні ще величини заряду і швидкості світла, а для опису атомних явищ важливе значення має розрахунок сталої Планка [133; 746, с.730]. Було прийнято ще одну основну одиницю для Міжнародної системи СІ – кельвін. Це одиниця термодинамічної температури потрійної точки води (XIII Генеральна конференція з мір і ваги у 1967 р. Резолюція 4) [648, Т.2, с.511]. Уточнено одиницю часу, прийнято секунду (атомну) як час, який дорівнює 9192631770 періодам електромагнітних коливань, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями загального стану атома цезія-133 (Резолюція 1) [650, с.91].

В 1962–1963 рр. передбачено і відкрито нестационарний ефект Джозефсона, важливий для створення квантових еталонів. В 1962 р. англійський фізик Б.Джозефсон довів можливість тунелювання електронів та електронних пар через тонкий шар ізолятора між двома надпровідниками і передбачив при цьому низку супроводжуваних ефектів [347] (Нобелівська премія з фізики 1973 р.). Так, він показав, якщо до контакту з двох слабо зв'язаних надпровідників прикласти напругу V , то через нього потече надпровідний струм частоти $\nu = 2eV/\hbar$ (нестационарний ефект Джозефсона, відкритий 1964 р.). Невдовзі на ефектах Джозефсона було створено надпровідні високочутливі вольтметри, магнітометри, інтерферометри, детектори інфрачервоного випромінювання тощо. На основі нестационарного ефекту Джозефсона розроблено квантовий еталон, що відтворює одиницю напруги — 1 вольт (справедливість співвідношення $\nu = 2eV/\hbar$ перевірено в 1968 р. Дж. Кларком). В 1969 р. з використанням нестационарного ефекту Джозефсона з точністю $1,9 \cdot 10^{-6}$ виміряна стала тонкої структури α та виконано аналіз фундаментальних фізичних сталих [746].

У 1969 р. Б.Тейлор, У.Паркер і Д.Лангенберг, використовуючи нестационарний ефект Джозефсона, з високим ступенем точності ($1,9 \cdot 10^{-6}$) визначили сталу тонкої структури, що дорівнює $137,03608 \pm 0,00026$ і провели загальний аналіз фундаментальних фізичних сталих, що дало можливість

встановити нову систему фізичних одиниць. Вони визначили, що однією з найбільш важливих і точних фізичних теорій є квантова електродинаміка, яка описує взаємодію між електронами, мюонами і фотонами. Оскільки параметром взаємодії в теорії є стала тонкої структури, її точне числове значення важливо для порівняння передбачень квантової електродинаміки і результатів експерименту [623, с.14]. Ці дослідження вплинули на розвиток квантової метрології, оскільки проблема визначення одиниць, їх підтримки до переходу на природні еталони тісно пов'язана з фундаментальними сталими.

В 1963 р. американський фізик С.Шапіро виявив на вольт-амперній характеристиці джозефсонівського переходу сходинки сталої напруги, що уможливило розробку методу прямого вимірювання e/h з високою точністю. В 1970 р. з допомогою електронного мікроскопа високої роздільної здатності спостерігали окремі атоми (та сфотографували атоми урану й торію). В 1981 р. розроблено новий метод дослідження поверхні твердих тіл — скануючу тунельну мікроскопію та створено скануючий тунельний мікроскоп [746], на якому 1982 р. одержали атомне розрізнення (Нобелівська премія з фізики 1986 р.). В 1976 р. проведено перше пряме вимірювання швидкості нейтрону, яка з точністю до 0,05% збіглася з швидкістю світла. Одержавши в своє розпорядження потужне спрямоване світло від лазерів, фізики створили нові види спектроскопії, які надалі розвивалися. Застосування лазерної спектроскопії розширилися, коли у 1970–1971 рр. Т.Хьонш і К.Борде незалежно розробили метод лазерної спектроскопії насичення, вільний від доплерівського розширення. Т.Хьонш удосконалив вимірювання довжини хвилі лінії і сталої Рідберга. В 1976 р. Т.Хьонш і К.Віман розробили метод поляризаційної спектроскопії (Нобелівська премія з фізики у 2005 р. — Т.Хьонш, Дж.Холл). Невдовзі це привело до створення прецизійної лазерної спектроскопії [668; 672]. Високоточні вимірювання пов'язані з лазерною спектроскопією.

Класична спектроскопія атома водню через сильне доплерівське розширення спектральних ліній дозволяла проводити вимірювання з точністю 10^{-7} . У 1999 р. розроблено метод оптичного частотного гребінця – когерентного ансамблю спектральних ліній, частоти яких визначаються формулою [668; 672]. Оптичний частотний гребінець формується фемтосекундним лазером з синхронізованими методами і за висловом Т.Хьонша: «...Фемтосекундні частотні гребінці вже встигли стати стандартним інструментом високоточної спектроскопії та оптичної метрології...» [668, с.1369].

В 1971 р. організовано Європейський комітет стандартизації у галузі електротехніки. На XIV Генеральній конференції з мір і ваги (1971) було внесено зміни до Міжнародної метричної системи СІ, а саме: нові одиниці виміру моль (основні), паскаль і сіменс (похідні). Визначено число Авогадро як число структурних елементів (атомів, молекул, іонів) в одиниці кількості речовини (в одному молі). Названа ця постійна на честь А.Авогадро і за її допомогою визначаються сталі Больцмана, Фарадея [650, с.8]. У 1973 р. показано з точністю до $3,5 \cdot 10^{-9}$, що швидкість світла є сталою величиною (Р.Баргер, Дж.Холл) [24; 133; 295].

У 1975–1976 рр. відбулося спостереження квантово-механічного зсуву фази хвильової функції нейтрона (А.Оверхаузер), що підтвердило принцип еквівалентності на квантовому рівні. На XV Генеральній конференції з мір і ваги (1975) було прийнято приставки пета- (10^{15}) і екса- (10^{18}), а також нові одиниці іонізуючі опромінення: грей (поглинаюча доза опромінення) та бекерель (активність нукліду ізотопу) [533]. У 1976 р. прийнято Тимчасову температурну шкалу для зниження похибки Міжнародної практичної температурної шкали. У 1979 р. на XVI Генеральній конференції з мір і ваги прийнято нову одиницю вимірювання сили світла джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою 5401012 Гц (Резолюція 3) [650, с.677]. Важливим стало прийняття Британського стандарту промислової продукції BSI 5750 як першої редакції стандарту ISO9000 (1987). Друга

редакція включала 24 стандарти (1994). Третя редакція ISO 2000 р. складається з ISO9000, ISO9001, ISO9004. У 1981 р. розроблено новий метод вивчення поверхні твердих тіл – скануючу тунельну мікроскопію і побудовано скануючий тунельний мікроскоп (Г.Бінніг, Г.Рорер). Ідею висунули вони ж в 1978 р., а в 1982 р. одержали на цьому мікроскопі атомне розрізнення. У 1981 р. Нобелівські премії з фізики отримали Н.Бломберген і А.Шавлов за визначний внесок у лазерну спектроскопію і К.Сігбан за розвиток електронної спектроскопії у 1960–1970-х рр [347].

Розроблювані нові методи і технології, створення штучних матеріалів з наперед заданими властивостями дозволили збагатити експериментальну базу фізики та відкрити чимало нових ефектів. Так, в 1980 р. К.фон Клітцінг, досліджуючи ефект Холла у двовимірній металевій електронній системі, вміщеній у сильне магнітне поле, виявив квантування холлівського опору (цілочисловий квантовий ефект Холла) [746] (Нобелівська премія з фізики 1985 р.). Ефект було використано в квантовому еталоні одиниці електричного опору, яку названо клітцінгом.

3.4.5. Етап новітньої прецизійної метрології з 1983 р. до сьогодні.

Наступний етап квантової метрології, який в нашій періодизації починається 1983 р., можна назвати етапом новітньої метрології, на якому завдяки бурхливому розвитку експериментальної фізики відкрито багато якісно нових фізичних ефектів, які використано для створення нових високоточних, прецизійних, методів вимірювання та відповідних приладів квантових еталонів з метою перевизначення низки одиниць фізичних величин. Зокрема, в 1998–1999 рр. Г.Хьонш і Дж.Холл незалежно розробили метод оптичних частотних гребінців (Нобелівська премія з фізики 2005 р.), який широко використовується в прецизійній лазерній спектроскопії та оптичній метрології. Завдяки йому було значно спрощено вимірювання оптичних частот і підвищено точність. Це дало підставу Дж.Холлу сказати в своїй Нобелівській лекції: «Можна... уподібнити розквіт оптики, що стався, вибуху» [347, с. 1354].

Першим кроком на шляху до переходу від еталонів з відносною точністю до еталонів з абсолютною точністю на основі квантових еталонів було зроблено в 1983 р., коли практичне значення швидкості світла було прийнято як точне. За допомогою лазерів обчислено швидкість світла $c=299792458$ м/с, де секунда визначалася цезієвим годинником і у 1983 р. на XVII Генеральній конференції з мір і ваги прийнято оновлену Міжнародну систему одиниць СІ, нове визначення метра як довжини шляху, яку проходить світло в вакуумі за $1/299792458$ с, як показано в табл.6.2 (див.додаток Б, табл.Б.8) [672]. Також було переформульовано визначення деяких додаткових одиниць системи СІ, наприклад, прийнято нову одиницю опору (Ом). Ом – це одиниця вимірювання опору електричного, що названа на честь німецького фізика Г.Ома [650, с.485]. Нова одиниця вимірювання тиску Паскаль, названа на честь французького вченого Б.Паскаля. 1 паскаль дорівнює тиску, який створюється силою в 1 Ньютон, що рівномірно розподілена на поверхні площею 1 м^2 , $1 \text{ Па}=1 \text{ Н/м}^2$ [650, с.522].

З нових методів керування матерією можна назвати лазерне охолодження та лазерне полонення, які дають можливість значно зменшити негативний вплив теплового руху атомів та іонів при дослідженні різних «тонких» ефектів, а «можливість спостерігати поодинокі полонені частинки робить доступними якісно нові атомні вимірювання», зазначав В.Пауль — лауреат Нобелівської премії з фізики 1989 р. за розвиток техніки іонних пасток спільно з Г.Демельтом. В 1988–1989 рр. три групи фізиків на чолі з С.Чу, У.Філіпсом і К.Коеном-Таннуджі завершили розробку методів лазерного охолодження та полонення атомів за допомогою лазерних пасток [746] (Нобелівська премія з фізики 1997 р.). З кінця ХХ ст. французький фізик С.Арош і незалежно американський фізик Д.Вайнленд займалися окремими квантовими етапами (Нобелівська премія з фізики 2012 р.), що уможливило створення 2010 р. нового стандарту частоти — оптичного годинника з точністю 10^{-17} . Підвищення точності вимірювань швидкості світла (нині його значення вважається точним) зумовило прийняття 1983 р.

нового визначення метра як відстані, яку проходить у вакуумі відповідна світлова хвиля $\frac{1}{c}$ частку секунди. Уточнено й інші одиниці фізичних величин. Також було проведено уточнення значень фундаментальних фізичних сталих, важливе для метрології (Е.Коен, Б.Тейлор, 1986 р.). У 1987 р. на XVIII Генеральній конференції з мір і ваги піднімалися питання щодо альтернативних визначень ампера і кілограма. Одиницю-еталон кілограма, у 2004 р. було прийнято 8 країнами, новий еталон виготовлений з чистого кремнію, склад якого на 99,99% складається з ізотопу кремнія-28. У 1987 р. у Ліверморській лабораторії створено рентгенівський лазер (Т.Лі, Е.Мак-Леан, Р.Елтон, К.Скіннер). У 1988 р. організовано Європейський інститут стандартизації електрозв'язку. У 1989 р. фірма Novell реалізувала першу програму сертифікації фахівців Certified Novell Engineer. На навколоземну орбіту, близьку до колової, висотою приблизно 569 км виведено (24 квітня) космічний телескоп «Хаббл» з діаметром головного дзеркала 2,4 м для повномасштабних досліджень космосу. Міжнародним комітетом з мір і ваги прийнято Міжнародну температурну шкалу 1990 р., яка була впроваджена замість Тимчасової температурної шкали 1976 р [8].

У 1989 р. Н.Рамзей отримав Нобелівську премію з фізики за розробку високоточних методів спектроскопії молекулярних пучків, зокрема методу просторово рознесених резонаторів, що привело до створення цезієвого атомного годинника та водневого мазера у 1956–1960 рр. У 1991 р. на XIX Генеральній конференції з мір і ваги прийнято нові приставки до одиниць виміру, а саме: йокто-, цепто-, зета-. У 1993 р. створено фонтанний цезієвий годинник, точність якого вища за 10^{-15} [347]. 1994–1996 рр. характеризуються тим, що Ж.І.Алфьоров та інші одержали однорідні масивні тривимірні квантові точки. У 1995 р. на XX Генеральній конференції з мір і ваги допоміжні одиниці виміру радіан і стерадіан були введені до метричної системи СІ (див.додаток С). Радіан – плоский кут між двома радіусами круга, довжина дуги між якими дорівнює радіусу. Стерадіан дорівнює тілесному куту з вершиною у центрі сфери, що вирізає на її поверхні площу, яка

дорівнює площі квадрата зі стороною рівною радіусу сфери. Телескоп «Хаббл» дослідив ділянку неба в одну тридцятимільйонну від площі всього неба, яка містила кілька тисяч тьмяних галактик. Порівняння дослідженої ділянки з іншою, розміщеною в іншій частині неба, підтвердило ізотропність Всесвіту. У 1999 р. на XXI Генеральній конференції з мір і ваги у систему СІ була введена нова одиниця вимірювання каталізатора катал, яка дорівнює 1 молю за секунду для визначення каталітичної діяльності. В 2001 р. зроблено атомний наноскоп, який дав можливість спостерігати окремі атоми (А.Стейн та ін.). У 2003 р. на XXII Генеральній конференції з мір і ваги піднімалися питання щодо полегшення сприйняття символів, для цього було вирішено не вставляти коми, крапки та інтервали в номери (Україна стала асоційованим членом Конференції з 2002 р.). Основними одиницями Міжнародної системи одиниць на сьогоднішній день прийнято: довжину (метр), масу (кілограм), час (секунда), силу електричного току (ампер), температуру (кельвін), силу світла (кандела), кількість речовини (моль). Додатковими одиницями обрано: плоский кут (радіан) і тілесний кут (стерадіан). Похідні одиниці поділено на: просторово-часові, механічні, електричні та магнітні, теплові, світлові, акустичні, іонізуючі опромінення. На цій конференції затверджено нові одиниці виміру, такі як люмен (світловий потік), герц (частота періодичності процесу), люкс (освітленість), тесла (магнітна індукція), а також затверджено приставки піко - (10^{-12}), нано - (10^{-9}), мікро - (10^{-6}), мега - (10^6), гіга - (10^9), тера - (10^{12}) тощо (див.додаток Б, табл.Б.8) [250; 533].

У 2004 р. телескоп «Хаббл» одержав перші зображення протогалактик та перших згустків матерії. У 2005 р. Дж.Холл і Т.Хьонш отримали Нобелівську премію за розвиток прецизійної лазерної спектроскопії (розробки 1980-х – 1990-х рр.), а також було зареєстровано утворення чорної діри при зіткненні двох нейтронних зорь на відстані 2,2 млрд. світлового року від Землі [347]. «Таке взаємопроникнення квантової фізики і метрології стало гарячою темою в останній час, – пише Дж.Холл. – Чудові успіхи метрології разом з досягненнями космології та астрономії підтримують і

мотивують наше прагнення розібратися, чи точні ті величини, якими ми користуємося для описання фізичного світу» [672, с.1355].

У 2007 р. на XXIII Генеральній конференції з мір і ваги піднято питання перегляду одиниці виміру кельвін (К), у конференції прийняло участь 44 держави і 19 асоційованих членів в т.ч. Україна. У 2010 р. в Національному інституті стандартів і технологій в Боулдері (США) здійснено вимірювання релятивістського ефекту уповільнення часу. На основі досліджень, виконаних телескопом «Хаббл», одержано з точністю 3,3% значення сталої Хаббла $H=73,8\pm 2,4 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\text{Мпк}^{-1}$. На XXIV Генеральній конференції з мір і ваги прийняло участь 55 держав і розглядалося питання про перегляд основних одиниць Міжнародної метричної системи СІ відносно сталої Планка [133; 481; 746, с.734-736].

3.4.6. Характеристика основних систем одиниць вимірювання, діяльності метрологічних закладів, законодавча база метрології.

Природна система одиниць спочатку використовувалася в небесній механіці. Ця астрономічна система одиниць заснована на виборі для закону всесвітнього тяжіння коефіцієнта, який дорівнює одиниці. Постійна тяжіння введена в цей закон у Франції в 1790-х рр. під час переходу до єдиної системи мір. У 1832 р. К.Ф.Гаусс, а потім Г.А.Лоренц і О.Хевісайд запропонували абсолютну систему одиниць, де використовувались міліметр, міліграм, секунда (система Лоренца-Хевісайда). В цих системах зводилися електричні, магнітні, гравітаційні одиниці до трьох основних механічних одиниць з вибором для відповідних законів коефіцієнта, що дорівнює одиниці. Система Лоренца-Хевісайда стала раціоналізованою системою Гаусса, де в закон Кулона, інші закони магнетизму вводився множник $1/4\pi$. В 1873 р. Дж.Максвелл і У.Томсон запропонували універсальну систему одиниць СГС (сантиметр-грам-секунда) в основі якої була одиниця довжини, маси і часу, одиниці основні і похідні (на основі системи Гаусса). Універсальною одиницею часу вибрав період коливання того ж світла, довжина хвилі якого є одиницею довжини. Універсальною одиницею маси

Дж.Максвелл обрав масу однієї молекули стандартної речовини. Друга універсальна система Дж.Максвелла відрізнялася від першої вибором еталона маси. Маса визначалася як маса, що створює одиничне прискорення на одиничній відстані, тобто коефіцієнт дорівнював одиниці в законі всесвітнього тяжіння. В 1874 р. Дж.Стоні запропонував природну систему одиниць, яка заснована на електромагнітній сталій, гравітаційній сталій і кількості електрики (елементарний заряд). В 1899 р. М.Планк запропонував природну систему одиниць, яка заснована на універсальних сталих ентропії, випромінювання, швидкості світла та гравітаційної сталої. За допомогою цих сталих обчислив одиниці довжини, часу, маси, температури. В 1927 р. Д.Хартрі розробив атомну систему одиниць, для якої обрав такі атомні одиниці: радіус Бора як одиницю довжини, заряд електрона як одиницю заряду і масу електрона як одиницю маси. Д.Хартрі перейшов до природних мір атомної фізики, а також здійснив перехід від розмірних фізичних величин до величин без розміру. В 1931 р. А.Руарк запропонував системи одиниць для атомної фізики. Ці системи засновані на масі електрона і швидкості світла як природних одиницях. Третьою одиницею для першої системи А.Руарк обрав радіус Бора, а для другої системи комptonівську довжину хвилі електрона $\lambda_e = 3,861592678(26) \cdot 10^{-11}$ см. Друга система А.Руарка отримала застосування у фізиці високих енергій і називається квантово-релятивістською системою. В 1935 р. М.Борн запропонував електронну систему, де електрон визначався як фундаментальна одиниця речовини. В 1966 р. цю систему підтримав С.П.Капіца як зручну для електроніки і класичної електродинаміки. В 1949 р. У.Штілле запропонував природну систему одиниць, засновану на сталій Планка, швидкості світла, масі протона, елементарному заряді, сталій Больцмана і ядерному магнетоні. Система Штілле була розроблена для електродинаміки і завдяки вибору природних одиниць елементарного заряду і ядерного магнетону стала модифікацією квантово-релятивістської системи. Сьогодні квантова

метрологія на шляху вибору сталої Планка, швидкості світла, заряду електрона як точних одиниць.

У Східній Європі, наприклад у Польщі останнім часом метрологічна діяльність велася від дня прийняття Закону «Про міри», (1993). Згідно з цим законом, засоби вимірювання підлягають перевірці і калібруванню. У Чехії діяльність з метрології регламентується Законом з метрології (1990) і Постановою №69/1991 «Управління зі стандартизації і мір». Національним органом в метрології є Чеське управління зі стандартів, метрології й випробування, яке підпорядковується Міністерству економіки. У Словаччині метрологічна діяльність регламентується Законом з метрології (1990), який було розроблено ще в Чехословаччині разом з МД МОЗМ, а також Положенням №69/1991 і Розпорядженням №М-101/1991, що визначає класифікацію засобів вимірювання які підлягають обов'язковій перевірці. Законодавча основа метрології Словаччини, Румунії та інших країн Східної Європи розвивається в схожому напрямі. У країнах СНД проводиться робота зі становлення й розвитку метрологічної діяльності. Наприклад у Білорусії законодавчою основою метрології є Закон «Про забезпечення єдності вимірів», прийнятий у 1995 р [323, с.584–598].

В Західній Європі особливо необхідно відзначити досвід Німеччини, де важливу роль у процесі гармонізації метрологічної компетенції відіграє Федеральний фізико-технічний інститут, який засновано в 1887 р. і сьогодні цей інститут підпорядкований Федеральному міністерству економіки й технологій, розташований у Брауншвейзі та Берліні. Головним його завданням є забезпечення дотримання еталонів. У різні часи до кураторію входило 10 лауреатів Нобелівської премії, а у 1961 р. його очолював А.Ейнштейн [116; 134; 211]. Характеристика і аналіз діяльності метрологічних державних установ, лабораторій, бюро надасть змогу виважено і ґрунтовно підійти до вирішення проблем в метрологічній галузі України.

Аналіз законодавства метрології країн доводить існування різних підходів до правового регулювання значення одиниць фізичних величин. Законодавчі засади метрології, які встановлені в передових країнах світу, представлені законодавчими актами та рекомендованими нормами з метрології, згідно з документами міжнародних організацій. В окремих державах положення закріплюються основним законом з метрології (Японія – Закон «Про вимірювання» від 1985 р.; США – розділ 8, стаття 1 Конституції США, Закон «Про метричну систему» від 1983 р. і т.д.), в інших закон включає норму до підзаконного акту (декрет Французького уряду від 1961 р., зі змінами в 1966, 1975, 1982 і 1985 рр.) [110, с.106].

В Західній Європі метрологічна діяльність регулюється статтями Конституції, законодавчими актами. Наприклад, у Великобританії Законом «Про міри і ваги», у Німеччині Конституцією і Законами «Про вимірювальну справу й перевірку» і «Про одиниці вимірів і вимірювальну справу». Ці документи прийняті в 1985 р. у Франції Законом «Про метричну систему й перевірку засобів вимірів», у США – Конституцією і законами («Про метричну систему» (1966), «Про фасування й зберігання товарів» (1966). У Великобританії основним науковим центром метрології є Національна фізична лабораторія. Найбільш суттєвий внесок у вирішення проблем єдності вимірювання зроблено Федеральним фізико-технічним інститутом Німеччини. Ця країна є активним учасником європейських метрологічних організацій (1988), її метрологічні здобутки відбивають досягнення та тенденції розвитку інновацій в метрології [427].

3.5. Періодизація історії метрології, стандартизації і сертифікації в світовому контексті (III тис. до н.е.–XX ст.)

Взявши наведені дати за початок періодів та етапів у розвитку метрології, стандартизації, сертифікації побудуємо періодизаційну схему її історії.

**I період – Період донаукової метрології, або передісторія метрології
III тис. до н. е.– 1582 р.**

III тис. до н.е. Виникнення методів вимірювання часу, ваги, лінійних розмірів, кутів тощо.

. Ремісники Ассирії і Вавилону на збудованих ними кам'яних плитах висікали свої фірмові знаки, які мали функції товарних знаків та сертифікатів.

III–I тис. до н.е. Виникнення емпіричної фізики як сукупності фрагментарних відомостей з фізики, технологічних прийомів і правил та відповідного інструментарію (Шумер, Вавилон, Ассирія, Єгипет, Китай, Індія).

. Введення понять рік, місяць, день.

. Поява найпростіших ваг – терезів у вигляді рівноплечового коромисла з підвішеними до нього шальками.

3500 р. до н.е. В Стародавньому Єгипті засновано «інститут» чиновників, який контролював дотримання розмірів цегли.

. Створено єгипетський календар.

2800 р. до н.е. Створено вавилонський календар.

1400 р. до н.е. В Єгипті створено водяний годинник (клепсидра).

XI ст. до н.е. У Вавилоні винайдено сонячний (гномон) і водяний годинники.

400 р. до н.е. У Китаї сконструйовано компас.

II ст. до н.е. Ктесібій сконструював водяний годинник, який став прототипом годинників, що використовувалися в багатьох країнах Європи до XVIII ст.

. Гіппарх визначив рік у 365 днів 5 годин 55 хвилин, обчислив відстань до Місяця, запровадив широту і довготу (географічні координати).

45 р. до н.е. Створено Юліанський календар (Рим).

VI – III ст. до н.е. Арістарх Самоський (320–250 рр. до н.е.) написав працю «Про розміри і відстані Сонця і Місяця», де визначив діаметри світил.

V–IV ст.ст. до н. е. У Давньогрецьких містах склалася Гіпподамова система планування міст, в якій використано прямокутну сітку вулиць (архітектор Гіпподам з Мілету).

. В Римі будували дороги, міцні стіни, водопроводи, використовуючи при цьому стандартні елементи, еталони у будівництві водопроводів.

IX ст. Сконструйовано перший механічний годинник (Пацифікус з Верони).

. Ібн-Сіна (Авіценна) провів експеримент з вільно падаючим тілом, використав маятник для вимірювання часу.

XI ст. Омар Хайям удосконалив способи зважування і визначення питомої ваги тіл (трактати «Терези мудрості, або про абсолютні водяні ваги» і «Вступ до алгебри»).

. Ал-Біруні розробив за допомогою відливної посудини спосіб визначення об'ємів тіл неправильної форми, який застосовував для знаходження питомих ваг чистих металів, деяких сплавів і коштовних каменів.

1121 р. Ал-Хазіні написав працю «Книга про терези мудрості», в якій є таблиці питомих ваг багатьох твердих тіл і рідин.

XIII ст. З'явилися перші позначення паперовиробників (водяні знаки).

. Р.Бекон виміряв фокусну відстань дзеркала (визначено головний фокус ввігнутого дзеркала) і відкрито сферичну аберацію, висловлено ідею зорової труби.

1299 р. С.Арматі сконструював окуляри (Італія), які швидко розповсюдилися в Західній Європі, а потім в Азії і Московії.

1502 р. Сконструйовано кишеньковий годинник з пружним механізмом (Німеччина).

XV ст.–початок XVI ст. Леонардо да Вінчі дослідив вільне падіння і рух тіла, визначив центр тяжіння тетраедра, вивчав закони зору і описав камеру-обскуру, виконав графічну побудову траєкторію руху променів в лінзах.

1540 р. Дж.Кардано проводив дослідження з визначення ваги повітря.

II період – Становлення метрології як науки, перші уявлення про стандартизацію і сертифікацію (1583–1686).

1583 р. Відкриття Г.Галілеєм ізохронності коливань маятника, яке в подальшому використовувалося в маятникових годинниках, ставши потужним засобом вимірювання часу.

1586 р. Г.Галілей написав «Маленькі ваги» – перший науковий трактат, присвячений методиці точного зважування тіл у воді і повітрі.

1592 р. Г.Галілей сконструював термоскоп, що став прототипом термометра, описаного в 1620 р. Ф.Беконом.

1597 р. Г.Галілей ввів поняття температури.

1607 р. Г.Галілей виміряв швидкість світла та висловив думку, що вона є скінченною величиною.

1609 р. Г.Галілей сконструював зорову трубу, використав її для астрономічних досліджень (початок оптичної астрономії) (у 1604 р. зорову трубу сконструював З. Янсен, а у 1608 р. – Х.Ліпперсгей).

1610 р. Г.Галілей сконструював мікроскопи (у 1610–1624 рр. удосконалив конструкцію мікроскопа). Мікроскопи виготовили Х.Ліпперсгей, Я.Меціус, Х. і З.Янсени і К.Дреббель у 1608–1621 рр.

1638 р. Дж.Бальяні вперше розмежував поняття ваги, маси тіла і вказав на пропорційність ваги масі.

1643 р. Е.Торрічеллі та В.Вівіані провели перше барометричне дослідження, яке довело існування атмосферного тиску.

1644 р. Сконструйовано ртутний барометр (Е.Торрічеллі, Італія).

1657 р. Х.Гюйгенс сконструював маятниковий годинник зі спусковим механізмом, що став фундаментом для точної експериментальної техніки (маятник в годиннику пропонував у 1636 р. Г.Галілей).

1667 р. Вийшла праця Л.Магалотті «Нариси про природничо-наукову діяльність Академії дослідів», де описані термометри, ареометри, гігрометри тощо.

1668 р. І.Ньютон сконструював дзеркальний телескоп-рефлектор.

1670–1671 р. І.Ньютон написав працю «Метод флюксій», яка була опублікована у 1735 р. і де містилося диференціальне і інтегральне числення, розроблене ним.

1673 р. Вийшла праця Х.Гюйгенса «Маятниковий годинник», де приведено теорію фізичного маятника.

1676 р. О.Рьомер визначив швидкість світла через зміни проміжків часу між затемненнями супутників Юпітера.

1678 р. Х.Гюйгенс визначив величину прискорення сили ваги для Парижа ($g = 979,9 \text{ см/с}^2$).

1686 р. Г.Лейбніц ввів поняття «живої сили» як міри руху, вивів закон збереження кінетичної енергії для механічних процесів.

1680-х рр. У.Клемент сконструював годинник, що вимірював секунди.

III період – Період класичної метрології, становлення прикладної стандартизації і сертифікації (1687–1899).

Перший етап класичної метрології – підготовчий до введення метричної системи мір, запровадження взаємозамінності (1687–1790).

1687 р. Вихід в світ «Математичних початків натуральної філософії» І.Ньютона, які містили основні поняття й закони механіки та закон всесвітнього тяжіння. Цим було започатковано класичну фізику і відповідно класичну метрологію.

1695 р. Г.Амонтон сконструював нертутний барометр.

1702 р. Г.Амонтон удосконалив термоскоп Галілея і сконструював повітряний термометр, барометр з U-образною трубкою, який використовували на кораблях.

1710-1714 рр. Д.Фаренгейтом сконструйовано термометр зі шкалою в 212 градусів.

1724 р. Д.Фаренгейт склав таблиці питомої ваги тіл.

1728 р. Дж.Брадлей дав пояснення факту скінченності швидкості світла через споглядання аберації світла зорь.

. П.Бугер здійснив перші досліди з вимірювання кількості тепла, одержаного земною поверхнею від Сонця.

1730 р. Р.Реомюр застосовував в термометрах шкалу від 0 до 80° (шкала Реомюра) і зробив спиртовий термометр.

1741 р. М.В.Ломоносов у праці «Елементи математичної хімії» виклав своє уявлення про складові тіл – атоми та молекули.

1742 р. А.Цельсій запропонував стоградусну шкалу термометра (шкала Цельсія).

1745 р. Г.В.Ріхман побудував електричний покажчик – 1-й електровимірювальний прилад.

1770 р. Дж.Уатт (Ватт) запропонував одиницю потужності — кінську силу (76 кГм/с)

. Дж.Блек ввів поняття «теплоємність» тіла як кількість тепла поглинене тілом при його нагріванні на один градус.

1772 р. Й.Вільке виконав перші вимірювання теплоємності твердих тіл і визначив теплоту плавлення льоду, а також увів визначення калорії як кількості тепла необхідного при нагріванні одного грама води на один градус Цельсія.

1783 р. А.Лавуазьє і П.Лаплас за допомогою сконструйованого ними калориметра (1780) визначили питомі теплоємності багатьох твердих і рідинних тіл.

1784 р. Ш.Кулон сконструював крутильні ваги.

. Вийшов трактат Дж.Атвуда з механіки, в якому описано прилад для перевірки законів вільного падіння (машина Атвуда).

1785 р. Ш.Кулон відкрив закон електричної взаємодії, де коефіцієнт пропорційності залежить від обраної системи одиниць.

1785 р. Н.Леблан сконструював рушничні замки (50 шт.), кожний з яких мав важливу характеристику – взаємозамінність (стандартні елементи).

1789 р. Генеральними штатами Франції розглянуто на Національних зборах декілька проектів щодо реформи мір і ваги.

1790 рр. Прийнято проект реформи мір уряду Ш.Талейрана (Франція).

Другий етап класичної метрології – удосконалення процесів вимірювання та їх засобів, створення нових одиниць вимірювання, їх еталонів, систем одиниць, впровадження державної стандартизації і поняття сертифікації (1791–1899).

1791 р. У Франції Комісія Академії наук у складі Ж.Борда, Ж.Лагранжа, П.Лапласа, Г.Монжа, М.Кондорсе, А.Лавуазьє прийняла за одиницю довжини одну сорокамільйонну частку Паризького меридіана, названу в 1795 р. метром.

1795 р. У Франції запроваджено метричну систему мір (в Росії запроваджена з 1899 р., яка стала обов'язковою з 1918 р.).

. Виготовлено еталон метра з латуні.

. 7 квітня Національним конвентом Франції прийнято Закон про нові міри та ваги.

1791–1795 рр. Введено метричну систему мір (Франція).

1799 р. Виготовлено еталон метра (Архівний метр) як платинову лінійку шириною 25 мм і товщиною 4 мм з відстанню між кінцями, що дорівнює прийнятій одиниці довжини.

. Прийнято перший еталон кілограма (Франція) як масу одного кубічного дециметра води при +4°C і нормальному атмосферному тиску.

1800 р. Наполеон I своїм наказом від 4 листопада дозволив використовувати старі назви для нових одиниць.

1803 р. Т.Юнг провів вимірювання довжини хвиль різних кольорів.

1809 р. Ж.Біо провів вимірювання швидкості звуку в твердих тілах.

1811 р. А.Авогадро довів, що в рівних об'ємах речовини, однакових температурах, тисках є однакова кількість молекул (закон Авогадро). Цю кількість (число) називають сталою Авогадро, яка дорівнює $N_A = 6,02214 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

1822 р. А.Гумбольдт і Д.Араго виміряли швидкість звуку, отримано величину 331,2 м/с (у 1825 р. отримано значення 332,77 м/с).

1827 р. Г.Ом ввів поняття електричної напруги.

. Ж.Колладоном і Я.Штурмом визначено швидкість звуку у воді, яка дорівнює 1435 м/с.

1829 р. Ж.Бабіне запропонував довжину хвилі світла як еталону довжини.

1830 р. Г.Ом виконав перші вимірювання електрорушійної сили джерела струму.

1832 р. К.Гаусс запропонував абсолютну систему мір, в якій за одиницю довжини прийнято міліметр, маси – міліграм, часу – секунду (ММС).

1837 р. Законом від 4 липня у Франції метрична система була остаточно введена, а з 1 січня 1840 р. стала обов'язковою.

1840 р. Ч.Уїнстон сконструював електричний годинник.

1841 р. Дж.Вітворт представив Інституту цивільних інженерів (Англія) доповідь «Система уніфікованих гвинтових різьб» про єдині параметри різьби (з 1891 р. Система Вітворта прийнята в якості британського стандарту).

1843 р. Ч.Уїнстон визначив спосіб вимірювання опору (міст Уїнстона).

1845 р. В Німеччині визначено стандарт ширини залізничної колії (1435 мм).

1846 р. В.Вебер розробив стандарт одиниць вимірювання електрики, пов'язав їх з масою, довжиною, часом, зарядом.

1848 р. У.Томсон увів термін абсолютної температури, абсолютної шкали температур (шкала Кельвіна), одиницю вимірювання температури кельвін.

1849 р. А.Фізо виконав вимірювання швидкості світла в лабораторних умовах за допомогою метода зубчатого колеса (313274,3 км/с).

1850 р. У.Томсон висловив думку, що температура тіла пропорційна енергії молекулярного руху складових його дрібних частин і при температурі -273° (температура абсолютного нуля) цей рух припиняється.

1852 р. П.Фавр і Й.Зільберман ввели калорію як кількість тепла.

1861 р. Введено одиницю електричної напруги – вольт (Комітет електричних еталонів, створений У.Томсоном).

1862 р. Л.Фуко виміряв швидкість світла за допомогою обертального дзеркала (512 об/с), $c = 298000 \pm 500$ км/с.

1864 р. Початок стандартизації в США, Інститут Франкліна затвердив комісію з розробки державних стандартів (ініціатор У.Селлерс).

1866 р. Г.Квінке сконструював прилад для вимірювання довжини звукових хвиль, заснований на використанні явища інтерференції (трубка Квінке).

1868 р. А.Ангстрем провів вимірювання довжини хвиль світла і ввів одиницю довжини, яка дорівнює 10^{-8} см (1 ангстрем).

1870 р. У Німеччині встановлено єдиний розмір цегли, штампування виконувалося за допомогою преси.

1872 р. Міжнародною метричною комісією прийнято Архівний метр, як вихідну міру довжини.

. У.Томсон сконструював електричний лічильник.

1873 р. У.Крукс сконструював радіометр для вимірювання випромінювання.

1875 р. На Міжнародній дипломатичній конференції затверджено новий еталон метра №6 (брусок зі сплаву платини – 90% і іридію – 10%), цей еталон дорівнював Архівному метру при 0°C.

. Дж.Еверетт запропонував абсолютну систему одиниць на основі сантиметра, грама, секунди.

. 17 держав, що взяли участь у Міжнародній метричній конвенції в Парижі, визнали метр як еталонну одиницю довжини і створили Міжнародне бюро мір і ваги.

1878–1883 рр. Проведено експерименти А.Майкельсоном з більш точного визначення швидкості світла (299910 ± 50 км/с до 299853 ± 60 км/с).

1881 р. На першому Міжнародному конгресі електриків (Париж) прийнято одиниці вимірювання електричного струму – ампер, електричного опору – ом.

1882 р. Прийнято одиницю вимірювання потужності – ватт, замість «кінських сил» (II Конгрес Британської наукової асоціації)

1889 р. Прийнято Міжнародний прототип метра.

. I Генеральна конференція з мір і ваги затвердила еталон метра №6 (платиноіридієвий брусок). На Конференції прийнято виготовлений Міжнародний прототип кілограма, як циліндр з платиноіридієвого сплаву, діаметр і висота якого 39,17 мм. Метр і кілограм зберігаються у Міжнародному бюро мір і ваги (Франція).

. Введено одиницю роботи (енергії) – джоуль (Міжнародний конгрес електриків).

1891 р. В Англії введено стандартне різьблення Вітворта на основі дюйма.

1893 р. Ф.Хефнером-Альтенекком запропоновано «свічка Хефнера» як одиниця сили світла, а еталоном стала фітільна лампа.

1896 р. На Міжнародному електротехнічному конгресі прийнято одиницю сили світла – «десятичну свічку», що дорівнює 1,12 свічки Хефнера.

1899 р. М.Д.Пильчиков і незалежно Н.Тесла здійснили перші досліди з радіокерування.

- . Одержано сплави сталі – інвар та елінвар з малим коефіцієнтом теплового розширення (Ш.Гійом), які використано в еталонному метрі.

- . М.Планк запропонував систему одиниць вимірювання, в якій фундаментальні фізичні сталі дорівнюють одиниці або фіксованому числу.

IV період – Період неklasичної метрології (1900–1924).

1900 р. М.Планк висунув ідею квантів енергії та запровадив константу h (стала Планка), започаткувавши квантову (неklasичну) фізику, отже і метрологію.

1901 р. Організовано Національне бюро еталонів у США та Комітет стандартів в Англії.

- . На III Генеральній конференції з мір і ваги затверджено Міжнародний прототип кілограма.

1902 р. Вийшла праця А.Пуанкаре «Наука і гіпотеза», де виведено принцип відносності.

1903 р. П.Кюрі ввів період піврозпаду радіоактивного елемента як еталон часу для визначення віку земних порід.

1906 р. М.Планк ввів поняття кванта дії.

- . Створено Міжнародну електротехнічну комісію.

1907 р. Ф.Еренгафт розробив метод вимірювання елементарного електричного заряду (заряду електрона).

- . Запроваджено одиницю вимірювання карат для визначення маси коштовного каміння (IV Генеральна конференція з мір і ваги).

1909 р. Одиницю сили світла «десятичну свічку» замінено на «міжнародну свічку», що дорівнює 1,11 свічки Хефнера.

1910 р. Введено одиницю вимірювання активності радіоактивного джерела – Кюри (Інтернаціональний конгрес з радіології і електрики, Брюссель).

1913 р. На V Генеральній конференції з мір і ваги запроваджено міжнародну температурну шкалу.

1914 р. Г.Камерлінг-Оннес і Г.Холст виконали перші калориметричні вимірювання при низьких температурах.

1919 р. Е.Резерфорд отримав перше значення розмірів ядра 10^{-12} см.

1920 р. О.Штерн провів пряме вимірювання швидкості молекул.

1924 р. М.Борн у статті «Про квантову механіку» ввів термін «квантова механіка».

. Г.Камерлінг-Оннес і Дж.Бокс виконали точні вимірювання залежності густини рідкого гелію від температури і знайшли її максимум.

V період – Період квантової метрології, становлення і розвиток стандартизації і становлення сертифікації (1925–до сьогодні).

Перший етап – створення квантової механіки та її застосування, підвищення точності вимірювань, створення радіоспектроскопії, становлення стандартизації (1925–1946).

1925–1927. Створення квантової механіки в матричній (В.Гейзенберг, 1925 р.) та хвильовій (Е.Шредінгер, 1926 р.) формах як теорії руху мікрочастинок та формулювання 1927 р. В.Гейзенбергом принципу невизначеності, важливого, зокрема, для процесу вимірювання.

1926 р. В.Гейзенберг виконав квантово-механічний розрахунок атома гелію.

1926–1927 рр. Створення основ квантової теорії багатоелектронних систем (В.Гейзенберг; В.Гайтлер і Ф.Лондон; Д.Хартлі).

1926–1930 рр. А.Майкельсон отримав більш точне визначення швидкості світла від $c = 299796 \pm 4$ км/с до $c = 299774 \pm 11$ км/с.

1927 р. В.Гейзенберг ввів загальний постулат квантової механіки – співвідношення невизначеностей (принцип невизначеностей). Цей принцип важливий для розуміння закономірностей атомних процесів.

. Ф.Лондон і В.Гайтлер виконали перший квантовий розрахунок молекули водню, що започаткувало квантову хімію.

1930 р. Прийнято одиниці вимірювання частоти – герц, магнітного потоку – максвелл, напруженості магнітного поля – ерстед (Міжнародна електротехнічна комісія).

1941 р. С.Я.Соколов розробив методи перетворення «звукових зображень» у видимі та сконструював (1948) ультразвуковий мікроскоп.

1944 р. Р.Дікке сконструював радіометр як основну частину радіотелескопа.

1946 р. Міжнародним комітетом мір і ваги запропоновано, а VIII Генеральною конференцією з мір і ваги прийнято ампер як одиницю незмінного струму.

. Введено одиницю вимірювання активності радіоактивного джерела – Резерфорд.

. Створено Міжнародну організацію стандартизації ISO.

Другий етап – виникнення і розвиток експериментальної квантової метрології, поява квантових генераторів і підсилювачів радіодіапазону, розвиток стандартизації, становлення сертифікації (1947–1959).

1947. У.Лемб і Р.Різерфорд виміряли різницю енергій рівнів $2S_{1/2}$ і $2P_{1/2}$, атома водню (дослід Лемба–Різерфорда), започаткувавши цим експериментальну квантову метрологію.

1948 р. Проведено IX Генеральну конференцію з мір і ваги, на якій втілилися ідеї Дж.Джорджи з розробки, впровадження системи мір, до якої входили метр-кілограм-секунда-ампер (MKSA).

. прийнято одиницю сили світла канделу, але міжнародна свічка використовувалася до 1979 р.

1949 р. Д.Габор запропонував принцип голографічної мікроскопії.

1950–1953 рр. Л.Ессеном одержано значення швидкості світла, що дорівнює $299792,5 \pm 3$ км/с.

1951–1952 рр. Б.Брокхауз заклав основи нейтронної спектроскопії.

1954 р. На X Генеральній конференції з мір і ваги прийнято термодинамічну температурну шкалу з однією реперною точкою – потрійною точкою води зі значенням $273,16^\circ$ Кельвіна.

1955 р. Дж.Бардін і Дж.Шріффер передбачили розмірне квантування.

- . Створено атомний стандарт частоти на пучку атомів цезію (Л.Ессен, В.Паррі).

- . Сконструйовано серійний цезієвий атомний годинник (Дж.Захаріас та ін.), його точність становить приблизно 10^{-13} .

1956 р. Проведено Першу конференцію з визначення маси ядра в Інституті Макса Планка.

- . Прийнято нове визначення секунди ефемеридного часу як $1/31556925,9747$ частина тропічного року.

- . Італійське фізичне товариство провело конференцію з питань фундаментальних сталих.

1955-1958 рр. Л.Ессен створив перший цезієвий стандарт частоти NBS-1 у Національній фізичній лабораторії Великобританії.

1958 р. Офіційно визнано визначення секунди, як часу, що дорівнює 9192631770 періодам випромінювання.

1959 р. О.О.Абрікосов, Л.П.Горьков, І.Є.Дзялощінський і Є.С.Фрадкін розробили діаграмні методи квантової статистики.

- . Р.Фейман висловив ідею нанотехнологій.

Третій етап – Прийняття та запровадження Міжнародної системи одиниць (СІ). Розвиток лазерної техніки та лазерної спектроскопії, розвиток стандартизації, становлення сучасної сертифікації (1960–1982).

1960. Побудовано перший оптичний квантовий генератор–лазер (Т.Мейман), що започаткував лазерну фізику та лазерну техніку; на XI Генеральній конференції з мір і ваги прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (СІ).

- . Затверджено нове визначення метра як одиниці довжини, що дорівнює $1650763,73$ довжини хвилі у вакуумі випромінювання.

. Затверджено нове визначення секунди – це час, який дорівнює $1/31556925,9747$ частини тропічного року.

. Додано до Міжнародної температурної шкали слово «практична» і уточнено Положення про цю шкалу.

. внесено до системи СІ одиниці вимірювання, такі як герц, ньютон, джоуль, ватт, кулон, вольт, ом, сіменс, генрі, тесла, люмен, люкс, беккерель, а також затверджено приставки піко-, нано-, мікро-, мега-, гіга-, тера-.

1961 р. Створено Європейський комітет з координації стандартів.

1962–1964 рр. Використано лазерне випромінювання в голографії (Е.Лейт, Дж.Упатнієкс).

1963 р. Р.Глаубер започаткував квантову оптику.

1964 р. Висунуто гіпотезу кварків – фундаментальних частинок, що мають дробові електричний і баріонний заряди, з яких складаються всі адрони (М.Гелл-Манн, Дж.Цвейг).

1964 р. На XII Генеральній конференції з мір і ваги та Міжнародним комітетом мір і ваги тимчасово прийнято визначення секунди, заснованому на атомному стандарті частоти.

. Побудовано квантову теорію лазера (Г.Хакен).

. А.Крю сконструював скануючий електронний мікроскоп високої роздільної здатності.

1965 р. Закладено основи топографічної спектроскопії (Дж.Строук, А.Фанкхаузер).

1966 р. Сконструйовано лазер ультракоротких імпульсів світла (тривалістю до 10^{-12} с) (А.Демарія, Д.Стетсер, Г.Хейнау).

. Сконструйовано надпровідний гальванометр (Дж.Кларк), що дозволяє вимірювати напругу до 10^{-15} В.

1967 р. На XIII Генеральній конференції з мір і ваги прийшли до висновку, що одиниці довжини і часу краще визначати на основі спектроскопії. Прийнято одиницю вимірювання температури – кельвін, як

одиночку термодинамічної температури потрібної точки води і затверджено
одиночку часу – секунду (атомну).

1969 р. Б.Тейлор, У.Паркер і Д.Лангенберг, використовуючи
нестационарний ефект Джозефсона, з високою точністю ($1,9 \cdot 10^{-6}$) визначили
сталу тонкої структури.

. Введено термін одиниці вимірювання тиску – паскаль (Міжнародний
комітет мір і ваги).

1970 р. Національне бюро стандартів США почало проводити
міжнародні конференції з питань прецизійних вимірювань і
фундаментальних констант.

1971 р. На XIV Генеральній конференції з мір і ваги було внесено зміни
до Міжнародної метричної системи (СІ), а саме прийнято нові одиниці
вимірювання: моль (одиночка кількості речовини), паскаль (одиночка тиску),
сіменс (одиночка провідності електричної).

. В.Б.Брагінський перевірів принцип еквівалентності з точністю 10^{-12} .

1973 р. Показано з точністю до $3,5 \cdot 10^{-9}$, що швидкість світла є
константою (Р.Баргер, Дж.Холл).

1974–1975 рр. Виміряно гравітаційне відхилення радіохвиль Сонцем
($1,007 \pm 0,009$), передбаченого загальною теорією відносності (Е.Фомалонт,
Р.Срамек).

1975 р. На XV Генеральній конференції з мір і ваги прийнято
приставки пета- і екса-, а також нові одиниці вимірювання поглиненої дози
випромінювання – грей, радіоактивності джерела – бекерель.

1979 р. На XVI Генеральній конференції з мір і ваги прийнято основну
одиночку вимірювання сили світла – канделу (раніше – свічка), похідну
одиночку вимірювання ефективної і еквівалентної дози випромінювання –
зіверт (раніше – бер).

. Прийнято Британський стандарт як першу редакцію стандарту
ISO9000 (1987). Друга редакція включала 24 стандарти (1994). Третя
редакція ISO 2000 р. складалася з ISO9000, ISO9001, ISO9004.

1981 р. Розроблено новий метод вивчення поверхні твердих тіл — скануючу тунельну мікроскопію і побудовано скануючий тунельний мікроскоп (Г.Бінніг, Г.Рорер).

Четвертий етап – етап новітньої метрології, створення високоточних методів вимірювання та відповідних приладів, розвиток стандартизації і сертифікації (з 1983 р.).

1983. Початок прецизійної метрології на основі квантових еталонів; прийнято оновлену Міжнародну систему одиниць (СІ).

. На XVII Генеральній конференції з мір і ваги прийнято нове визначення метра.

1985 р. К. фон Клітцинг і Г.Еберт запропонували використати квантовий ефект Холла для встановлення стандарту опору. Еталон опору запроваджено і названо – клітцинг (К. фон Клітцинг отримав Нобелівську премію).

1986 р. Відкрито високотемпературну надпровідність при температурі 30–35 К в оксиді Ва–La–Cu зі структурою перовськіту (А.Мюллер, Дж.Беднорц).

. Зроблено скануючий атомно-силовий мікроскоп (Г.Бінніг, К.Куат, К.Гербер).

. Запропоновано скануючу тунельну спектроскопію (Р.Хамерс, Р.Тромп, Дж.Демут).

1989 р. Фірма Novell реалізувала першу програму сертифікації фахівців Certified Novell Engineer.

1990 р. Одиниця вимірювання електрорушуючої сили вольт стандартизовано за допомогою вимірювання з використанням ефекту і сталої Джозефсона.

1991 р. На XIX Генеральній конференції з мір і ваги прийнято нові приставки до одиниць виміру, а саме: йокто-, цепто-, зета-.

1993 р. Створено фонтанний цезієвий годинник NIST-7 на основі NBS-1 шляхом заміни магнітів на лазерні пастки, точність якого вища за $5 \cdot 10^{-15}$ при резонансній ширині 62 Гц.

1995 р. На XX Генеральній конференції з мір і ваги до метричної системи СІ введено допоміжні одиниці вимірювання радіан і стерадіан.

1997 р. Прийнято уточнення щодо визначення атомної секунди, а саме при температурі 0 Кельвін і стані спокою.

1997–1998 рр. Започатковано електронну голографію (К.Хейнц, Й.Штарк).

1999 р. Офіційно введено до системи СІ одиницю вимірювання активності каталізатора – катал.

2001 р. Створено атомний наноскоп, який дає можливість спостерігати окремі атоми (А.Стейн та ін.).

2004 р. Новий еталон маси кілограм прийнято 8 країнами. Еталон з 99,99% ізотопу кремнія-28.

. Телескоп «Хаббл» одержав перші зображення протогалактик та перших згустків матерії, сформованих менше, ніж за один мільярд років після Великого вибуху.

2005 р. Уточнено визначення одиниці термодинамічної температури Кельвін і встановлено вимоги до ізотопного складу води.

2008 р. У Національному інституті стандартів і технологій (НІСТ, США) створено оптичний годинник на основі досліджень С.Ароша і Д.Вайнленда (Нобелівська премія з фізики 2012 р.)

2010 р. У НІСТ (Боулдер, США) здійснено вимірювання релятивістського ефекту сповільнення часу.

2011 р. На XXIV Генеральній конференції з мір і ваги розглядалося питання про перегляд основних одиниць Міжнародної метричної системи СІ і прийняття одиниць вимірювання на фундаментальних фізичних сталих.

. На основі досліджень, виконаних телескопом «Хаббл», одержано з точністю 3,3% значення сталої Хаббла $H=73,8 \pm 2,4 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$.

2012 р. С.Арошу і Д.Вайнленду присуджена Нобелівська премія з фізики за створення революційних експериментальних методів, що відкривають можливості вимірювань і маніпуляцій з індивідуальними квантовими системами (відкриття було зроблено кожним незалежно у середині 1980-х рр.).

Висновки до розділу 3

В третьому розділі «ІСТОРИЧНИЙ НАРИС СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У КІНЦІ XVI–XX СТ.СТ.» висвітлено передісторію метрології (III тис. до н.е.–1582), становлення наукової метрології (1583–1686), розвиток наукової (класичної) метрології (1687–1899) з аналізом реформи мір уряду Ш.Талейрана у Франції у 1789–1790-х рр., коли було сформовано метрологічну законодавчу базу Національним конвентом Франції, а також показано розвиток наукової метрології в XIX ст. з детальним аналізом метрологічних норм і стандартів, формування метрологічних комітетів, систем мір, законодавчої бази, визначено значення реформ (Франція, 1840) для впровадження єдиної системи вимірювання і прийняття Міжнародної метричної конвенції 1875 р. Надана оцінка розвитку сучасної метрології в XX ст., розвитку квантово-ядерної, експериментально-квантової і прецизійної метрології, вагомому внеску метрологічних відділів, лабораторій, національних бюро і законодавчій базі метрології, її основним засадам у світовому контексті.

У розділі проаналізовано та узагальнено законодавчу базу метрології з давнини (від указів, торгівельних і митних книг, книги сошного письма) до сьогодення (еталонів, норм) та зроблені акценти на окремих стратегічних засадах, які необхідно ввести в законодавчу базу України для досягнення високої якості продукції і її конкурентоспроможності. Вперше на основі відбору найбільш значущих фактів з історії метрології побудовано її періодизацію, в якій ці факти відкривають відповідні періоди та етапи. Дано

обґрунтування наведеної періодизаційної схеми розвитку метрології. В рамках цієї схеми вперше викладено коротку історію метрології (світовий контекст). До наукового метрологічного обігу вперше запроваджено низку фізичних фактів. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [694; 696–697; 699; 711; 714].

РОЗДІЛ 4

ІСТОРИЯ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У XVIII–XX СТ.СТ.

4.1. Становлення і впровадження стандартів та стандартизації (XVIII–XIX ст.ст.)

4.1.1. Перші уявлення про стандартизацію і сертифікацію, впровадження взаємозамінності

Стандартизація та сертифікації грають вагому роль у різних галузях виробництва, підвищенні рівня якості продукції. Єгипетська архітектура, піраміди – визначні пам'ятки стародавньої культури, які були складені зі стандартних і точно підібраних блоків. Пам'ятки давньогрецької культури теж вирізнялися своєю унікальністю. Храми, колони та портики стали основою ордерної системи і виготовлялися зі стандартних деталей. У Стародавньому Римі труби для водогону використовували одного розміру (діаметр дорівнював 5 пальцям), труби інших діаметрів підключати було заборонено [642, с.26]. Наведені факти свідчать, що початок стандартизації та сертифікації щодо нормування та контролю параметрів продукції відноситься до давніх часів. У XV ст. у Венеції кораблі зводили з уніфікованих дерев'яних деталей, щоб за однакових умов вони проходили певну відстань з однаковою швидкістю, а також стріляти на одну відстань. На заготівельних складах венеціанських консульств зберігалися уніфіковані деталі – щогли, керма тощо [451].

Грандіозні і незламні пам'ятки єгипетської культури, а саме: мастаби, піраміди, храми. Ці архітектурні споруди складала зі стандартних, рівномічних, точно підібраних, вимірних блоків. В III–II тис. до н.е. в Єгипті було організовано «інститут» чиновників. Вони контролювали точність розмірів цегли [642, с.26; 763]. Ці дані підтверджують те, що

метрологія і стандартизація розпочалася з визначення практичних норм і параметрів в будівництві.

Перші випадки контролю якості зафіксовано у Стародавній Греції. Знайдено документи, де прописано нормативні міри для виробництва колон із бронзи, які використовувалися в будівництві. Здавна виробники різних товарів надавали гарантію якості своїм виробам, закріплюючи це відповідними документами. Вони стосувалися творів мистецтва, декоративно-прикладних виробів тощо. До наших днів дійшли відомості, що художники Відродження надавали гарантію збереження своїх робіт протягом 300 років. З розвитком торгівлі, майстри почали таврувати свої товари особливими знаками – клеймами. Клеймо є знаком авторства, ним мітили товар власника, свідчення репутації виробника та високої якості товару. Клеймо на товарі грало вирішальну роль у суперечках, коли у походженні товару сумнівалися. Клеймо слугувало певною гарантією якості, 4 тис. років до н.е. ремісники з Ассирії, Вавилону на збудованих кам'яних плитах висікали свої знаки. Їх було знайдено тільки у XX ст. Ці знаки можна вважати першими товарними знаками. Товарним знаком є позначення, на словах або графічно, для індивідуалізації товарів [34; 690; 785, с.58].

Грецька архітектура – визначні храми, ордерна система, портики зі стандартних деталей, підкреслювали високий розвиток вимірювання і метрологічних знань тих часів. У VII ст. до н.е. відбулося становлення еталонів монументальної грецької скульптури двох типів, а саме: оголений юнак (курор) та одягнута дівчини (кора). В епоху класики (V–IV ст.ст. до н. е.) досягли розквіту древньогрецькі міста, склалася система планування міст (Мілет, Пірей), головні принципи якої (розбиття міста прямокутною сіткою вулиць, комплексна забудова житлових кварталів стандартними будинками однакової величини) пов'язані з архітектором Гіпподамом з Мілету [59, с.57; 104, с.28; 297, с.82–90].

Можна припустити, що необхідність у стандартизації першими відчули мисливці, що використовували лук, стріли з часів палеоліту та мезоліту.

Вони досить швидко виявили, що для влучного пострілу необхідно використовувати стріли певної довжини з наконечниками певного розміру й ваги. Використання жердин однакової довжини при будівництві житла також слід вважати прототипом стандартизації. Після винаходу колеса стала очевидною необхідність використання коліс стандартних розмірів. Іншим прикладом стандартизації можна вважати використання монет однакового розміру, форми й ваги. В Стародавньому Єгипті при проектуванні і будівництві архітектурних споруд використовували цеглу стандартного розміру. Дотримання стандартів контролювали спеціальні чиновники. В давньогрецькій архітектурі храми, колони, портики збиралися зі стандартних деталей. Римляни запроваджували принципи стандартизації при зведенні водопровідної системи. В Середньовіччі, з розвитком ремесла, методи стандартизації і запровадження еталонів застосовувалися частіше. Наприклад, було встановлено єдині еталонні розміри тканини, однакова кількість ниток в основі тканини, ставилися однакові вимоги до сировини для ткацького виробництва.

4.1.2. Впровадження державної стандартизації, її значення, від розробок Н.Леблана до стандартної різьби Вітворта (кінець XVIII–XIX ст.ст.).

В період переходу від ручного до машинного виробництва товарів французом Н.Лебланом у 1785 р. створено рушничні замки (50 штук), які мали важливу характеристику – взаємозамінність, можливість використання їх в рушницях без підгонки. З метою швидкого переходу до їх серійного і масового виробництва в Німеччині на заводі було встановлено стандарт деталей рушниці, калібр у них становив 13,9 мм. У 1841 р. Дж.Вітворт представив Інституту цивільних інженерів (Англія) доповідь «Система уніфікованих гвинтових різьб» про єдині параметри різьби. У 1845 р. в Німеччині запроваджено єдиний державний стандарт цегли, та стандарт на ширину залізничної колії, що дорівнювала 1435 мм. З того часу залізниці, ширина колії яких понад 1435 мм, називаються ширококолійними, а ширина

яких менша – вузькоколіїними. В 1889 р. у Німеччині було уніфіковано профілі катаного заліза [85; 617].

В кінці XIX ст. стандартизацію запроваджено майже на всіх підприємствах, що уможливило функціоналізацію процесів виробництва і взаємозамінність деталей. Стандартизація розвивалася передусім в окремих фірмах, підприємствах, проте з поділом праці значення набула національна і навіть міжнародна стандартизація. У 1891 р. в Англії офіційно введено стандартну різьбу Вітворта (з дюймовими розмірами), яку згодом замінено в більшості країн метричною різьбою (див. додаток Б) [131]. У 1869 р. у Німеччині вперше видано довідник, де було зібрано розміри профілів з катаного заліза як стандартів. В 1870 р. у кількох країнах Європи встановлено стандартні, нормовані, розміри цегли. Наприклад, у Німеччині внаслідок наявності безлічі дрібних держав прослідковувалась велика кількість мір. Одиниці вимірювання встановлювалися випадково, а саме: «лікоть» дорівнював довжині скіпетра Генріха I, «фут» як одиниця довжини відповідає ступні Карла Великого і була еталоном [202, с.13-14].

В кінці XIX ст. виробники ще виконували процеси ізольовано, в кожному цеху, мануфактурі, заводі використовувалися свої еталони, стандарти. Сучасна стандартизація почала розвиватися з виникнення великої промисловості, тобто з капіталістичним суспільним устроєм. Виробництво і обіг товарів (купівля, продаж на національних та міжнародних ринках, транспортування) вимагали проведення заходів зі стандартизації. Перші результати сертифікації і стандартизації мали вагомим прикладним значенням для розвитку масового і серійного виробництва.

4.1.3. Формування основ законодавчої бази стандартизації (кінець XIX ст.).

У другій половині XIX ст. стандартизація була введена практично на всіх підприємствах, завдяки чому стала можливою функціоналізація і раціоналізація методів виробництва. Єдина мета, яку переслідували виробники – це отримання високих прибутків за допомогою якісної

продукції. Виробники швидко зрозуміли, що машинне виробництво приносить їм більші доходи при виготовленні однотипної, серійної продукції. Стандартизація розвивалася, насамперед, в окремих фірмах, підприємствах.

Елементи національної стандартизації з'явилися в різних країнах. Наприклад, у 1846 р. було уніфіковано ширину колії та зчіпних пристроїв для вагонів (Німеччина), а у 1869 р. видано довідник, в якому наводилися стандартизовані розміри профілів катаного заліза та інших виробів. Ці перші кроки міжнародної стандартизації мали вагоме значення для підвищення конкурентоспроможності товарів, це були перші зрушення в проблемі взаємозамінності.

В кінці XIX – на початку XX ст. значення стандартизації в промисловості зростає, тому в розвинутих державах організовано метрологічні заклади. Так, 1887 р. створюється метрологічна лабораторія в Німеччині, 1901 р. Національний інститут стандартів у США, 1900 р. Метрологічне відділення Теддінгтонської фізичної лабораторії (Англія), 1901 р. в Англії створено Комітет стандартів для сприяння поліпшенню економічної ситуації в Англії за допомогою розробки, впровадження еталонів і стандартів на продукцію (сировина, промислова продукція, військова техніка).

4.2. Аналіз становлення і розвитку стандартизації в XX ст.

Розвиток стандартизації починався з визначення еталонної бази і терміну «еталон». Еталоном виступає засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) збереження одиниці вимірювання одного або декількох значень, також передача розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки (ЗВТ). Державні еталони офіційно затверджуються державою. Робочий еталон для перевірки або калібровки ЗВТ. Вихідний еталон має найвищі метрологічні якості серед еталонів на виробництві [508]. Первинні еталони

необхідні для точного відтворення одиниці фізичної величини, вони являються найбільш точними величинами. Для того щоб відтворити одиниці в особливих умовах, коли передача розміру на пряму від еталона технічно неможлива з дотриманням необхідної точності (наприклад, тиск, температура), тоді є потреба розробити і затвердити спеціальні еталони. Такі еталони затверджуються державою як первинні і мають назву «державні еталони», а також запроваджуються Державним стандартом. Також в прикладній метрології часто використовуються вторинні еталони, які встановлюються за точними первинними еталонами. Вторинні еталони можуть бути еталонами-копіями, еталонами для передачі, еталонами-свідками і робочими еталонами. Еталони-копії використовуються для збереження та передачі розміру одиниці робочим еталонам. Щодо еталону для передачі, він використовується для звірки еталонів, які не можуть звірятися. Зразковий-еталон використовується для перевірки державного еталона, а також для його заміни, якщо той втратив свої характеристики. Еталон-зразок точний серед вторинних і використовується, якщо державний еталон не може бути використаний. Робочий еталон використовується для збереження і передачі розміру зразкам ЗВТ [344; 362; 508].

У 1955 р. Л.Ессеном і В.Паррі створено атомний стандарт частоти на пучку атомів цезію, а також Дж.Захаріасом та іншими зроблено серійний цезієвий атомний годинник з точністю приблизно 10^{-13} [746, с.667].

4.2.1. Інститути стандартів, національні лабораторії стандартів, аналіз їх діяльності в ХХ ст., законодавча база.

Мілітаризація окремих держав на початку ХХ ст. вимагала запровадження і виробництва великої кількості зброї з дотриманням взаємозамінності, що можливо було зробити тільки за допомогою уніфікації та стандартизації окремих деталей. Тому було організовано національні установи зі стандартизації у Англії (1901), Голландії (1916), Німеччині (1917), Франції, Швейцарії та США (1918), Італії, Японії (1921), Фінляндії й Польщі (1924), Данії (1926) і Румунії (1928) та ін. З розвитком виробництва,

стандартизація почала впроваджуватися на міжнародному рівні. Розширення співробітництва в питаннях науки й техніки привели до організації у 1930-х рр. Міжнародної асоціації зі стандартизації. Однак 1939 р. її діяльність припинилася. В 1946–1947 р. у Лондоні організована Міжнародна організація зі стандартизації (ISO). Сьогодні ISO стала найбільшою міжнародною організацією, що об'єднала понад 100 країн. Крім ISO існують і інші міжнародні й регіональні установи зі стандартизації. Наприклад, у 1953 р. організовано Координаційну комісію зі сталі, яка повинна була пропонувати і розробляти європейські стандарти для держав Європи – Німеччини, Франції, Голландії, Італії, Люксембурга. На нараді з Європейських економічного товариства і товариства вільної торгівлі (Париж, 1961), було організовано Комітет європейської координації стандартів. У 1990 р. у нього ввійшли Бельгія, Австрія, Великобританія, Голландія, Греція, Данія, Італія і т.д. Завданням Комітету була розробка основних стандартів для держав, які ввійшли у Європейське економічне товариство [323; 408].

В 1960–1970 рр. в Європі відбулися процеси створення та структурного удосконалення спеціалізованих організацій стандартизації в регіонах, які продовжують функціонувати і нині. 1970 р. організовано Європейський комітет зі стандартизації. У 1963 р. Національними електротехнічними комітетами шести країн (Бельгія, Франція, Німеччина, Італія, Нідерланди, Люксембург) створено Європейський комітет з узгодження електротехнічних стандартів (CENELCOM). Мета якого – узгодження стандартів у електротехніці для усунення технічних проблем у торгівлі. Європейський комітет з узгодження електричних стандартів (CENEL) було засновано у жовтні 1960 р. До нього входили країни CENELCOM, а також Австрія, Великобританія, Данія, Норвегія, Швейцарія, Португалія, Швеція, Фінляндія. Після вступу Великобританії, Данії та Ірландії до Європейського союзу у 1973 р. об'єднано CENELCOM і CENEL і організовано Європейський комітет стандартизації в електротехніці (CENELEC) [115; 520].

Напрямки розвитку стандартизації в окремих країнах світу мають свої особливості. Наприклад, німецька система стандартизації має за мету:

- а) активну роль у розвитку європейської та міжнародної систем стандартизації;
- б) підтримку інновацій і співпраці між дослідницькими центрами, бізнесом;
- в) встановлення пріоритетних секторів з найбільшим потенціалом розвитку для німецької економіки;
- г) покращення надання інформації в галузі стандартизації компаніям та інтенсифікація підготовки кадрів зі стандартизації;
- д) дослідження економічних вигод стандартизації [145; 427].

Розвиток французької системи стандартизації відбувається за такими напрямами: активна роль у розвитку європейської та міжнародної систем стандартизації, підготовка експертів і спеціалістів у сфері стандартизації, збільшення довіри до стандартів шляхом залучення до їх розробки всіх зацікавлених сторін, визначення нових сфер діяльності та оцінювання додаткових обсягів стандартизації, дослідження економічних вигод стандартизації, методів забезпечення стандартизації, вибір оптимальних форм та методів для впровадження інновацій [612].

Розвиток системи стандартизації Великобританії засновано на таких засадах: активна участь у розвитку європейської та міжнародної систем стандартизації, установлення однієї політики у стандартизації, сприяння отриманню інновацій та впровадження їх в усіх галузях економіки, адаптація процедур стандартизації до зміни швидкості циклу життя продукції та швидко змінюваної економіки, покращення системи освіти фахівців у галузі стандартизації, використання стандартів урядом під час державних закупівель і розробка стандартів з урахуванням побажань і необхідності [381].

Система стандартизації США може бути вдосконалена шляхом: активної участі в міжнародній стандартизації, активного поширення

технологій США і практичного досвіду в стандартизації, окрім стратегічних технологій, зменшення дублювання робіт і збільшення прозорості розробки стандартів для задоволення потреб і вимог ринку, залучення урядових структур до процесу стандартизації [145; 424].

Національну стратегію Японії склали два блоки: загальна стратегія розвитку і стратегія діяльності в конкретних секторах. Розвиток системи стандартизації в Японії здійснюють з урахуванням широкого використання добровільних стандартів у законодавчо регульованих сферах (безпека, охорона довкілля), розвитку процесів глобалізації, що проходить з успішною гармонізацією систем стандартів і систем відповідності міжнародним стандартам та правилам, використання стандартизації як інструмента конкурентоспроможності і зростання поінформованості споживачів про безпеку та охорону довкілля [611].

Щодо розвитку стандартизації в Східній Європі, структура та засади функціонування системи Технічного регулювання і стандартизації (TRIS) проходять етап становлення в Республіці Білорусь. Білорусь протягом останніх років намагається перебудувати успадковану систему метрології і стандартизації в сучасну систему ТриС. Перший етап на цьому шляху розпочався з прийняття Закону «Про стандартизацію» від 1995 р., де вказувалося, що крім державних, застосовувалися і міждержавні стандарти країн-учасниць СНД. Другий етап розпочався у 2004 р. з впровадження Закону «Про технічне нормування і стандартизацію» [142; 452–453; 515].

Міжнародну організацію зі стандартизації (ISO) організовано 1946 р., затверджено 23 лютого 1947 р. Національними органами зі стандартизації (25 організацій). Україна в складі СРСР була однією із засновників цієї установи і членом органів управління. Представник Державного стандарту СРСР двічі обирався головою різних заходів. Україна як окрема держава стала членом організації ISO з 1993 р. Оскільки діяльність ISO стосується дотримання стандартизації практично в усіх галузях, окрім електротехніки та електроніки, які відносяться до діяльності Міжнародної електротехнічної

комісії, то участь у цій організації необхідна для економічного розвитку держави. Структура ISO також займається термінологією і питаннями сертифікації. Завданнями ISO являються: впровадження і розвиток стандартизації, а також іншої діяльності з метою міждержавного обміну товарами, послугами, співробітництво в науці, техніці і економіці. Україна представлена в ISO Центральним органом виконавчої влади з питань стандартизації [250].

Міжнародну електротехнічну комісію створено 1906 р. 13-а державами-учасниками, хоча ця співпраця почалася ще раніше. В 1881 р. було організовано I Міжнародний конгрес з електрики, де з'явилися ідеї щодо створення Міжнародної електротехнічної комісії, яка після 1945 р. стала автономною організацією. Ця організація проводить процес стандартизації в електротехніці і приладобудуванні. Вона налічує більше 40 членів державних комітетів стандартизації. Стандарти цієї організації можна поділити на – загальнотехнічні і на визначену продукцію. До XXI ст. прийнято більше 2 тис. стандартів, які схожі на стандарти ISO, тому ці міжнародні організації поєднали свої можливості у впровадженні і розробці стандартів з якості продукції. В ISO процес впровадження стандартів триває до 4-х років, оскільки узгодження здійснюється листуванням між центрами. В ISO та Міжнародній електротехнічній комісії з 1993 р. Україну представляє Держспоживстандарт. У 2004 р. Україна ввійшла до Ради комітету ISO до 2006 р. і стала членом Ради ISO зі стратегії [344]. ISO9000 як міжнародний стандарт визначає розробку і правильне функціонування системи якості. Історія такої бази стандартів починалася з американських військових стандартів MIL-Q9858 у 1950-х рр. Ці стандарти стали аналогом для англійської бази стандартів BSI5750 у 1979 р. Стандарт BSI5750 став першоосновою стандарту ISO9000 (1987). Функціями ISO забезпечується періодичне переоформлення і редагування стандартів ISO9000 для забезпечення управління якістю. В 1994 р. вийшла 2-а редакція ISO, яка

містила 24 стандарти, а в 2000 р. вийшла 3-я редакція ISO з ISO9000, ISO9001, ISO9004 [250], а саме:

- 1) ISO9000:2000. «Системи управління якістю. Основні положення та словник».
- 2) ISO9001:2000. «Системи управління якістю. Вимоги».
- 3) ISO9004:2000. «Системи управління якістю для поліпшення діяльності» [250].

Перевага стандартів ISO14000 полягає у створенні на їх основі тестів і методів визначення захищеності оточуючого нас середовища для багатьох сфер діяльності на міжнародному рівні.

Європейський комітет зі стандартизації (1961), до його складу входять 18 держав. Загальною метою цієї організації являється бурхливий розвиток торгівлі методом розробки європейських стандартів. На ці стандарти можуть посилатися Європейський союз та міжурядові установи. Європейський комітет зі стандартизації використовує стандарти ISO і Міжнародної електротехнічної комісії. Крім європейських норм, ця організація готує документи та стандарти першої редакції для усунення технічних перешкоджань у торгівлі нової продукції. Установа розробляє стандарти на продукцію і послуги, що забезпечують якість продукції та акредитацією лабораторій контролю, тому прийняті європейські стандарти EN29000, які співпадають зі стандартами ISO9000 і EN45000 (сертифікація продукції). У цей Комітет з 2005 р. входить Держспоживстандарт України і має статус Партнера. Україна кожного року платить за членство і державу представляють українські спеціалісти у 3-х технічних комітетах цієї організації.

Європейський комітет стандартизації в електротехніці (СЕНЕЛЕК) створено 1971 р. Членами СЕНЕЛЕК є 17 країн. Основною метою СЕНЕЛЕК є розробка, впровадження стандартів на електротехнічну продукцію у співробітництві з Європейським союзом. СЕНЕЛЕК розглядає стандарти як засіб для створення і розвитку єдиного європейського ринку. Основний

напрямок роботи організації це усунення розходжень між державними стандартами і продукцією. З 2001 р. Україна представлена в цій організації як філія. Тобто, Україна отримує лише право на отримання інформаційних документів для впровадження.

Європейський інститут стандартизації електрозв'язку (ETSI) створено у 1988 р. Основною задачею інституту є визначення стандартів, на основі яких створюється інфраструктура електрозв'язку для забезпечення сумісності устаткування, послуг, стандартизація телемовлення, радіомовлення і допомога електрозв'язку в загальноєвропейській політиці.

Міжскандинавська організація зі стандартизації (ІНСТА) організовано 1952 р. У її складі: Данія, Фінляндія, Норвегія, Швеція. Діяльність ІНСТА полягає не в розробці своїх стандартів, вона завжди використовує міжнародні стандарти і її завданням являється уніфікація технічних вимог державних нормативних документів на основі стандартів ISO, Міжнародної електротехнічної комісії, Європейського комітету зі стандартизації, обмін інформацією між членами ІНСТА в міжнародних організаціях стандартизації і досягнення угод між скандинавськими країнами. Організація намагається усунути перепони у торгівлі в скандинавському регіоні. Для досягнення визначеної мети необхідно гармонізувати стандарти і створити єдину систему сертифікації продукції [250].

Метрологічною системою Великобританії є Британська метрологічна служба Міністерства промисловості (заснована у 1966 р.), у Франції – Національне бюро метрології, у США – Національний інститут стандартизації і технології, в Китаї – Національний інститут метрології, що підпорядкований Державному управлінню метрології і т.д [110, с.109].

Перехід економіки Російської Федерації на ринкові відносини і розширення економічної самостійності та господарської діяльності, необхідність інтеграції у економічне співтовариство привело до забезпечення створення законодавчої бази. Вона застосовується в розвинених країнах для

регулювання проблем якості продукції. Прийнятий у 1993 р. Закон Російської Федерації «Про стандартизацію» установлював загальні норми, принципи, терміни, організацію роботи в стандартизації, а Угода «Про технічні бар'єри у торгівлі», (1994) забезпечила контроль якості продукції. З 1 липня 2003 р. було введено Федеральний Закон №184-ФЗ «Про технічне регулювання» [451; 624; 638].

4.3. Становлення і розвиток сертифікації в ХХ ст.

4.3.1. Становлення і розвиток сертифікації у другій половині ХХ ст. Генеральна угода з тарифів і торгівлі.

Сертифікація відома як діяльність з офіційної перевірки й таврування (або пломбування) приладів (ваги, гирі). Знак тавра завжди свідчив про те, що продукція виконує сертифікаційні вимоги з метрологічними характеристиками. Термін «сертифікат» використовувався в міжнародній метрологічній практиці, наприклад як документ до прототипу кілограма, який отримала Росія у 1879 р. Вперше Німецький інститут стандартів (DIN) у 1920 р. запропонував і організував у Німеччині знак стандарту DIN, який поширюється на все, крім газового устаткування і продукції зі спеціальним порядком проведення випробувань та контролю на виробництві. Знак DIN запроваджений у Німеччині Законом «Про захист торгівельних знаків». Прикладом виваженої сертифікації може бути система сертифікації електротехнічного обладнання під контролем Німецької електротехнічної асоціації (VDE). У Великобританії сертифікація носить в основному добровільний характер, окрім галузей, де за Урядовими наказами є обов'язковою [96; 117].

Грунтовна система сертифікації заснована Британським інститутом стандартів. Для продукції, яка проходить сертифікацію у цій системі, засновано знак відповідності, зареєстрований британським законодавством. Протягом сторіч діють класифікаційні організації, які є незалежними.

Наприклад, установа «Регістр Ллойда» з представництвами у 127 державах і залишається лідером сертифікаційних впроваджень. Декретом від 1938 р. у Франції було створено Національну систему сертифікації під знаком Французький стандарт (NF). Відповідальність за управління цією системою була у Французької асоціації стандартизації (AFNOR). У порівнянні з Західною Європою, у США немає єдиних правил сертифікації, а діють безліч систем, створених в асоціаціях і приватних компаніях. У стандартизації – норми і стандарти розробляються і впроваджуються організаціями з різним статусом, але незважаючи на відсутність одного національного органа з сертифікації, на який могло бути покладене управління сертифікаційною діяльністю є спроби створити загальні критерії для існуючих систем сертифікації [50-51].

У світовій практиці сертифікації найбільшою організацією можна назвати Генеральну угоду з тарифів і торгівлі (ГУТТ). Близько сотні країн дотримуються її рекомендацій в галузі стандартизації й сертифікації. Нею розроблено багато нормативних документів, сертифікатів відповідності й вимоги до тарифів міжнародного зразка. В 1975 р. у Гельсінкі й у 1989 р. у Відні проходили Народи щодо безпеки та співробітництва в Європі, на яких була відзначена важливість співробітництва в сфері сертифікації і необхідність її використання для зближення й розширення зв'язків. Комітет сертифікації, що належить до відомства ISO і займає позицію в організаційно-методичному забезпеченні сертифікації, в 1985 р. перейменовано у Комітет з оцінки відповідності. У 1987 р. були опубліковані стандарти ISO9000, що узагальнили досвід багатьох країн. Поряд з ISO проблемами сертифікації займається Міжнародна електротехнічна комісія, якою розроблено дві системи міжнародної сертифікації [250]. На відповідність стандартам Комісії, у 1980 р. проводилася експертиза виробів електротехніки. Саме ця Комісія розробила систему стандартів, названою системою вимірювання. З 1984 р. почала діяти загальноприйнята сертифікація електротехнічних виробів, створена Комісією. Відповідно до

цієї системи оформляється сертифікат якості електротехнічних виробів, оскільки вона в першу чергу вимагає підтвердження безпеки побутової електротехніки, медичних приладів, кабелів і іншої продукції. В 1991 р. затверджено «Правила впровадження й використання систем Європейського комітету стандартів» Генеральною асамблеєю Європейського комітету стандартів, там же були прийняті загальні положення з систем сертифікації, на підставі яких створено сертифікат міжнародного зразка. Було заплановано усунення до 1992 р. відмінностей між стандартами й технічними регламентами. Відправною точкою для створення документів стало Положення про допуск на ринок продукції, яка виготовлена на території інших країн. У Європі на сьогоднішній день існує більше 700 організацій з сертифікації, дії яких погоджені.

Для виконання однакового підходу до розв'язку питань управління якістю, усунення відмінностей і гармонізації вимог на міжнародному рівні в складі ISO створено технічний комітет (ТК176 «Управління якістю й забезпечення якості»), у завдання якого входила стандартизація й гармонізація основних принципів систем якості. Опираючись на національний досвід в області стандартизації й забезпечення якості, технічний комітет ISO/ТК 176 розробив і в 1987 р. опублікував перші стандарти ISO9000. Крім того, було розроблено словник термінів і їх визначень в забезпеченні якості – ISO8402:86 [250; 584]. У кінці 1980-х рр. організовано відділення сертифікації фахівців. У 1989 р. широко відома фірма Novell реалізувала першу програму сертифікації фахівців – Certified Novell Engineer (CNE), а потім сертифікація фахівців поширилася настільки, що стала окремим бізнесом.

У 1993 р. Закон Російської Федерації «Про захист прав споживачів» установив обов'язок проходження сертифікації безпеки товарів для споживання. Основна концепція полягала в заміщенні системи державного управління і контролю якості за продукцією на систему регулювання методів контролю безпеки продукції. До сьогодні формуються законодавча база

відповідності продукції [607, с.312]. У складі майнових комплексів виробничої діяльності відповідно до законодавчої бази Російської Федерації було визначено два напрямлення регулювання якості, а саме: якість властивостей продукції і систем обігу продукції на різних періодах життєвого циклу. З далекоглядною ціллю вступу Росії у Всесвітню торгівельну організацію (ВТО) у грудні 2002 р. прийнято Закон «Про технічне регулювання». Російська Федерація як і Україна є учасником такої міжнародної системи сертифікації як ISO тощо.

4.3.2. Законодавча база сертифікації, її аналіз.

Необхідність забезпечення надійної законодавчої охорони товарного знаку має довгу історію. Було визнано санкцію за підробку товарного знаку, ініціатором такого підходу у XVIII–XIX ст.ст. стала французька буржуазія. Потім законодавство про знаки розвивалось відповідно до потреб розвитку капіталістичного виробництва. В останній третині XIX ст. у розвинутих країнах було прийнято законодавчі акти щодо охорони товарних знаків, а саме: Франція – 1857 р.; Італія – 1868 р.; США – 1881 р.; Великобританія – 1883 р.; Німеччина – 1894 р.; Росія – 1896 р [85; 617, с.17–19].

Шість основних стандартів: ISO9000:87, ISO9001:87, ISO9002:87, ISO9003:87, ISO9004:87 і ISO8402:86 стали основою комплексу стандартів. Наприклад: ISO8402:86 Терміни й визначення; ISO9000:87 Посібник стандартів ISO9000 і т.д [250].

Стратегія подальшого розвитку цих стандартів передбачає, що кожний новий стандарт готується як доповнення за одним з наступних напрямків: загальне управління (ISO9000 і 9004); вимоги до систем якості (ISO9001, 9002, 9003); допоміжні технології забезпечення якості (стандарти цього напрямку утворюють новий індекс ISO10000, який було зарезервовано для ТК 176); термінологія в управлінні якістю й забезпечення якості (ISO8402). Якість продукції дотримується, коли вимоги пред'являються до визначення очікувань споживачів, до якості проектування конструкцій і технологій, до

якості сировини, до якості здійснення технологічних процесів, якості роботи спеціаліста.

При управлінні якістю необхідно виключити навіть ненавмисне використання неякісних деталей. Методи управління якістю повинні бути зафіксовані й докладно описані в робочих інструкціях. На сьогоднішній день більш 70 країн мають національні стандарти, еквівалентні міжнародним стандартам ISO9000, більше 500 тисяч компаній сертифікували свої системи підвищення якості. Стандарти ISO9000 уперше з'явилися в 1987 р., а в 1994 р. були переглянуті ISO/TK 176. У 2000 р. запроваджено стандарти ISO9000 в новій редакції і замість терміна «система якості» у стандартах ISO9000 (2000) уведено поняття «система менеджменту якості» [250; 408].

Висновки до розділу 4

В четвертому розділі «ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ) У XVIII-XX СТ.СТ.» висвітлено становлення та впровадження стандартів і стандартизації (XVIII–XIX ст.ст.), перші стандарти, клейма, торгові марки, формування основ законодавчої бази стандартизації, показано розвиток стандартизації в XX ст. з аналізом діяльності Інститутів стандартів, лабораторій стандартів і визначенням їх значення в XX ст., проаналізовано становлення і розвиток сертифікації в XX ст. перевірки відповідності стандартів, її законодавчу базу.

Виявлено передумови виникнення стандартизації, сертифікації, що містяться у суміжних наукових напрямках, які сформувалися раніше, а саме у фізиці, хімії, архітектурі, скульптурі і т.д. Проаналізовано та узагальнено законодавчу базу стандартизації і сертифікації з давнини (від указів, торговельних і митних книг, книги сошного письма, клейм) до сьогодення (стандартів, еталонів, норм, сертифікатів) та поставлені акценти на окремих

стратегічних засадах, які необхідно ввести в законодавчу базу України для досягнення якості і конкурентоспроможності продукції.

Визначено, що знак відповідності (прототип сертифікації), яка поширюється на всю продукцію, прийнята в 1920 р. у Німецькому інституті стандартів. На прикладах розвитку західноєвропейської цивілізації визначені можливі стратегічні напрямки розвитку стандартизації в Україні, а саме: активна роль у розвитку європейської та міжнародної систем стандартизації, підтримка інновацій і співпраці між дослідницькими центрами, бізнесом та стандартизацією і дослідження економічних переваг стандартизації. Визначено, що головною метою національної стратегії стандартизації є забезпечення України методами стандартизації позиції провідної технологічної нації, щоб у майбутньому відігравати роль лідера у зміцненні, формуванні та освоєнні стратегічно важливих регіональних та світових ринків у важливих виробничих секторах. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [690; 693; 706].

РОЗДІЛ 5

ІСТОРІЯ ПРИКЛАДНОЇ І ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ І РОСІЇ В XVIII СТ. – 1950-Х РР.

5.1. Передісторія метрології в соціально-культурному контексті (IV ст. до н.е.–XVII ст.)

У кінці III – на початку II тис. до н. е. з індоєвропейської групи виділилася балтійсько-слов'янська група, яка і стала початком слов'янської історії. У I тис. до н. е. в Причорномор'я і Крим прийшов іраномовний народ, який не мав особливих культурних здобутків та писемності, але засобами декоративно–прикладного і образотворчого мистецтва зробили певний внесок у розвиток земель України, і в становлення уявлень про міряння. До цих народів належали кіммерійці, скіфи і сармати. Одним з перших народів, культуру якого зберегла на своїх теренах Україна, були кіммерійці, які з'явилися в українських степах у кінці бронзового віку (приблизно 2800–1200 рр. до н.е.). За кіммерійських часів в Україні у вжиток увійшло залізо, яке витіснило бронзу (XII ст. до н.е.–IV ст.). Спостерігалось удосконалення виробництва, збудовано численні городища з ровами навколо них. В образотворчому мистецтві кіммерійців простежувалось дві складові – прикладне мистецтво і різьбярство. Перше репрезентовано художньою ливарною справою з бронзи і металів, мистецтвом різьби по кістці, друге – монументальною скульптурою. Скіфська кераміка виготовлена без допомоги гончарного круга. Скіфський посуд був різноманітної форми, поширення набули бронзові казани, висота яких становила приблизно 1 м, вони також мали тонку ніжку і дві непропорційні ручки. Мистецтво Скіфії відомо завдяки археологічним розкопкам, під час яких знайдено предмети зі скіфських курганів (VII–III ст.ст. до н.е.). У південних частинах

Правобережної і Лівобережної України знайдено великі кургани, де поховано скіфських царів (Чортомлик, Солоха, Куль-Оба, Братолюбівський, Товста і Гайманова Могили, а також могильники Полтавщини, Київщини, Херсонщини) [164, с.84; 454, с.29; 522].

Близько II ст. до н.е. скіфський народ витіснили сармати до Кримського півострова і Північного Причорномор'я. Сарматам, які мешкали між Доном і Уралом, автори Античності приділяли більше уваги. За Геродотом, сармати розмовляли мовою, схожою на скіфську, тому можна вважати їх іраномовними. Сарматське мистецтво і технології подібні до скіфських. Сармати і скіфи дотримувалися в мистецтві «звіриного» стилю з властивими йому особливими рисами. Сармати володіли ковальським, шкіряним, деревообробним і бронзоліварним виробництвом, але вони не досягли рівня ремесла, хоч і мали деякі уявлення про міряння і примітивні вимірювальні пристрої. Культура сарматів (II ст. до н.е.–IV ст. н.е.) пов'язана зі стародавньою культурою України і є її складовою, оскільки була не ізольованою і з часом пов'язалася з традиціями та культурою племен, що жили на території України.

В період Античності архітектурні стандарти існували практично ціле тисячоліття. Вони найкраще проявилися у ранньосередньовічних містах Кримського півострова, де існував культурний шар від залишків архітектури до рештків статуй, монет і т.д. Наприклад, керченське зібрання нараховує понад двох тисяч предметів і є одним з найвідоміших і великих у світі. Особливістю античного будівництва стала унікальна розробка стандартного прямокутного планування міста, де споруди об'єднувалися в квартали, вулиці перетиналися тільки під прямим кутом. В містах, дороги викладали дрібним каменем приблизно однакового розміру, а вздовж доріг були водостоки. В містобудуванні однією з помітних рис була ордерна система, велика кількість колон, портиків, капітелей. Практично всі міста оточувалися фортецями та муром. Площі мали чітку квартальну структуру, де зводили адміністративні та громадські споруди – гімназії, театри, бібліотеки тощо.

Для великих міст типовою була тридольна схема розташування, а саме: низ з житловими кварталами, схили з торгівельними рядами і верхнє місто з храмом. Верхнє місто не завжди мало акрополь, такими містами були Ольвія, Херсонес, а в Пантікапеї акрополь був добре укріплений.

Херсонес засновано наприкінці IV ст. до н.е. як самостійне місто-державу з демократичними нормами управління. Народні збори, що склалися з вільних громадян, вирішували питання війни й миру та затверджували закони. Міська рада, яка щорічно обиралася, готувала проекти законодавчих актів і контролювала діяльність виконавчих органів. Наприклад, організована колегія стратегів контролювала обороноздатність, номофілаки (контроль закону), а також зберігала документи. У Херсонесі існували метрологічні «інститути», які здійснювали контроль за дотриманням норм у цій системі. В місті з кінця IV ст. до н.е. існував «інститут» магістратів, який здійснював періодичний контроль за дотриманням мір і їх регулюванням, а також регулював грошовий обіг у Херсонесі [234; 315, с.25; 331; 595].

Існував також «інститут» агораномів – ринкових наглядачів, які повинні були стежити за правильним уживанням ринкових мір торговцями й визначали міри покарання для шахраїв. В Стародавній Греції та її колоніях для контролю використовували еталони мір. Наприклад, у Херсонесі еталони були для амфор, черепиці з мармуру і каменя. Гончарі постійно знімали з них розмірні параметри для відтворення в своїх виробках. Існували також зразкові гирі – кам'яні, залізні, бронзові, різноманітного призначення, наприклад, гирі з бронзи, які акуратно виготовлені з рівною поверхнею та клеймом на ній. Зразкові, еталонні, гирі використовували для перевірки ваги. Бронзові, залізні, свинцеві гирі з невеликою вагою часто застосовувалися в торгівлі. Наприклад, кам'яними гирями зважували оптовий товар. На деяких металевих гирях були напівсферичні тиснення. Вважається, що в такий спосіб проводилося таврування гир після перевірки ваги. Як результат діяльності «інституту» магістратів стало те, що на території Херсонеса

використовувалася єдина монетно-вагова система, а також керамічна тара й черепиця, виготовлені за стандартними еталонами [7; 234; 429].

Забудова Херсонеса велася із застосуванням стандартних мір довжини. Основний джерельний матеріал для реконструкції знань про архітектуру Херсонеса це можливість обмірювання кварталів у районах міста. Блоки для будівництва везли з Карантинної бухти, вони були однакової довжини (до 1,8 м) [52; 603, с.30]. Обмірювання кварталів дало такі результати: перший та третій квартали мали розміри – 52,5 м·52,5 м, другий та четвертий з розмірами – 52,5 м·26,5 м. Ширина вулиць, які прилягали до кварталів становила 6 м. Проведені обмірювання дозволили зробити реконструкцію плану старовинного міста. Воно поділялося на квартали поздовжніми й поперечними магістралями за Гіпподамовою системою [522; 603, с.101]. В результаті утворювалася мережа квадратів, які чергувалися, а також прямокутників з відповідними розмірами 52,5 м·26,5 м або 100·50 єгипетських ліктів. Філософ Вітрувій, вважав, що при спорудженні будинку архітектор повинен був більше уваги приділяти дотриманню пропорцій, і розміри споруд Херсонеса справді відповідали певним стандартам. Найбільша кількість будинків мали розміри за осями кладок приблизно 12,4м·2,4 м [52; 315, с.254; 331].

Розмежування ділянок для землеробства відбувалося за такими ж стандартами. Для цього землемірами розбивалася сітка квадратів на даній місцевості, сторона квадрата становила 52,5 м. При археологічних розкопках Херсонеса на його вулицях виявлено прибудовані до стін споруд додаткові мури й стіни, які зменшували ширину вулиці. Призначення цих стін, можливо зрозуміти після вимірювання, а саме що в римський період підганяли таким чином ширину вулиць під визначені державою стандарти. В Херсонесі при будівництві використовували пус (грецький фут, що дорівнював 29,62 см). За висловлюваннями Фелона Візантійця, в Херсонесі при будівництві стін у низинах, нормою була товщина в 10 ліктів (4,6 м), а

другий і третій яруси стіни мали товщину не менше 7 ліктів (3,4 м) [297; 603, с.34-45].

У V–IV ст.ст. до н.е. поширилося спорудження культових споруд – храмів і вівтарів. В містах-державках періоду Античності і важливих святилищах було збудовано не менше 15–20 храмів, зокрема храм Аполлона в Ольвії (V ст. до н.е.) та храм у Пантікапеї (IV ст. до н.е.), основою конструкції якого були шість колон, довжина фасаду 20 м, а площа – до 1000 м². Цей храм мав двоскатний дах з черепиці і містився на горі Митридат з багатоступеневим цоколем, тобто не руйнував ландшафту місцевості. Залишилися пам'ятки таких типів у Боспорському царстві. У IV ст. до н.е. будували склепи Царського та Золотого курганів з унікальними фресковими розписами. Залишилися пам'ятки цього періоду в Україні, наприклад склепи III ст. до н.е. (курган Васюринської гори) [429; 523].

Найпомітніше, розвиток творчості проявився в зарубинецькій та черняхівській культурі (II ст. до н.е.–V ст. н.е.). Залишки зарубинецької культури знайшов В.В.Хвойко (у 1899–1901 рр.) у с.Зарубинці на Київщині, а черняхівської у с.Черняхове на Київщині [335–336]. Необхідно згадати і видатного українського археолога, етнографа і антрополога Ф.К.Вовка (1847–1918), який в своїй докторській дисертації досліджував скелетні видозміни у приматів і у людей (1900), для чого проводив вимірювання. Цю працю відзначено великою золотою медаллю Брока Паризького антропологічного товариства, а також надано ступінь доктора природничих наук у Сорбоні (1905) [33, с.15].

Провідною галуззю слов'ян у господарстві було землеробство (орне), ділянки експлуатувалися до виснаження. Прогрес у землеробстві зумовлювався вдосконаленням знарядь праці. В I ст. до н.е.–I ст. у зарубинецькій культурі використовували дерев'яне рало, а в черняхівській – плужне рало з залізним наральником. У VIII–X ст.ст. збільшилися розміри оброблюваних ділянок і почала вдосконалюватися конструкція цих знарядь. Врожай збирали серпами та залізними косами. У VIII–X ст.ст. масово

використовували жорна, плуг з залізним ралом, що збільшило глибину оранки (10–15 см) і підвищило продуктивність праці, збільшило якість обробки землі та сприяло освоєнню нових земель [335].

Землеробство визначило розвиток багатьох галузей господарства, зокрема металургійної справи, ковальства, гончарства, обробки деревини, шкіри, каменя, прядіння, ткацтва, виноробства, де використовувалися одиниці вимірювання і примітивні вимірювальні пристрої. Основним у господарському житті слов'ян була обробка і добича заліза, яке одне з перших стало окремою галуззю. Відзначається дуже широкий асортимент залізних виробів та покращення їх технічного рівня. «Металургам» давнини була відома сталь і різні методи її виплавки. В цей період певних успіхів досягло гончарство. Керамічні вироби з чорної глини зарубинецької культури виготовляли руками, а черняхівської – за допомогою гончарного круга з сірої глини. З II ст. н.е. гончарна справа стала масовою і орієнтувалася на потреби людей. Черняхівська кераміка відзначалася високим технічним рівнем, оскільки кожна обпалювальна піч за один раз могла «пропустити» близько 100 виробів. Також важливе значення у виробництві слов'ян посідала деревообробка. За археологічними знахідками стало відомо, що прототип токарного верстату у них з'явився ще у III–IV ст.ст. На завершальному етапі формування держави, на території Київської Русі провідними стали будівництво, різноманітні ремесла, розвивалася писемність, календарна система. Було знайдено чимало виробів з унікальними графічними орнаментами, аналіз яких (Б.О.Рибаков) показав, що це була календарна система. Завдяки їй слов'яни проводили обряди, рахували [523; 524].

Багато спеціалістів, наприклад Ю.В.Кухаренко, Л.Д.Поболь, зі слов'янами пов'язують зарубинецькі традиції і культуру. Деякі науковці вбачають її походження зі скіфської культури, інші – в поєднанні декількох культур [336]. Щодо черняхівської культури, то, можливо, вона пішла від готів, які переселилися з території Польщі до Північного Надчорномор'я і

створили тут свою державу [335; 370]. Черняхівська культура у II–IV ст.ст. стала основою українського культурного ґрунта. Все це виявилось у характері й типу поселень, територія одних простягалася до кілометра, інших – до 200–300 м. Архітектурні споруди мали ознаки зарубинецької, дако-гетської і скіфо-сарматської культури. Для лісостепу України характерно будівництво землянок і напівземлянок на основі стовпової конструкції, потім відбувалася обробка цих будівель хмизом і глиною, а також було поширено зрубні конструкції. Особливістю будівництва Північного Причорномор'я було використання каменя. Такі споруди теж склалися з трьох приміщень, до яких приєднувалося подвір'я.

Найзначнішим досягненням черняхівської культури стало винайдення печі, що суттєво вплинуло на планування будинку. Традиційно піч займала центральну частину житла і не була великою. Вибудовували її з каменя – на ґрунті, а потім ставили на платформу. Це була піч без димаря і називалася «курною», тобто дим виходив через дірку в даху або в отвір зверху на зрубі. Протягом століть піч вдосконалювалася, ускладнювалася її конструкція і збільшилася у параметрах. Наприклад, валькована піч, димохід якої виводився в сіни, залишалася на території України (Полісся) до XIX ст. Тільки в XVI–XVII ст.ст. в Україні поширилася піч і камін з димарем. Культурні традиції, характерні для Середньої і Верхньої Наддніпрянщини, Наддеснянщини та інших прилеглих територій України, сформовано в кінці I тисячоліття і належали до пізнього етапу зарубинецької культури, яка, як і черняхівська є основою середньовічної культури слов'ян. Її національні особливості проявилися, зокрема в архітектурі. Наприклад, будинки киян були заглиблені в землю, мали вигляд зрубною конструкції з дахом на два схили, вкритим очеретом, соломою або землею. Стовп, який було вкопано посеред хати, тримав дах. Біля стовпа розбивали вогнище, а на ньому розміщувалися предмети культового призначення. Оскільки існувало безліч господарських споруд, можна стверджувати, що носії київської культури розвивали землеробство і скотарство. Крім господарських ям-погребів, були і

спеціальні приміщення для худоби та інших справ. Зводилися погребі, над якими споруджувалася плетена конструкція з дахом [523; 524].

Стародавні кияни проживали у невеликих поселеннях по 10–15 дворів. Представники зарубинецької культури мешкали у великих поселеннях, де житла розміщувалися групами сімей, общин. Родини з такої громади склалися з великих та малих сімей патріархального типу. Усі національні особливості, наприклад, поселення, каркасна конструкція архітектури, родинний устрій, вказують на формування розвинутого типу господарювання в межах київської культури, яка ґрунтується на орному землеробстві і скотарстві. Культура стародавнього Києва стала основою етнічних традицій. Щодо міряння в Україні, за повідомленнями літописів, а також за результатами розкопок можна судити, що старі майстри були знайомі з примітивним вимірюванням й вимірювальними засобами [758–759; 761, с.61].

Можна припустити, що потреба у вимірюваннях виникла, коли у людини з'явилася необхідність і потреба визначити розміри своєї ділянки, відстань до об'єкту, розміри при будівництві житла та ін. Тіло людини використовувалося для визначення мір довжини, наприклад, великий палець – це дюйм, стопа – це фут і т.д. Основна частина мір мала антропометричне походження. В Київській Русі у побуті було запроваджено:

- а) вершок «верх перста» як довжина вказівного пальця;
- б) п'ядь від «п'ять», «п'ятірня» – відстань між великим та вказівним пальцями;
- в) лікоть – міра довжини від ліктя до середнього пальця;
- г) сажень – від «досягати», діставати;
- д) коса сажень – відстань від ступні лівої ноги до середнього пальця витягнутої уверх правої руки;
- ж) верста від «верти», «повертай» плуг назад, довжина борозни [45; 408].

Нерідко за ці еталони-зразки правили господарські, побутові предмети, наприклад, коса, відро, весло, бочка тощо. В деяких місцях існували вельми оригінальні міри для вимірювання відстані – кидь (Харківщина), довержай (Закарпаття), палку закинути (Полісся). На Полтавщині була одиниця – приг (сажень), що утворювався при стрибанні за допомогою палиці. Розповсюдженою мірою була гона: добра гона (120 сажень), середня гона (80 сажень), мала гона (60 сажень). Для точного вимірювання землі до одиниць вимірювання додавали гаки (див.додаток Б, табл.Б.5–Б.6) [639; 643].

Провідною галуззю Київської Русі було сільське господарство, завдяки використанню досконалих на той час і різноманітних знарядь праці – плуга, рала, серпа, коси. Поширеними народними способами вимірювання площі земельних ділянок українських селян були площі прямокутника 30 на 80 сажень або 40 на 60 сажень [639, с.210]. Побутували такі народні міри, як десятина, морг, день, опруг, лан, півланок, обріз, клітка. Деякі з мір означали кількість часу для обробітки або кількість зібраного врожаю з певної площі. Одиниці міри землі такі як морг та волока, прийшли в Україну з Речі Посполитої. Наведемо декілька мір [639, с.37]:

а) десятина – одиниця земельної площі дорівнювала приблизно 2400 квадратних сажень;

б) волока – одиниця площі землі (30 морг) і поширена на Правобережжі;

в) морг – одиниця площі землі, яка використовувалася в основному в Західній Україні і дорівнювала 0,57 га;

г) день – одиниця площі, ділянка приблизно 1800 сажень, яку можна обробити або зорати плугом за один день;

д) лан – міра орної землі від 10 до 30 десятин;

ж) гона – міра відстані, довжина лану (див.додаток Б., табл.Б.5–Б.6).

В Київській Русі використовувалася і давньоєгипетська система мір. Відповідність системи давньоруських мір довжини давньоєгипетській показав М.Т.Беляєв. Він визначив, що давньоруська система мір довжини

заснована на давньоєгипетській системі мір III ст. до н.е., її основа – лікоть (давньоруський – 538,5 мм, давньоєгипетський – 540 мм), міра площі – квадрат з ребром у лікоть. Наприклад, давньоруська сажень – 2154 мм, а давньоєгипетська – 2160 мм, давньоруський аршин – 718 мм, а давньоєгипетський – 720 мм [45; 781, с.23].

У Київській Русі для оцінки довжини великих відстаней як міру, використовували версти. Міра довжини сажень згадувалася в літописах ще 1017 р [781, с.17–18]. Лікоть широко використовували при торгівлі різними тканинами. Дрібною мірою була п'ядь, як довжина між великим та вказівним пальцями. Верста, на думку Д.І.Прозоровського [505–506], походила від дієслова «верстати», що означає «розподіляти», «зрівнювати», «зрівнювати методом порівняння». Тобто, верста означає міру за якою слід рівняти інші міри. Верста згадувалася і в літописах Нестора, де дорівнювала 750 сажень [356; 710].

Лікоть – міра довжини від згину ліктя до середнього пальця. Вперше лікоть як міра довжини згадувалася в «Правді Руській» Ярослава Мудрого і «Патерику Києво-Печерському» [460; 484]. Значення давньоруського ліктя становила 46–47 см і було отримано ігуменом Даніїлом. Якщо погодитися з висновками М.В.Устюгова [643] і Л.В.Черепніна [758-759], що лікоть дорівнював одній третині сажні, то його значення повинне дорівнювати або 47 см (при сажні 142 см), або 51 см (при сажні 162 см). Лікоть широко застосовували в торгівлі як зручну міру. У роздрібній торгівлі використовувався лікоть і після появи аршина у XVI ст.

В Київській Русі існувало понад 60 ремесел. Технічних навичок вимагало ковальське мистецтво. Ковалі вміли виконувати багат шарове зварювання заліза і сталі, створювали складні системи замків. Замки використовувалися з IX–X ст.ст. [248, с.27]. Серед інструментів столярів були сокира, молоток тощо. Для вимірювання теслярі використовували розміряч, отримач [639, с.66]. Вважали, що давні архітектори будували без

розрахунків, але зодчі Русі знали пропорції, а з розрахунками їм допомагали графіки-вавилони (див. додаток В, рис. В.1) [522; 698].

Б.О.Рибаков представив давньоруські міри як єдину систему і показав, що сажні – це геометричні лінії розрахункової таблиці зодчих (вавилони). Вавилони – дощечки із зображеною на них схемою пропорційних співвідношень (див. додаток В, рис. В.2). Використовуючи їх, зодчі могли знайти всі необхідні пропорції майбутньої будівлі. При порівнянні знайдених на Русі вавилонів з обміром архітектурних пам'яток і з системою російських мір, виявилось, що всі давньоруські міри уклалися в графік вавилона зі стороною в мірну сажень [247, с.13; 522]. Отже, знаючи властивості вавилона, можна швидко дати кілька пропорційних рядів і т.ін.

Ні в давньому світі, ні у Середньвіччі не було метрологічної служби, але існують відомості про впровадження еталонів та зберігання їх в монастирях, церквах, про перевірки засобів вимірювань. Документи Х ст. засвідчують про існування державного нагляду за мірами. У Статуті Володимира Великого про церковні суди (996) вказувалося про міри, які застосовувалися в торгівлі, побуті «...блюсти без пакости...». Пояс Володимира Великого мав 108 см та став еталоном довжини. У Великому Новгороді діяла Палата мір і ваги в церкві Івана Предтечі. Також діяв Устав князя Новгорода Всеволода «Про церковні суди, про людей і про міри торгівлі», (1136). У цій церкві зберігалися еталони, такі як пуд, гривенка, лікоть [110, с.63; 615].

Точні вимірювання й розрахунки дали можливість досягти зодчим гармонійності в створенні архітектурних пам'яток. Поруч з храмом св. Софії в Києві стояв інший храм – Десятинна церква, збудована у 989–996 рр [169, с.59]. При розкопках Десятинної церкви було знайдено три печі для випалу плінфи (вид цегли). Біля однієї з них знайдено зображення тринефного храму, що являє собою фасад церкви, його масштаб – 1/75 справжнього розміру центральної частини церкви (див. додаток В, рис. В.3). Це було перше креслення, знайдене на місці будівельної площадки [247,

с.12]. Міри були пов'язані з числами. Давньослов'янська абетка оперувала великими числами, наприклад, тисяща – 10^3 , тьма – 10^6 , легеон – 10^{12} , леодр – 10^{24} , ворон – 10^{48} [764, с.13].

Великої майстерності від будівельників вимагало зведення мостів. У літописі «Повість временних літ» (XI ст.) згадувалося про мости у давніх руських містах Вруч'юм (нині Овруч) і Васил'єві. У 1115 р. Володимир Мономах, за свідченням Іпатіївського літопису, споруджував міст через Дніпро [248, с.15]. При цьому використовувалися різні види сажень, якими забезпечували зодчих давньоруські метрологи і завдяки яким вони отримували естетичні архітектурні пропорції [765, с.9].

Сажень згадувався в «Патерику Києво-Печерському» літописця Нестора, де за 1017 р. повідомлялося, що чернець Іларіон викопав собі печерку в дві сажні. Назва «сажень» походить від слова «сягати» (звідки отримали початок похідних «досягати», «досяжний») [460; 781, с.15].

Для визначення сажні визначну роль відіграла знахідка каменя в р. Тмутаракані біля Керченської протоки, на якому було висічено напис, що князь Гліб у 1068 р. виміряв море по льоду в сажнях (10000 і 4000 саженей). Порівняння цих вимірів ширини Керченської протоки і результатів, отриманих російськими топографами в першій половині XIX ст. у дореволюційних російських мірах, практично співпало. М.В.Устюговим [643] для давньої сажні знайдено значення, що дорівнювало 142 см. Воно розходилося з тим, яке вплигло зі значення версти, тому Б.О.Рибаков [138; 522–524] порівняв результати вимірювань при князюванні Гліба з вимірюваннями візантійських топографів у 952 р. щодо ширини Керченської протоки. І дійшов висновку, що вимірювання практично співпадають.

Міра «п'ядь» означала долонь і походила від слова «п'ять», на користь чого свідчить також слово «п'ятірня» – долоня руки з п'яти пальців. Під п'яддю спочатку розуміли міру довжини, яка дорівнювала максимальній відстані між великим та вказівним пальцями (180–190 мм). П'ядь згадувалася в описах подорожей паломників XII–XVI ст.ст. Її використовували для

визначення невеликих довжин. Отже, давньоруська система мір довжини мала наступний вигляд: 1 верста = 750 сажень = 2250 ліктів = 4500 п'ядей [781].

У Київській Русі міри площі були необхідні в основному для визначення розмірів земельних ділянок. Проте вимоги до точності цих визначень були невеликі через невизначеність меж земельних ділянок, які не завжди стикалися одна з одною. Існували такі назви земельних мір, як «будинок» (сім'я) або «дим», «рало», «соха» (див.додаток В, рис.В.4) та ін. Аналогічні міри застосовували і в інших державах, наприклад, римський югер – земельна ділянка, що оброблялася на двох волах протягом дня. Такі міри використовували, коли точному визначенню площі перешкоджало слабке знання основ геометрії [731].

Первинними мірами об'єму були звичайні для господарської практики посудини, які почали використовувати як міру кількості зерна, борошна при товарообміні. Міри об'єму існували для сипких і рідких тіл. Наприклад, відомий історик давньої метрології Ф.Гульч писав: «...З найдавніших часів міри об'єму почали розрізнятися залежно від того, чи призначалися вони для вимірювання рідин або сухих предметів...» [616, с.17]. Значення давньоруських мір рідин – спруда, бочки, відра до сьогодні точно не визначено. За підрахунками Д.І.Прозоровського, відро вмещало 24 фунти води (близько 9,8 кг) і було найпоширенішою і зручною мірою, яка збереглася. Використовували також великі міри об'єму, про що відомо з X ст. за літописними джерелами, де вказувалося, що в 996 р. Київський князь Володимир Великий влаштував велике свято, де наварили 300 провар меду [506]. «Провар» (вару) – велика міра для меду. Аналіз новгородських книг та берестяних грамот показав, що одна бочка та 20 відер дорівнюють трьом бочкам, тому одна бочка дорівнювала 10 відрам [577; 579].

Міри ваги використовувалися в основному в торгівлі. Наприкінці X ст. у Києві переважала торгівля товарами на вагу, в подальшому вона поширилася у Новгороді, Володимирі, Москві. У пам'ятках XI–XV ст.ст.

згадувалися пуд, гривна та ін. Але ці джерела не дають точних співвідношень мір, тому доводиться орієнтуватися на джерела XVI–XVII ст.ст., коли мали місце наступні співвідношення: 1 берковець=10 пудів=400 гривен (великі гривни)=600 гривен; 1 гривна=2 напівгривни=48 золотників=4800 пирогів. У цей час найбільша міра ваги – берковець дорівнювала 163,8 кг, пуд 16,38 кг, що повністю збігається з мірами до 1918 р.: 1 гривна = 204,8 г; 1 почка = 171 міліграм; 1 золотник = 4,27 г; 1 пиріг = 43 мг [781].

Назва пуд, за Д.І.Прозоровським, означає вагу. В давнину пуд означав не лише міру ваги, але і засіб для зважування, пуд приймався як одиниця вимірювання, так і рахунковою одиницею, якій віддавали перевагу перед берковцем навіть тоді, коли результати зважування дорівнювали сотні пудів [506]. Слово «гривна» використовували для позначення як вагової, так і грошової одиниці (міра цінності), зустрічалася в «Правді Руській» [484]. Гривна була найпоширенішою мірою ваги в торгівлі і ремеслі. Її застосовували при зважуванні золота й срібла.

Термін «золотник» спочатку означав золоту монету. Саме в цьому сенсі він використаний у договорі 911 р. київського князя Олега з Візантією. Як назва мір ваги в Стародавній Русі зустрічалася в Статуті про церковні суди 996 р. В подальшому почали уживати не лише слово «ваги», але і «дзвони» (договір Полоцька з Лівонією 1406 р.). На думку Д.І.Прозоровського, поява такої назви пов'язана з схожістю зовнішнього вигляду гир і дзвонів і з наявністю внутрішніх порожнеч у гирях (для заповнення цих порожнеч дрібними гирями), що додатково збільшувало їх схожість з дзвонами [506]. Діапазон вагових значень зважувальних предметів в період Київської Русі був широкий від золотих монет до частин воску і металу.

Результати археологічних знахідок показали, що давні міри монетної ваги в Стародавній Русі є і «торгівельною вагою». К.В.Болсуновський досліджував гирі Київського князівства XI–XIII ст.ст. та з'ясував, що вага найбільш збережених гир – 8,0 г. Археологічні знахідки другої половини XX ст. були ретельно розглянуті В.Л.Яніним. Основою монетної системи він

вважав срібну гривню, вага якої була приблизно 204,8 г. При зважуванні 600 злитків, середня вага (XI–XIII ст.ст.) дорівнювала 198 г. В.Л.Янін це пояснює вигаром срібла при виготовленні гривни. У випадках, коли будь-яка одиниця вимірювання мала кілька одночасно діючих і офіційно визнаних значень, наводилися всі ці значення [359; 794–796; 797, с.22]. Таким чином встановлено, що монетна і торгівельна вага тісно пов'язані. Було виявлено надзвичайно широкий асортимент мір монетної ваги. Ця система мір отримала в Київській Русі значно більший розвиток, ніж система мір торгівельної ваги, її номенклатура мір була багатшою.

В період Київської Русі застосовували гирі різної ваги, переважно залізні з бронзовим покриттям (від іржі), інколи – бронзові, мідні та ін. Використання цих гир пов'язано з грошима. Стародавня Русь імпортувала з VIII ст. велику кількість срібла, переважно у вигляді монет. Срібло використовували і для виготовлення посуду, прикрас та ін. У зв'язку зі стиранням і погіршенням якості, срібні монети ретельно зважували. О.І.Черепнін показав, що між вагами п'яти дископодібних рязанських гир, знайдених у похованнях XII–XIII ст.ст., існує співвідношення 4:5:7:18 і одна вагова частинка дорівнює приблизно 130 г (1,9 золотника, або 8,1 г) [758; 759].

Найдавнішою одиницею ваги й грошового рахунку була гривня. З появою карбованої монети грошовий рахунок стали вести на основі так званої монетної стопи, за яку приймали відношення між вагою монетного металу й кількістю монет, які чеканили зі злитка певної ваги. Монетну стопу можна або поліпшити, тобто чеканити з тієї ж кількості металу менше грошей, або погіршити, зробивши з тієї ж самої кількості металу їх більше. Вивченням монет займається нумізматика, зокрема метрологічна, коли встановлюється вага монет, їх проба тощо. Наприклад, В.О.Ключевський, визначаючи вартість російського карбованця на основі ціни на хліб, був насамперед змушений з'ясувати питання про одиниці виміру хліба. Тому значну частину своєї роботи про російський карбованець XVI–XVIII ст.ст. та

його відношення до вартості карбованця XIX ст. присвятив мірам сипучих тіл. Тільки після визначення мір місткості сипучих тіл В.О.Ключевський зміг перейти до з'ясування цін на хліб і визначення вартості карбованця [42; 288].

Щодо мір часу, їх неможна відтворити в простих речових формах, оскільки їх метрологічна основа подвійна. Такі одиниці часу, як рік, місяць, доба, надаються нам самою природою (природні одиниці), інші, дрібніші, вводяться людиною. Природні одиниці є зручними перш за все тому, що тривалість їх практично незмінна, однакова майже для всіх місць земної кулі. Тривалість року і місяців почали встановлювати для потреб повсякденного життя штучно. Доба поділена на світлий і темний час, тобто день і ніч. Частини доби – годину і хвилину запровадили штучно. Тому не дивно, що доба поділялася в різних країнах на різну кількість годин. Відтворювали час за допомогою штучних пристроїв, які фіксували різні його моменти. Грунтовні надбання в цьому напрямленні знаходяться в працях Ф.С.Завельського, В.М.Піпунірова тощо [226; 489; 781].

За початок світлого часу (дня) і темного (ночі) обрали моменти сходу та заходу Сонця. Одиницями часу в Київській Русі були година, доба (точніше, день і ніч), тиждень, місяць, рік. Рік починався у березні, це зберігалось до кінця XV ст., потім початок року лічили з вересня. З прийняттям хрещення порядок років (літочислення) почали вести від «створення світу». Рік містив 12 місяців, назви яких відрізнялися від прийнятих в подальшому, відображаючи відповідні періодичні зміни в житті природи і в господарській практиці. Наприклад, січень спочатку називали «просинець» (це характеризувало збільшення світлого часу доби), лютий – «сечень» (сезон рубки лісу), березень – «сухий» (суха земля). Проте, вже в Лаврентіївському літописі 1091 р. і в літописі Нестора 1117 р. зустрічаються сучасні назви місяців (травень, березень, серпень тощо). Слово «тиждень» спочатку вживали для позначення воскресіння як дня, що не зайнятий справами. На відміну від сьогодення, початок доби не лише розходився з умовно прийнятим у подальшому (12 годин ночі), але і був змінним, оскільки

за початок доби обирали схід сонця. В XII ст. слово «доба» було відсутнє, а вживали слово «день» [356; 781].

Київська Русь вела торгівлю не тільки з найближчими сусідами, але і з далекими країнами. Значну вагу в торгівельних перевезеннях займали водні шляхи. Найдавніші судна – човни-однодеревки, зроблені з суцільних стовбурів, відомі з X ст. Вони були невеликі і вмещували не більше трьох чоловік і тільки деякі з них досягали 20 м у довжину [129]. Пізніше вантажопідйомність човнів почали збільшувати, з'явилися набивні човни, дощаники. В Київській Русі використовували різні міри, які знаходилися у розпорядженні князів і надавалися ними для того, щоб використовувати в торгівлі, будівництві та іншому. З появою зразкових-еталонних мір їх необхідно було дбайливо зберігати. Еталони мір зберігалися в храмах, церквах і освячувалися. Отже, технічна і метрологічна культура Київської Русі була досить розвинута, чому сприяли торгівельні зв'язки Русі з іншими державами.

Феодална роздробленість Русі в деякій мірі привела до появи специфічних місцевих мір, що відрізнялися від київських як значеннями, так і найменуваннями (особливо міри об'єму), наприклад, новгородська короб'я, псковська зобниця, півночедвінський пуз. Але навіть в цю епоху князі прагнули мати офіційно встановлені міри. На мірах ставили клейма, що засвідчувало їх законність (у межах князівства) і давало можливість відрізнити їх від інших мір та гарантувало якість. Так, у грамоті белозерського князя Михайла Андрійовича (XV ст.) вказувалося, що всі міри повинні мати печатку князя. В період монголо-татарської навали, церковні служителі і майно церкви було звільнено від нагляду, податків, контролю і в церквах можна було зберігати документи, матеріальні цінності, еталони. Поступово церква стала не єдиною відповідальною за функції забезпечення єдності і правильності вимірів. Розвиток міжнародної торгівлі привів до змін у використуванні мір. Спочатку вони не були в повному розумінні зразковими, тобто такими, які слугують тільки для перевірки і не

використовуються для вимірювання. Такими вони стали лише поступово. Різні форми зловживань, що стосувалися мір, докладно описано у договорах про торгівлю з Західною Європою, особливо з Лівонією. Купці часто користувалися мірами, особливо гирями, які не відповідали зразковим, номінальним. У XIV ст. Волинь і Наддніпрянина, велика частина сучасної України, перейшла під владу Великого князівства Литовського. Це сталося після того, як перестала існувати Галицько-Волинська держава, яка до 1340 р., тобто до смерті останнього князя Юрія II, залишалася основою української державності. Польща та Угорщина почали війну проти Литви за землі Галичини. За угодами 1350 р., а потім 1352 р. між Польщею та Литвою, Галичину було залишено Польщі, а Волинь Литві. В 1377 р. польські феодали захопили і Західну Волинь (міста Холм і Белз). Перші згадки про систему вимірювання в Литовському князівстві датуються 1331 р., коли в договорі між Полоцьким князівством (входило до складу Великого князівства Литовського) і Ригією надавалися співвідношення одиниць вимірювання з рижськими (див.додаток Б., табл.Б.6) [169, с.625; 263, Т.4, с.415]. Щодо тих земель України, які знаходилися між Дністром та Дунаєм і входили до Київської Русі, а потім до Галицько-Волинського князівства, то на цих землях, після вигнання угорців, було утворено самостійне Молдавське феодальне князівство зі столицею в місті Сучаві (1359). До його складу увійшла Буковина, де більшість населення були українці. Молдавське князівство, а в його складі і Буковину, підпорядковували своєму впливу спочатку угорські, а потім польські королі. З XVI ст. князівство потрапило в залежність до турецького султана, а Закарпаття залишалось у складі Угорщини [263, Т.5, с.58]. Як бачимо, доля українського народу після занепаду Київської та Галицько-Волинської держав складалася нелегко. Пояснюється це, перш за все, геополітичним розташуванням України, коли знаходячись у центрі Європи між сильними монархіями, українські землі з усіх боків притягали до себе апетити загарбників. У кінці XV – на початку XVI ст. Литовсько-Руська держава була поставлена перед необхідністю

боротьби проти Кримського ханства і Московської держави. Крім того, частина українських феодалів хотіла зрівнятися у правах з польськими. Завдяки їх підтримці у 1569 р. було підписано Люблінську унію, яка об'єднала Польщу і Литовське князівство в Річ Посполиту. Після чого більшість українських земель перейшла під владу Польщі [263, Т.9, с.121].

В цей же період (1632) була організована Києво-Могилянська колегія, яка за рівнем викладання не поступалася європейським університетам і академіям. Там отримали освіту багато відомих у майбутньому політичних і культурних діячів не тільки України, а й Білорусі, Молдови, Румунії, Росії, Болгарії та інших країн. Успіхи у справі книгодрукування поєднані з Іваном Федоровим, який у Львові в 1574 р. видав одні з перших друкованих в Україні книг «Апостол» і «Буквар» [378, с.187].

Найважливішим документом щодо міряння у XVI ст. була Двінська грамота, підписана 1550 р. Іваном Грозним. У ній було регламентовано правила зберігання, передачі розмірів нової міри для сипких тіл – осьмини. Мідні еталони-екземпляри осьмини розсилалися в міста на зберігання виборним людям – старостам, цілувальникам. Із цих мір необхідно було зробити тавровані копії з дерева для міських повірників, а з копій ще одні копії для того, щоб використовувати в побуті. Еталонні міри, з яких бралися і виконувалися перші копії, завжди зберігалися централізовано за наказами Московії. В результаті можна припустити, що система забезпечення в державі уніфікації мір і державна служба нагляду за мірами були започатковані при Івані Грозному. Розвиток торгівельних зв'язків вимагав не тільки уточнення мір, але й встановлення співвідношень з мірами інших держав, а також уніфікації мір і чіткішої організації контрольної-перевірочної діяльності. Ще в договорі Великого Новгороду з Готландом та німецькими містами (1269) поряд із взаємними зобов'язаннями наведено співвідношення між мірами договірних сторін. Статті Соборного статуту 1649 р., Митного статуту 1653 р., Новоторгового статуту 1667 р. та інших документів встановлювали відповідність між фунтом і саженом. Московські укази про

введення єдиних еталонів мір у країні відсилалися на місця разом із зразками казенних мір. За псування і знищення контрольних мір загрожували стратою. Роботу з нагляду за мірами і їх перевіркою проводили дві столичні установи: Помірний дім й Велика митниця, які розглядали конфлікти, що виникали при торгівельних операціях. У провінції нагляд було доручено персоналу воєводських і земських будинків, а також старостам, цілувальникам і іншим [98; 408; 591].

У Середні віки не тільки кожна держава, але й різні міста в межах однієї країни мали свої міри. Керівництво держав мало на меті об'єднати та спростити міри в межах даної країни, але це не завжди вдавалося. В XV ст. відбулося об'єднання Русі довкола Московського князівства в умовах послаблення монголо-татарського ханства (1480) і зростання міжнародних зв'язків та зміцнення великокняжої влади. В XVI–XVII ст.ст. у Московській державі було ліквідовано залишки поділу на окремі князівства.

Виникли нові форми державності, економіки та нові завдання. З утворенням Московії, в процесі цієї перебудови збільшилися розміри оброблюваних земельних ділянок, розширилася торгівля як внутрішня, так і зовнішня, відбувалося формування всеросійського ринку, зводилися перші заводи. Державна політика спрямовувалася і на впорядкування мір, надання більшої повноти і завершеності всієї системи мір. Місцеві міри продовжували зберігатися на віддалених від Москви територіях. Московія в XVI ст. вже не відставала від інших країн і перейшла від феодальної роздробленості до централізованої феодальної монархії. В цих умовах створювалися храми-монументи, які споруджувалися на честь якої-небудь події або перемоги. Ранній і кращий зразок такої меморіальної споруди – церква Вознесіння в Коломенському, унікальний за своєю пластичною виразністю вежевий храм, увінчаний могутнім куполом.

Хрестово-купольні споруди, які перейшли в архітектуру XVII ст. зводилися скрізь. Гостроверхі вежі довершили силует Московського Кремля, а Коломенська церква була збудована на честь народження сина Василя III,

майбутнього Івана Грозного, який відіграв величезну роль в історії Росії. За його правління російськими архітекторами Бармою і Постніком споруджено храм Покрови в Москві. Цей особливий архітектурний монумент з восьми прибудов і центрального шатра, які повністю вкрито декором з арок, кокошників і різьби, що не повторюються. Західні дослідники вбачають у цій архітектурі «російську екзотику». Архітектуру XVII ст. вирізняє святковість. Саме в цей період утверджено національний стиль з елементами, які потім втратили міру і перейшли в стиль «рюс» – різьблені багатоярусні карнизи у вигляді півникових гребінців, рослинний орнамент і т.д., що проявлялося в палацах і теремах при царі Олексії Михайловичі. В цих будинках з маленькими віконцями, де було темно і кожен предмет інтер'єру був надто прикрашений, жилося незручно. Не даремно Петро I хотів докорінно змінити це і запровадити будівництво стандартних будинків без зайвих прикрас у класичному стилі, який побачив у Голландії. Нарішкінський стиль у церковній архітектурі кінця XVII ст. виходив з народного дерев'яного зодчества, в основі якого був квадрат, «четверик», на який ставився менший за об'ємом «восьмерик» [243]. У систему прикрас входили також колони з ордерної системи класичного стилю, що потребувало точного вимірювання. Кращі зразки нарішкінського стилю – церква в Філях і Новодівочий монастир з дзвіницею. Як одиниці довжини використовували п'ядь, лікоть та ін. Для єдності мір створювалися зразкові міри, підвищувався рівень використання і зберігання мір, їх уніфікація.

У кінці XIV ст. збільшилася кількість історичних і загальнонаукових творів, посилився інтерес до географічних, астрономічних знань і точного відліку часу (поява першого механічного годинника на вежі в Москві, 1404 р.). Технічний прогрес вирішив і результат Куликовської битви, оскільки було винайдено далекострільні луки і самостріли, які допомогли в перемозі. Куликовська битва закінчила середньовічний період у техніці і вже в 1382 р. у літописах згадувалися гармати. В Західній Європі гармати використовували в 1346 р. у битві при Кресі [263, Т.5, с.214; 459]. У рукописному словнику

середини XVI ст. «Лексисъ съ толкованіємъ словеснихъ мовъ просто» знайдено слово «тесля». Перший друкований український словник «Лексис» Лаврентія Зизанія (1596), подавав такі назви як тесля, різник. У 1627 р. з появою «Лексикону словенороського» Памви Беринди, виникли такі назви як столяр, будівельник, майстер, коваль, цегельник [78]. Тобто простежувалася розвиток ремесел і значить технічного оснащення.

У 1949 р. Б.О.Рибаков, аналізуючи архітектурні споруди, переглянув середньовічне міряння Русі. Виявилось, що на Русі з XI по XVII ст. існувало сім видів сажень: велика сажень – 1494,6 мм, сажень без чоти – 1972 мм, мірна сажень – 1764 мм, коса сажень – 2160 мм, пряма сажень – 1527,6 мм, трубна сажень – 1870,8 мм, морська сажень – 1830 мм (див.додаток Б, табл.Б.5) [523, с.84]. Для будівництва храмів в післямонгольський період впроваджено косу сажень, для якої запроваджено зручні антропометричні методи. Сажень визначено як відстань між витягнутими по боках рукам. У XIV–XV ст.ст. коса сажень вийшла з використання вузького кола будівельників і до XVI ст. застосовувалася в інших галузях, де витіснила пряму сажень. У XVI ст. коса сажень розпалася на кілька типів: трубна сажень, місткова, мостова, що закріплювалися металевими еталонами (див.додаток С) [138; 314-316; 522].

Започаткував засади міряння і стандартів в Росії указ Івана Грозного 1555 р. На подвір'ї, де виготовляли зброю, було запроваджено стандартні калібри – кружала розмірів ядер гармат. У 1550–1560-х рр. будівельники використовували цеглу стандартних розмірів (храм Покрови в Москві) (див.додаток Д). З 1636 р. на ринку деревини в Москві проводився продаж будинків, які можна було скласти протягом декількох діб [45; 523, с.174].

Московські князі запроваджували заходи, спрямовані на усунення метрологічної різноманітності. При Івані III (1462–1505), коли завершилося об'єднання Русі, мали за мету пов'язати московські та місцеві міри, змінювали значення мір, у результаті чого ними встановлювалися певні співвідношення. Згодом місцеві міри поступово замінилися московськими, а

посадовим особам неодноразово вказувалося на необхідність використовувати нові, московські, міри [781, с.84]. Заходи щодо уніфікації мір поширювалися, головним чином, на міста, ярмарки. У XVI ст., при Івані Грозному, вперше спробували прирівняти сажень до трьох аршинів. Виготовлялися печатні триаршинні сажні за документами 1610 р., затверджені царем.

Нові міри використано і при будівництві козацьких «чайок». Військовий спеціаліст О.Гваньїні в «Хроніці Європейської Сарматії» (1578) констатував: «...Водою козакам завдати шкоду неможливо, оскільки жодна морська галера чи бот не пройде через Дніпровські пороги. Козаки проходять через них на «чайках»...» [129; 597]. Їх описав військовий інженер-мапограф Г.де Боплан [76, с.98], який перебував на службі в Україні, де будував фортифікації Бару (1631), в Бродах (1632–1633), замок у Кременчуці (1634–1635), зробив Генеральну та спеціальну мапи України (1648–1650). Вимірювання він проводив стопами, кроками, сажнями та милями. Наприклад, козацькі човни були довжиною – 60 стоп, шириною – 10–12 стоп, глибиною – 8 стоп [76, с.52].

Встановлення фізичних розмірів мір довжини, які об'єднувалися загальною назвою «сажень», відносяться до найбільш спірних питань російської метрології. Відомо, що на Русі з XI до XVII ст. існувало кілька видів сажень, але ні фактична довжина більшості з них, ні їх взаємозв'язок не можуть вважатися повністю вивченими. Стан російських мір XVI–XVII ст.ст. досліджували Д.І.Прозоровський, М.В.Устюгов, Л.В.Черепнін [505–506; 643; 758–759]. Аналізуючи викладені в цих працях погляди, Б.О.Рібаков вказував, що виникають сумніви щодо запропонованого розриву мір Київської Русі і Московської Русі, без пояснень також залишилося існування одночасно різних мір XVI–XVII ст.ст. Окрім цього дослідниками переоцінено уніфікацію мір державною владою [2; 524]. В XVI–XVII ст.ст. виявлено сажні кількох розмірів, які поділялися за регіональними або функціональними ознаками. Багато з них у цей період вже було закріплено

металевими еталонами. Характерно, що всі види сажень цього періоду мали розмір, який перевищував сажні XI–XIV ст.ст. При визначенні меж Московії, як згадувалося в особистому листі князя Черкаського (1638), використовували залізну сажень трьох аршин без чверті (198 см) [524; 786]. Відома трубна сажень, що визначалася як півтретя аршину з двома вершками (42 вершка = 189 см). У цьому ж рукописі у приписі 1690 р. вказувалася довжина трубної сажні, що дорівнювала 44 вершкам (198 см) [315, с.73-74; 331]. Б.О.Рибаков наблизив трубну сажень до мірної та махової. Довжина мірної сажні, згідно з описом Софійського собору в Новгороді XVI ст., становила 176 см. Аналогічну довжину повинна мати махова сажень, яка визначалася з розмаху рук. На модульні розміри в 176 см вказує і О.О.Пілецький [470]. П.Г.Бутков звернув увагу на подвійне вимірювання дзвонарні Івана Великого: перший раз при Борисі Годунові, а другий раз в казенних сажнях Соборного статуту 1649 р., так що 45 сажень Годунова дорівнювали 38,5 казенним сажням. Таким чином, довжина сажені, яку використовували на початку XVII ст. для вимірювання дзвонарні, дорівнювала 185 см. Найвагоміший внесок у дослідження давніх мір зробив Б.О.Рибаков, зокрема, у виникненні уявлень з міряння. Результати вимірювань дали можливість йому встановити, що міри довжини та їх класифікація пов'язані певними співвідношеннями мір, тобто були впорядкованими системами. Б.О.Рибаков вказував, що міри, використовувані давньоруськими зодчими можна об'єднати в дві групи. Перша з яких опиралася на сажень, що дорівнювала 152 см (проста, або пряма), друга – на сажень, що дорівнювала 176 см (махова, або мірна). З точністю до 0,5% виражаються співвідношення між мірами (див.додаток К): коса сажень (216 см), коса велика сажень (248 см), сажень без четі (197 см), трубна сажень (186 см), морська сажень (183 см). У Б.О.Рибакова виникла думка про можливість встановлення зодчими простих співвідношень між мірами, які забезпечували функціональність і легкість користування. Цю концепцію було реалізовано як геометричну побудову з системи кіл і вписаних у них

квадратів. Вона характеризується тим, що спираючись на просту і махову сажень, для кожної системи мір використовували один і той же коефіцієнт – два [523; 524].

Відзначимо універсальний характер таких геометричних зведень. Вони чинні для будь-якої з мір довжини Стародавньої Русі (сажень, півсажень, лікоть, п'ядь). На рисунках, сторони однієї сукупності квадратів, розташованих через один, відтворюють значення півсажні, ліктя і п'яді, які є частинними одиницями у відношенні до сажени у 152 см, а сторони другої сукупності квадратів дають частинні одиниці 108 см, 54 см, 27 см для сажени у 216 см. За допомогою цієї системи визначали розміри мостів, веж, опор, які мали значну висоту для спостереження за ворогом і його обстрілу. За цією ж системою визначали і глибинні роботи (колодязі, підземні ходи). Система використовувалася переважно для будівництва храмів, тому вона була санкціонована церковною владою і змогла залишитися єдиною на всій території Русі навіть у період її феодальної роздробленості. Більш того, ці міри зберігалися в будівельній практиці протягом XI–XVII ст.ст., чому сприяла наявність трьох систем мір (з сажнями 152, 176 і 216 см). Наявність цих, взаємопов'язаних і легко відтворюваних графічно мір, давала можливість у багатьох випадках обходитись без дробі, що полегшувало операції вимірювання, а також планування і будівництво великих споруд. Пропорційність гармонії споруд досягалася застосуванням будівельниками не однієї системи мір, а двох або трьох, що перебували між собою в певних співвідношеннях. Наявність таких мір спрощувало розрахунки. Підтвердженням гіпотези Б.О.Рибакова стала знахідка Новгородської архітектурної експедиції (1972), коли в центральній частині Новгорода знайшли уламки мірного жезла (мірила), на якому було нанесено три різні шкали, що свідчило про одночасне застосування трьох різних сажень. Однак зарубки на жезлі, розміщені через 6, 7 і 8 см, не збігалися з відомим поділом сажень (п'ядь, вершок). Зіставлення із західноєвропейськими і візантійськими мірами теж не дало результатів. Однак перевірка

пропорційності співвідношень цих зарубок показала, що вона точно збігається з пропорційними співвідношеннями вже відомих нам сажень – прямої, мірної і великої. Отже, треба було знайти, якою частинкою сажні є ці зарубки на мірилі. З'ясувалося, що вони відповідають $1/21$ прямої сажні, $1/21$ мірної сажні і $1/21$ половини великої сажні. Такий збіг не міг бути випадковим і Б.О.Рибаков припустив, що ці зарубки пов'язані з відношенням довжини кола і діаметра круга. І справді, якщо взяти за діаметр круга сажень, складену з 21 зарубки мірила, коло буде дорівнювати 66 зарубкам. Отже, це відношення дорівнює $66/21 = 3,14285$. Тобто ми отримаємо наближення до числа $\pi = 3,1416$. Мабуть, це дало можливість архітекторам робити кружала для арок, кривих поверхонь церков, храмів та інших споруд [505; 522; 644].

Сажні XVI–XVII ст.ст. порівнювалися з новою мірою – аршином і його частками – вершками. Згідно з І.М.Шмельовою, аршин почали використовувати в кінці XV ст. тільки для вимірювання тканин. З'явившись у процесі торгівлі зі Сходом, аршин (71,12 см) спочатку був відомий вузькому колу купців. У XVII ст. аршин використовувалася вже у всій Московії [779; 797].

В XV–XVII ст.ст. збільшилася кількість мір. Наприклад, аршин з часом витіснив лікоть і вершок і був офіційно запроваджений. Версту в 1000 сажень офіційно легалізовано 1649 р. Соборним статутом. Поряд з назвою «верста» продовжували вживати слов'янське «терен». Версту в 1000 сажень використовували як межову міру, для вимірювання великих відстаней. В XVII ст. роботи проводили у великих масштабах, вимірювали відстані мірними мотузками і ставили верстові стовпи на дорогах, що йшли від Москви, а в 1680-х рр. верстові стовпи поставили вже вздовж дороги від Москви до Тобольська. В 1686 р. у результаті вимірювання в Західному Сибіру отримано наступні дані: від Верхотур'я до Туринська – 98 верст 400 сажень, від Туринська до Тюмені – 74 версти 800 сажень, від Тюмені до Тобольська – 100 верст і так далі [781, с.172]. Порівняння цих результатів з сучасними дозволяє легко переконатися в тому, що ці відстані виміряні

практично точно. Версту в 500 сажень застосовували рідше, в основному для вимірювання відстаней в Європейській частині Росії, але вже в XVIII ст. ця міра стала єдиною. На території Гетьманщини у XVII – XVIII ст.ст. були і свої особливості щодо організації контролю і покарання за невірними мірами і вагами. Зберігачем мір і ваги у казацькому війську був кантаржій.

Стародавню міру лікоть продовжували використовувати. За визначенням Й.Гассе 1554 р., довжина ліктя дорівнювала половині англійського ярда, тобто 18 дюймам, звідки значення ліктя становить 45,7 см, тобто дещо менше, ніж в «Торгівельній книзі» (48 см). Ймовірно, визначення Й.Гассе було наближеним, таким, що мало на меті дати лише уявлення про лікоть. П'ядь ще продовжували використовувати в цей період, проте її значення дещо змінилося (чверть аршина), а згодом і зовсім перестала використовуватися. Вершок походив від слова «верх» і згадувався в «Торгівельній книзі». У літературі XVII ст. з'являються міри – «піввершка» і «чверть вершка» [333, с.162–178; 616].

Зі специфічних позасистемних мір, що використовувалися, головним чином, в торгівлі з іноземцями, а їм заборонялося вести роздрібну торгівлю в Московській державі. Слід зазначити такі міри, як постав, половинка, косяк і кіпа, що згадувалися в «Торгівельній книзі» [333], «Митних книгах Московської держави XVII ст.» [392; 616]. Це були великі міри, яким повинна була відповідати довжина відрізків імпортного сукна, оксамиту, тканин, міри наближалися до сотні аршинів (кіп). Значення цих мір не було сталим і змінювалося залежно від місця та часу.

Геометричні міри частково стали мірами площі, такі як квадрат, сторона якого дорівнювала одиниці довжини: квадратна верста, квадратна («кругла») десятина і квадратна сажень. Замість слова «квадратна», що не існувало в той час, вживали «чотирикутна» і т.д. Водночас у містах результати вимірювання невеликих площ подавали тільки в мірах довжини (сажнях) без переведення їх у квадратні міри. Співвідношення і значення основних мір земельних ділянок середини XVI ст., містяться в Указі 1556 р.

В ньому вказувалося: «...десятина написана в длину, ширину десятой части верст, а верста 500 сажень царских, а в десятине считать две четверти...» [98; 199]. Для XVII ст. основним джерелом відомостей про міри площ землі була «Книга сошного письма 7137 року», (1629) [112], яка поряд з подібними до неї була обов'язковою для російських писарів-землемірів. У «Книзі» наведено значення обох видів прямокутної десятини.

Соха і вить – міри, для вимірювання великих земельних площ, які використовували землеміри при складанні звітів для фінансових і військово-облікових органів (облік земельних площ, наділ землею, обкладання податками). Вить використовували для визначення площ державних земель. Основною особливістю сохи і виті, з точки зору міряння, було вираження їх через чверті. Десятина, яка виникла ще в XIV ст., поступово стала основною мірою для вимірювання площ. Результати вимірів виражали в частках десятини: півдесятини, чверті (четь) десятини і т.д. Якщо вважати, що землеміри застосовували (особливо після Соборного указу 1649 р.) переважно казенну триаршинну сажень (2,16 м), то домінуюча десятина в 2400 квадратні сажні дорівнювала 1,12 га [781]. Врожайна міра – копиця не була внесена в систему мір площ, оскільки її відношення до десятини тривалий час не вкладалося в систему мір (по відношенню до десятини) і вона була суб'єктивна. Копиця як міра площі була з часом прирівняна до десятої частини десятини (на десятині землі можна зняти приблизно 10 копиць сіна).

Вироблення єдиної методики використання мір для сипких тіл стояло гостріше, ніж мір ваги, довжини і площі. В XVII ст. вказувалося, що необхідно заповнювати «без верху». Виходячи з різної ваги зерна залежно від вологості, урядові органи давали роз'яснення про неправомірність заміни об'ємних визначень кількості зерна ваговими мірами [781]. Основною галуззю використання мір об'єму було сільське господарство, продукція якого (жито, овес, ячмінь) стала значно зростати з розвитком великого землеволодіння, освоєння нових земель, збільшення надходжень

сільськогосподарської продукції на ринок, введення системи обкладення товарів митом, розмір якого залежав від кількості продукції, що продавалася.

Основну міру сипких тіл – чверть використовували скрізь на території Московської держави. Широко застосовували також осьмину і півосьмину, які були зручнішими через менший, ніж чверть, об'єм [333, с.60]. Сукупність мір об'єму рідин у Московській державі була вже визначеною і стрункою системою. Наприклад, міру відро ділили на 2 піввідра, на 4 чверті відра, на 8 напівчвертей, а також на кухлі і чарки. Питання про значення кухля, чарки, їх співвідношень з відром ще не цілком з'ясовано, хоч, ймовірно, що кухоль містив три фунти води. В другій половині XVII ст. казенне відро містило 10 кухлів, а в кухлі – 10 чарок, так що у відро входило 100 чарок. За Указом (1652), мали бути зроблені «чарки в три чарки» [577; 579], то виходило, що в казенному відрі містилося 300 колишніх чарок. Застосовували і торгівельне відро, що дорівнювало 8 кухлям, тобто змінним було значення відра при незмінному значенні кухля, а Д.І.Прозоровський [506] приймав вагу води в об'ємі відра, рівною 31–35 фунтам. Про широке використання пуда свідчило те, що в літературі XVI–XVII ст.ст. згадуються вантажі в тисячі пудів.

У «Статуті ратних, гарматних і інших справ», поряд з компасом-годинником, описано тригранці (градуйовані сектори кола з центральним кутом 120°) і чотиригранці (кут 90°). Можливо, вітчизняні артилеристи користувалися вже в XVII ст. градусною шкалою для визначення кутів, застосовували кутовимірні прилади, аж до астролябії, тобто користувалися такою кутовою мірою, як градус [333, с.98].

Помори, задовго до появи в морському вжитку компасів користувалися простим і оригінальним приладом – вітроміром. Полярник Ф.Шипілов вказує: «Это был... деревянный сферический сегмент диаметром 60–70 см и толщиной приблизительно 5 см. Деревянный диск разбивался на 32 деления – румбы... В центре вставлялся длинный стержень, по которому определялось по солнцу направление север-юг... а ночью – по Полярной звезде» [781]. Природні одиниці часу (рік, місяць, тиждень) не зазнали в XV–

XVII ст.ст. змін. Наприкінці XVII ст. встановлено інший початок року, а в штучну одиницю часу – годину, внесено значні зміни, вона стала сталою величиною, рівною 24-й частині доби і була розділена на частини – хвилини. Це нововведення містилося в «Торгівельній книзі» [333, с.84]. За допомогою одиниць часу була регламентована робота за наказами, частково промислових і торгівельних закладів.

У XVI–XVII ст.ст. у містах Московської держави зросли як кількість, так і асортимент механічних годинників, які виготовляли російські майстри. Ще в XV–XVI ст.ст. у різних містах з'явилися вежеві годинники, призначені для спільного користування, а також почали застосовувати механічні годинники – настінні, настільні, комірні на ланцюжку. В кінці XVI ст. було встановлено три годинника на Кремлівських вежах (Спаській, Троїцькій і Тайницькій), причому годинник на Спаській був з боєм. Незважаючи на впровадження механічного годинника, зберіг своє значення і сонячний годинник. У багатьох місцях їх продовжували використовувати як єдині прилади для вимірювання часу, в інших вони функціонували паралельно з механічними годинниками. Крім того, сонячний годинник виконував важливу функцію перевірки механічних (у тому числі годинника Кремлівської вежі), точно констатуючи час [781].

Поряд з наглядом за мірами і вагами було організовано нагляд за якістю товарів і запобігання порушень у торгівлі, зокрема в оптовій торгівлі, де зловживання приводили до значних збитків. У результаті великої кількості угод і суперечок, розроблялися правила для запобігання зловживань. Було засновано особливу посаду споглядача за воском – головного товару експорту Московії і встановлено стягнення за продаж неякісного товару і т.д. Було вказано, що купувати можна тільки перевірений віск, а тканину необхідно таврувати, якщо вона встановленої довжини. Після часів польсько-литовської інтервенції (1610–1613), коли вимірювальна справа практично занепала, відновлювали міри за московськими зразками, про що вказувалося в Указі (1624). Відбулося досягнення єдності мір завдяки

статтям Соборного статуту (1649), Митного статуту (1653), Новоторгового статуту (1667) та ін.

З XVII ст. були поширені мотузкові книги, в яких вписувалися розміри земельних ділянок господарств, а вимірювання проводилося за допомогою спеціальної мотузки, тому книги називалися мотузковими. Мірні мотузки як зразки-еталони зберігалися в церквах. У стародавній час слово «вервить» означало вимірювати, а процес вимірювання – червлінням. Люди, які проводили вимірювання мотузками, називалися мотузкарями. В результаті поділу, купівлі, передачі, земельні ділянки необхідно було переміряти. Одне із завдань червління – перевірити і закріпити зміни в користуванні землею. Результати таких вимірювань і записували у мотузкові книги. Система одиниць площі за цією книгою була такою: 1 мотузка = 8 осьмин; 1 осьмина = 8 круглиць; 1 круглиця = 100 квадратних сажень. З опублікованих М.В.Довнар-Запольським мотузкових і розрубних книг, можна встановити, що одиниці довжини тоді були такими: 1 мотузка = 10 верв; 1 верв = 8 сажень; 1 сажень = 4 ліктя. Як одиниці площі, вони одиниці мали такі співвідношення: 1 мотузка = 100 верв; 1 верв = 64 квадратні сажні; 1 квадратна сажень = 16 квадратних ліктів; 1 квадратна сажень = 4 чверті; 1 чверть = 4 квадратних ліктя. Це підтверджувалося і тим, що одна мотузка = 8 осьмин = 64 круглиць = 6400 квадратні сажні. Також, 1 мотузка = 100 верв = 6400 квадратні сажні [199; 565, с.71].

У XVII ст. почало розвиватися мануфактурне виробництво, яке потребувало більше машин і технічних засобів. Розвиток матеріального виробництва став більше поєднаний з досягненнями науки і використанням її результатів у житті людей. Значна кількість досліджень присвячена періоду формування класичної механіки в XVII ст., коли відбулися принципові зміни, що тісно пов'язалися з новими соціально-економічними умовами. В Італії було створено Академію таємниць природи (1560), Академію дослідів (1657). На території України було організовано Острозьку колегію, Києво-братську колегію (Києво-Могилянська академія, 1632). В Англії було започатковано

Лондонське товариство (1662), у Франції в Парижі створено Королівську Академію наук (1666), у Німеччині засновано Берлінську Академію наук (1672). Ці заклади проводили наукові дослідження в різних галузях науки [247–248].

Визначною працею цього часу стала «Арифметика» Л.Ф.Магніцького (1703). В ній містився окремий розділ про російські хлібні і винні міри, а також міри прадавніх народів — іудеїв, греків, римлян (див.додаток Б, табл.Б.5) [372, с.54], дано докладне описання російських мір. Узагальнюючими роботами про міри XVI–XVII ст.ст. були «Торгівельна книга» і «Розрахункові мудрості», інші праці практичного характеру, зокрема «Універсальна арифметика» М.Г.Курганова (1757), де згадуються міри [334]. В цей час створювалися довідники про окремі міри, наприклад «Книга сошного письма» як довідник для переписувачів, яких посиляли в міста й повіти для складання письмових книг. Вони являли собою переписи населення і господарських ресурсів з метою обкладання податками.

Багатовікова історія метрології корисна для розвитку суспільства, хоч її зародження і становлення висвітлюються лише у розрізнених даних. Знання про властивості речей і природних явищ мали місце ще в первісному суспільстві у вигляді магічних уявлень і були поєднані з міфологічними пізнаннями епохи. Прикладна метрологія вивчає питання практичного використання результатів теоретичних знань у різних сферах діяльності.

5.2. Становлення метрології (XVIII–перша чверть XIX ст.ст.)

В першій половині XVIII ст. землі України, перебуваючи в складі різних держав, залишалися роз'єднаними. Лівобережна Україна, Київ, Слобожанщина, були в складі Росії, а Підлясся, Холмщина, Полісся, Волинь, Галичина і Правобережжя у Польщі. Згідно з Карловицьким мирним договором Польщі і Туреччини (1699) від територій Туреччини до Польщі перейшли Поділля і Кам'янець-Подольський, Північна Буковина з

Молдавським князівством залишилися під владою Туреччини, а Закарпатська Україна – Угорщини, разом з якою перейшла незабаром до Австрійської імперії. У 1783 р. в Україні введено кріпацтво. Ця акція царизму знаменувала знищення залишків державності України. На українських землях – Лівобережжі і Слобожанщині проходили ті самі процеси, як і на всіх російських землях – посилення гніту і початок розпаду феодально-кріпацької системи. Основою економіки Лівобережжя і Слобідської України залишалося сільське господарство, в якому поступово почали формуватися капіталістичні відносини, продовжувало розвиватися ремесло.

Оскільки на Русі до 80-х рр. XVII ст. існувало поземельне обкладання, то переписувачі повинні були виміряти й описати земельні володіння й обкласти населення податком. «Книга сошного письма» містила відомості про існуючі в XVII ст. земельні міри і одиниці вимірювання. Подібний посібник з описання земельних володінь – «Розпис польових мір 1709 р». Довідниками з вимірювання землі були й межові інструкції, видані в 1754 і 1766 рр. Деяке узагальнення матеріалів з історії мір здійснено в XVIII ст., оскільки йшла підготовка нових законів про міри. У кінці XVIII ст. складено «Виписку з законів про міри і ваги» [750], де зібрано законодавчі матеріали про міри за 100 років до середини XVIII ст. Невідомий укладач «Виписки» не тільки наводив відомості про той чи інший указ, але й давав своє тлумачення законодавчим розпорядженням. Дослідження систем мір минулого автор використовував для створення закону про відповідальність за зловживання при користуванні мірами.

5.2.1. Теоретична і прикладна метрологія, становлення в 1725-1827-х рр. Внесок А.І.Ламберті в цей процес.

Завдяки реформам Петра I Російська імперія вийшла з політичної та економічної ізоляції і стала великою європейською державою. Економіка країни отримала в цей період бурхливий розвиток і було створено умови для виникнення капіталістичних відносин. У цей час до Москви і Петербурга

було запрошено вчених з України – Симон Полоцький, Єпіфаній Славинецький та ін.

Процес технічного переоснащення Росії Петро I пов'язував з отриманням точних кількісних відомостей, що стосувалися торгівлі, промисловості, будівництва, топографії та ін. Для виконання цієї роботи, що вимагала численних вимірювань необхідно було підготувати нові кваліфіковані кадри, відповідні навчальні заклади, видати посібники, а також оснастити країну мірами і вимірювальними приладами, поліпшити базу міряння. Поряд з загальними навчальними закладами було засновано спеціальні – Навігатська (1701) та інженерна школи в Москві і Артилерійська школа (1711) та Морська академія (1715) в Петербурзі, гірничі школи та ін. У багатьох підручниках того часу було надано таблиці мір, викладені основи геометрії, надано рекомендації щодо використання кутових мір і кутомірних приладів у практичній астрономії, топографії, навігації тощо. У післяпетровську епоху продовжували відкривати загальнонавчальні та спеціальні заклади (Московський університет, 1755 р.) і спеціальні (Технічне училище Морського відомства 1734 р., Гірниче училище 1773 р., Костянтинівську землемірну школу 1779 р.) [17; 315].

Важливою сферою впровадження мір довжини була топографія. Ще в 1705 р. виміряно відстань від Петербурга до Москви за новою методикою. У XVIII ст. мірами довжини вже широко користувалися геодезисти і топографи при топографічній зйомці Європейської частини Росії і частково Сибіру (1715–1744). Інструкцією від 1721 р. «Пункти, про те яким чином складати ландшафтні мапи», геодезістам наказувалося вимірювати і записувати відстані. Завдяки вимірюванням у цивільному будівництві збереглися цікаві відомості, зокрема, про те, що в 1723 р. у Петербурзі загальна довжина вулиць складала 17549 сажень, на Адміралтейському острові – 5625 сажень. Розвиток системи російських мір був особливим, найважливішим стало значне збільшення кількості мір, що підвищувало точність вимірювань і зближувало російські міри довжини з англійськими за рахунок встановлення

простих співвідношень між ними. Введені міри фут, дюйм отримали значне використання в нових галузях господарства, що швидко розвивалися, а також у дослідній практиці. З XVIII ст. їх широко використовували в суднобудуванні, наприклад, судно «Штандарт» мало довжину 90 футів, ширину 24 фути, висоту 9 футів. Мірні мотузки продовжували застосовувати протягом всього XVIII ст. Мотузками було виміряно відстані в Сибіру (С.Максимович у 1715 р. та І.Харитонов у 1719 р.). Застосовували мотузки і для вимірювання глибин. Для більш точного вимірювання відстані замість мотузок використовували залізні ланцюги. В.М.Татищев указував, що ще в 1732 р. всі головні дороги Росії було виміряно і поставлено стовпи з написами і відмітками. Петербурзька академія наук мала у своєму розпорядженні зразкові, еталонні, міри і копії еталонів туаза та фунта. Постала необхідність створення в країні відповідного закладу [408].

В сільськогосподарській практиці квадратні міри використовували обмежено (десятину виражали через квадратну сажень, хоч сама по собі вона не була квадратною мірою). Здебільшого вони використовувалися для вимірювання міських земельних ділянок, міському будівництві, техніці і наукових дослідженнях, тому діапазон використовуваних квадратних мір був досить широкий, а саме – від квадратної сажні до квадратних ліній.

Оскільки вибір одиниць вимірювання був довільним, це привело до їх величезної різноманітності. У Росії вже з 1734 р. проводилися міроприємства для зменшення мір. Для цього у 1736 р. створено Комісію мір і ваги, яку очолив М.Г.Головін. Її завданням було вивчення стану мір, утворення еталонів, установлення співвідношень між мірами, проведення перевірки мір [17; 565, с.7]. До складу Комісії мір і ваги входив також видатний вчений Л.Ейлер. Комісія впровадила дерев'яну сажень, мідний аршин, цебро для виміру рідин. Найважливішим кроком Комісії з 1736 р. до 1747 р. була розробка еталонного фунта як бронзової гирі, який використовувався на території Росії майже 100 років [408; 701].

В Україні у XVIII ст. бурхливо йшло будівництво, зростали міста, укріплення. Наприклад, у 1732–1758 рр. в Україні працював військовий інженер Д.Дебоскет, який з 1726 р. був на службі в Російській імперії [535; 582]. В 1732 р. служив на будівництві Української оборонної лінії на Полтавщині, довжина лінії становила 300 верст і включала 16 фортець. У 1736 р. Д.Дебоскет, вже як інженер-капітан-поручик, розробляв плани полкових міст і містечок: Золотоноші, Яготина, Кременчука та ін. 12 листопада 1744 р. Д.Дебоскет одержав розпорядження скласти мапу Дніпра і визначити «...ширину между берегами во всяком месте и с кривизнами каковы оные есть, измерить глубину..., а особливо обозначить глубочайшие места по оной реке,... и притоки какие, ежели есть в реке, строения и мельниц на плотинах или на судах...» [534]. Ця робота потребувала міряльних здібностей, які Д.Дебоскет вміло проявив. У 1745 р. Д.Дебоскет склав Генеральний план Києво-Печерської фортеці, а також Верхнього Києва і Подолу [657]. На плані Д.Дебоскет вирахував результати вимірювання глибин Дніпра біля Києва [536]. Він досяг чину Генерал-інженера, яке було йому присвоєно 3 липня 1761 р [537].

В Україні серед мір ваги була відсутня одноманітність. Використовували кантару (96 фунтів), пуд (50 і 40 фунтів), безмін (32 фунти) та ін. Найважливішим стало створення еталона російського фунта. Значення мір ваги відрізнялися одне від одного, проте визначалися якістю виготовлення і збереження мір у монетних дворах і митницях (особливо в Петербурзі). Зрештою в якості еталона брали гирі Петербурзького монетного двору, які в 1727 р. і 1735 р. було ретельно перевірено. В 1738 р. з міді виготовлено копії первинних зразків пуда і фунта, що мали кубічну форму. Звірення пуда з первинним зразком було проведено на вагах Петербурзької митниці. Було визначено лінійні розміри ребер пудової і фунтової гирі – 2,8 вершки для ребра кубічної пудової гирі і 0,82 вершки для фунтової. Таким чином, всі основні міри ваги, як і міри об'єму пов'язано співвідношеннями їх геометричних параметрів. У 1747 р. на Петербурзькому монетному дворі для

завершення еталонних робіт за вказівками Комісії мір і ваги виготовлено бронзовий фунт, стійкий до корозії, який і санкціоновано як первинний зразок російських мір ваги (державний еталон). Але питома вага матеріалу не була визначена, це дещо ускладнило відновлення еталона фунта в XIX ст [98]. Для досягнення точності вимірювальних пристроїв давали спеціальні завдання механікам. У 1730-х рр. М.П.Крекшин сконструював торгівельні ваги, що зводили до мінімуму можливі помилки і зловживання. Хоч у XVIII ст. єдності мір не було ще досягнуто, проте в Росії стан їх уніфікації був значно кращим, ніж у більшості країн Заходу, тому що тут було офіційно встановлено єдину систему мір, виготовлено зразки мір.

Іноземні автори змушені були визнавати успіхи Росії в галузі уніфікації мір. Так, докладно системи російських мір охарактеризовано в переведеній у 1762–1763 рр. російською мовою книзі Ж.Рішара «Торг Амстердамський». Зокрема, автор у розділі «Про комерцію Російської держави» зазначав, що в Росії введено єдину монету, міру і вагу. В XVII ст. результати вимірювань виводили в десятинах та її частинах, а в XVIII ст. десятину почали використовувати для вираження остаточних результатів. Крім того, якщо раніше квадратні міри рідко застосовували для площ, то згодом ними стали широко користуватися. Особливо широке застосування десятину знайшла в землеустрої. Масштаби її використання збільшилися і внаслідок того, що вимірювали площу всієї орної ділянки, а не одного поля. Вимірювання проводили геодезисти, знайомі з основами геометрії і тригонометрії. В Інструкції 1766 р. було наведено методіку вимірювань земель, у тому числі міських. До кінця 1796 р., тобто через 30 років після початку генерального розмежування, виміряно в Європейській частині Росії землю площею приблизно 152 мільйони десятин (приблизно 166 млн. га) [17; 34; 107].

Визначну роль у розвитку науки Росії мали університет і Академія. Одним з засновників Московського університету (1755) став М.В.Ломоносов (1711–1765). Навчався М.В.Ломоносов у Москві у Слов'яно-греко-латинській академії, а завершив навчання у Німеччині в Марбургському університеті.

Саме тоді сформувалися два шляхи його творчості – загальнонауковий і соціально-гуманітарний. Початком загальнонаукового напрямлення були студентські фізичні дослідження про тіла, які складаються з корпускулів, а соціально-гуманітарного з «Листів про правила складання російського віршування». Загальнонаукова творчість М.В.Ломоносова починалася в період, коли в світовій науці вийшли на одну площину дві фізичні картини будови світу – картезіанська і ньютонівська. Р.Декарт здивував М.В.Ломоносова можливістю пояснювати все існуюче на основі невеликого числа аксіом, а І.Ньютон – логікою викладення і довірою до експерименту. Тоді у М.В.Ломоносова зародилася думка про створення фізичної картини світу і після повернення в Росію він розробив дослідницьку програму, якою він завершив свої «276 заміток з фізики і корпускулярної філософії». Вчення про будову матерії М.В.Ломоносов розробив до 1744 р., а потім спробував пояснити механізми хімічних процесів і проводив експерименти, які пояснювали його корпускулярну теорію тяжіння [265; 364].

М.В.Ломоносов став першим російським вченим, у тому розумінні, яке вкладають у це поняття наші сучасники. До цього наука і мистецтво цінувалися як засіб пізнання бога. Допомогала в становленні М.В.Ломоносова як вченого, Петербурзька академія наук. Від античних атомістів М.В.Ломоносов успадкував ідею про незмінність кількості матерії в світі, а від Р.Декарта – принцип збереження кількості руху [265]. Діяльність М.В.Ломоносова прискорила процес зміни типу культур у Росії і вплинула на соціально-економічний прогрес країни. М.В.Ломоносов допоміг вивести Росію з наукової ізоляції і приєднати до світового наукового процесу. В 1748 р. М.В.Ломоносов сформулював положення про те, що матерія і рух не зникають (принцип збереження матерії і руху М.В.Ломоносова), цей принцип раніше висловив Ф.Прокопович у Києві. В 1750 р. М.В.Ломоносовим опублікована праця про речовини в хімічних реакціях [736, с.79].

У XVIII ст. розширився перелік ремісничих спеціальностей. Якщо в XVII ст. їх було 270, то наприкінці XVIII ст. – уже 300. У цей період модернізовано плуг, з'явився культиватор [248, с.18]. Система мір XVII ст. змінилася в XVIII ст. завдяки введенню англійських мір – фута, дюйма, лінії (сажень – 7 футів, аршин – 28 дюймів, фут – 12 дюймів, дюйм – 25,4 мм) [376, с.8]. В «Арифметиці» Л.Ф.Магніцького система мір довжини містила тільки міри, що використовувалися в XVII ст., причому вказані також півсажень і піваршин, а лікоть відсутній, фут та дюйм фігурують в ній лише в завданнях (фут – стопа, а дюйм – палець) (див.додаток Б, табл.Б.5) [372]. Реформа системи мір була викликана потребою поєднати російські міри з англійськими в інтересах не тільки торгівлі, але і для створення російського флоту. Замовлення морських судів за кордоном, складання необхідних специфікацій, контроль заданих розмірів вимагало введення фута і дюйма в систему мір довжини та зміни числових значень російських одиниць. В суднобудуванні перевагу віддавали англійському фунту.

Значення сажні дещо зменшилося, відповідно змінилися значення інших одиниць довжини. Указ Петра I про цю реформу досі не знайдено. Деякі дослідники, наприклад, М.Ф.Котляр, О.І.Каменцева і М.В.Устюгов [315, с.19; 316], вважали, що цю футову сажень почали використовувати у XIX ст. Вони посилалися на архівні матеріали Комісії мір і ваги.

При Петрі I для знаходження площі утвердилися квадратні міри. В деяких літературних джерелах XVIII ст. чітко вказувалося значення квадратної сажени в квадратних футах, відповідно до її нового значення. За академіком І.Г.Георгі, десятина дорівнювала приблизно 2400 квадратних сажень, а квадратні одиниці знаходилися в певній системі [243; 248; 258]:

- а) квадратна верста = 250000 квадратних сажень;
- б) квадратна сажень = 9 квадратних аршин = 49 квадратних футів;
- в) квадратний аршин = 2156 квадратних вершків = 784 квадратних дюймів;
- г) квадратний фут = 144 квадратних дюйми.

У землемірній справі збереглася неквадратна міра – десятина.

В торгівельній практиці та в побуті використовували особливі міри для сипких тіл та рідин. Наприклад, для сипких тіл (хлібні міри) – цебр, кадка, четь, осьмина, півосьмина, четверик тощо. В «Універсальній арифметиці» М.Г.Курганова зазначалося, що четь дорівнює 8 четверикам, або двом осьминам, яка дорівнює 104,95 л або 28,665 кг. Указом Сенату від 16 вересня 1774 р. введено нову міру – пляшку, зафіксовану так, що у відрі повинно міститися 13 пляшок, а пляшка дорівнювала трьом сороковим відра (див.додаток Б, табл.Б.5) [334, с.17; 579].

Міри для сипких тіл, рідин з XVII ст. не зазнали якихось змін, оскільки вони не пов'язані з лінійними вимірами, де змінилася довжина сажні. Для основних російських мір об'єму сипких тіл, рідин значення було знайдено академіками Ж.Делілем і Х.Вінсгеймом. За дорученням Комісії мір і ваги вони виміряли об'єм «давнього хлібного четверика і винного відра» і отримали четверик Московської митниці і відро Каменомостського питущого двору в Москві. При відборі зразків «мір хлібних і винних» Комісія віддавала перевагу більш давнім мірам. Одиниці ваги XVIII ст. наведено в «Арифметиці» Л.Ф.Магніцького: берковець, пуд, ансир, фунт, літр, півфунта, чверть фунта, осьмушка, золотник (батман, контар, безмін, брунька). Назва кантар у XVIII ст. не зустрічалася, але сама міра продовжувала існувати з назвою центнер. Безмін, брунька і пиріг майже не згадувалися в кінці XVII ст. і не використовувалися в XVIII ст. В практиці монетних дворів в основному використовували таку міру ваги, як частка, що дорівнювала $1/96$ золотника. В своєму «Курсі дійсної фізичної хімії» М.В.Ломоносов розглянув питання про температурну шкалу в цілому, розділивши її на шість позначок до максимальних можливих точок вниз і вгору, а також включив одну точку, яка була недостатньо визначеною, оскільки не базувалася на фізичній константі [364; 372, с.58].

М.В.Ломоносов використовував гирі масою до 0,0003 г. і зробив нові, більш чутливі ваги. Суттєвою було створення російських гир, описаних в

Інструкції для користування вагами і гирями, складеної Монетним департаментом за запланованою на 1782 р. розсилкою зразкових мір у 18 губерній Росії. Це були гирі у півпуда, пуд, два пуда, фунт (п'ятерик, трійник, двійник і фунтовик), золотник і т.д. У 1830-х рр. введено метр і кілограм, прототипи яких було привезено до Росії. В цей період міністр фінансів Є.Ф.Канкрін ініціював розробку порівняльних таблиць російських та іноземних мір [70, Т.17, с.785; 265; 364].

Щодо електрики, то дослідження тут обмежувалися у XVIII ст. електростатикою. Ці дослідження проводили Ш.Ф.Дюфе, Б.Франклін, М.В.Ломоносов, Г.В.Ріхман, А.Вольт, Ш.Кулон. Для порівняння кількостей електрики застосовували лише умовні одиниці у формі довільних поділок дугової шкали (градусів) «електричних показчиків». Відхилення стрілки на деяку кількість поділок дозволяло судити тільки про відносні значення кількостей електрики (більше, менше). З російських дослідників у цій галузі працював Г.В.Ріхман (1711–1753). У сконструйованому ним «електричному показчику» – першому електровимірювальному приладі, дугова дерев'яна шкала мала поділки в градусах. Але результати, що виражалися в таких умовних одиницях не були постійними через незадовільну ізоляцію. У XVIII ст. відсутні поняття і про магнітні величини (магнітна індукція, магнітний потік), тому магнітних одиниць не було. Вивчали лише зовнішні механічні прояви магнетизму, зумовлені земним магнітним полем або полем природних і штучних магнітів. З елементів земного магнетизму визначали магнітну змінну (кут між магнітним і географічним меридіанами) і подекуди магнітний нахил (кут між віссю магнітної стрілки і горизонтальною площиною). В тому та іншому випадках одиницею виміру був градус [209, с.15; 241]. Для природних і штучних магнітів визначали властиву ним силу тяжіння, що характеризувалася вагою шматків заліза, що притягувалися і одиницями виміру служили одиниці ваги – пуд, фунт, золотник або міри аптечної ваги. Всі ці одиниці характеризували магнетизм як механічну дію.

В 1820-х рр. для вивчення історії російських мір багато зробив А.І.Ламберті. Його робота «О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с иностранными» (1827), присвячена походженню й становленню мір довжини й ваги, стала першою спробою науково дослідити історію метрології. Проте, не знайшла продовжувачів, а з середини ХІХ ст. почали проводитися спеціальні дослідження з метрології [341].

Історично склалося так, що тривалий час (1832–1904) проблеми міряння вирішувало Міністерство фінансів Росії. Головою Міністерства був Є.Ф.Канкрін (1823–1844), який зберігав свою посаду при двох царях (Олександрі І і Миколі І). За його підтримки й при особистій участі було створено перші еталони, засновано Депо еталонів мір і ваги, унікальну колекцію іноземних мір для формування в майбутньому Метрологічного музею. У 1827–1842 рр. у Росії працювали дві урядові Комісії, які займалися переходом на еталонні міри. Перша (1827–1828) була створена в Міністерстві внутрішніх справ за науковим керівництвом А.І.Ламберті та П.М.Соболевського. Її завданням було визначення зв'язку мір довжини, ваги, об'єму. Об'єм визначався в англійських кубічних дюймах, вага у фунтах Монетного двору (Петербург, 1771), довжина в аршинах. Аршин звірено з англійським ярдом і французьким метром. Результатом діяльності першої Комісії у 1828 р. була доповідна записка за якою Міністерство внутрішніх справ зробило висновок, що «...предмет этот принадлежит к научной части и требует самых точных соображений по правилам науки...». За рішенням Міністерства, результати роботи було передано Академії наук на вивчення. Є.Ф.Канкрін виступив з доповіддю «Про установление сбора мер и весов основных иностранных государств», основні засади якої були прийняті до виконання у 1829 р [136; 259].

5.2.2. Формування законодавчої бази метрології в XVIII ст.

З уніфікацією одиниць вимірювання в європейських країнах вводилися нормативи і законодавчі акти, які повинні були захищати покупців від неякісних товарів і послуг. У Московії XVI ст. цілувальники (контролери) займалися розшуком і відбирали неофіційні міри та присуджували за це штрафи та навіть саджали за ґрати. Наглядом за мірами у XVII ст. займалися митниці та «кружечні двори». Наприклад, у Москві Помірний дім проводив щороку повірку мір і відбирав неправильні міри.

«Положенням» царя Олексія Михайловича від 1649 р. (ст. 46) офіційно затверджено і введено триаршинну сажень (216 см). Вводилися заклеєні державні еталони у вигляді залізних печатних аршинів та сажнів, які згадувалися у документах. У XVI–XVII ст.ст. були у використанні металеві еталони сажнів для застосування у різного роду діях. Довжина таких еталонів коливалася від 170 до 200 см. В побуті масово використовується більш функціональна міра аршин [173]. В Указі (1681), при царі Федорі Олексійовичі, встановлювалися заходи покарання за невірні міри, а саме конфісковували товар та висилали сім'ю. Контролювали цей процес на Великій Московській митниці [98].

Реформами при царі Петрі I у Росії було впроваджено англійські міри, які поширилися на флоті та в суднобудуванні, фути й дюйми. Для полегшення обчислень було видано таблиці мір і співвідношень між російськими та іноземними мірами. В цей період почали формуватися відповідні центри. Наприклад, Комерц-колегія займалася питаннями єдності мір та обслуговування в торгівлі. Адміралтейство опікувалося правильним застосуванням приладів для вимірювання кутів, компасів і відповідних мір. Берг-колегія опікувалася вимірювальним обладнанням гірничих заводів і монетних дворів [98]. Указом Петра I російські міри довжини співвідносилися з англійськими, що стало першим кроком до уніфікації мір Російської імперії з європейською. Дані про законодавчу базу метрології до середини XVIII ст. зберігаються в Центральному державному архіві науково-

технічної документації в Санкт-Петербурзі, де містився аналіз історії мір для підготовки проектів нових законів [17; 750].

Зразкові міри ваги розсилали на місця відповідно до Указів 1780 і 1797 рр. Останнім з Указів було встановлено матеріал для гир (чавун) і зосереджено виготовлення гир на певних заводах. Вимогливість Петра I проявилася і в його Указі «О сборе в Московской Большой таможене налогов» (1698), де вказано що: «...за найденные воровские, неправдивые весы, лавки закрывать, товары отбирать, семьи высылать...». Він же в Уставі військових артикулів (1716) вказував: «...в наказание за обмер и обвес – возвратить в три раза больше, взять штраф и телесно подвергнуть наказанию...» [616].

Нові політичні і виробничо-економічні умови Московської держави наклали відбиток не лише на систему мір, але і на організацію, масштаби і характер їх використання. Відповідно до централізації управління, новим загальнодержавним завданням стало створення всеросійського ринку, зростали потреби держави в податкових надходженнях, було створено виконавчий і обліковий апарати. Вимірювання і контроль за мірами виконували державні чиновники. Щодо українських мір в Російській імперії, з 1734 р. проводилися заходи по зменшенню їх різновидів і встановлювалися обов'язкові співвідношення між загальнодержавними та місцевими мірами. З Москви було привезено тавровані мідні четверики, які були розподілені в козацькі полки. Основна законодавча база метрології формувалася в Санкт-Петербурзі і Москві, а потім у вигляді законодавчих актів відправлялася в Україну. В 1745 р. вийшов сенатський Указ про розсилку в усі міста з Камер-колегії мір для хліба з клеймами і про стягнення штрафів з того, у кого є невказані міри. 1758 р. вийшла постанова про виготовлення аршинів, які були б залізні і правильні, з обох сторін з клеймами для неможливості їх урізання. Галицьке князівство з давнини застосовувало слов'янські міри. Крім традиційних мір, з 1557 р. у західноукраїнських землях офіційно застосовувалася міра площі – волока. Волока це ділянка у 30 моргів (16,8 га). Використовували волоки як міру повинностей селян феодалам після

прийняття Уставу на волоки. За Конституцією Польщі (1575), міри «народні» закріплено разом з загальнодержавними мірами Польського королівства з 1764 р. і Постановою Сейма від 1766 р. прийнято найбільш зручну систему одиниць вимірювання [47; 579]. З входженням Галичини у Австро-Угорську імперію, Урядовим декретом (1785) організовано Інспекторат з мір і ваги, який проводив нагляд за мірами. Інспекторат засновано при Королівській губернії в Галичині і він став першою державною метрологічною службою в Україні.

Після приєднання Литовського князівства до Російської імперії після третього поділу Речі Посполитої у 1795 р. системи мір були співвіднесені згідно російських норм (див. додаток Б, табл. Б.6). З 29 квітня 1797 р. за законом Росії було передбачено відтворення назв мір ваги, які повинні утворити нову сукупність мір торгівельних гир. Поряд з гирями 1 пуд, 1 фунт і 1 золотник, виготовлено гирі в 27, 9 і 3 фунти та 81, 27, 9 і 3 золотники. Своєрідні значення гир, невластивих російським гирям, пояснювалося прагненням забезпечити зважування будь-якого вантажу (у відповідних межах) за допомогою мінімальної кількості гир для боротьби з обважуванням. Гирі 1, 3, 9 і 27 фунтів давали можливість зважувати будь-який вантаж у межах пуда (точніше 41 фунта), а гирі 1, 3, 9, 27 і 81 золотник – у межах фунта і навіть вище [98; 565, с.78]. Таким чином, набором з 11 різних гир охоплювався діапазон від одного золотника до чотирьох пудів. До тексту закону було додано таблицю про належний і швидкий підбір і застосування гир при використанні як однієї, так і обох шальок ваг.

5.3. Історія метрології в 30-х рр. ХІХ ст. – першій половині ХХ ст.

З ХІХ ст. в Україні активно розвивалася промисловість. У 1825 р. налічувалося близько 650 промислових підприємств, то в 1860 р. їх стало 2330, тобто в 3,5 рази більше. Особливо швидко розвивалася цукрова промисловість, коли в 1820-х рр. виникли перші цукроварні, а в 1850-х рр. їх налічувалося вже понад 200. Найбільше їх було на Київщині, цьому сприяла родина Бобринських. О.О.Бобринський був обізнаний з цукробуряковою справою Франції та Німеччини, знав про перші спроби вітчизняних цукроварів і розпочав запроваджувати ці нововведення в своїх маєтках. Перші цукрові заводи О.О.Бобринський збудував в одному зі своїх тульських маєтків у с. Михайлівському, а також у м. Сміла на Київщині. Використовуючи досвід, набутий при будівництві цукрових заводів у Тульській губернії, він успішно розгорнув цукробурякову справу в Україні, став одним з піонерів цукробурякової промисловості. За 10 років побудував Смілянський (1858), Балакліївський (1838), Грушевський (1845) і Капітонівський (1846) цукрові заводи. Крім легкої промисловості, помітного прогресу досягла металургійна та кам'яновугільна галузь. Так, до 1860-х рр. видобуток вугілля на шахтах Донбасу виріс і досяг 6 млн. пудів за рік. До середини ХІХ ст. промислові підприємства складали лише 15% усіх промислових підприємств, а переважали підприємства мануфактурного типу, тобто ті, на яких зберігалася ручна праця. Промисловий розвиток України міг би відбуватися значно швидше, але економічна система, за якої велика кількість населення перебувала в кріпацькій неволі (50% селян), перешкоджала забезпеченню промислових підприємств робочою силою і перетворювалася в головне гальмо на шляху прогресу [17; 684].

Поява інтелігенції стала для українського суспільства ХІХ ст. подією історичної ваги. Вона взяла на себе роль інтелектуального, культурного, а згодом і політичного керівника нації. Чисельність інтелігенції з вищою освітою була незначною: до 1861 р. Харківський університет закінчило 2800 чол., а

Київський – 1500 чол., але вона вплинула на національну свідомість [251]. У 1805 р. у Харкові відкрито університет, ініціатором відкриття якого був громадський діяч, учень і послідовник Г.Сковороди – В.Н.Каразін. У 1834 р. у Києві відкрито університет святого Володимира, 1844 р. – Львівський університет. До 1861 р. 66 випускників Харківського університету стали професорами, серед них такі корифеї наук як математик М.В.Остроградський, філолог-славист І.І.Срезневський, філолог О.О.Потебня, історик М.І.Костомаров [279]. Визначні досягнення відбувалися у Львівському університеті (1844), де працювали: Фабіан Оскар (1846-1899) перший керівник кафедри теоретичної фізики, його роботи з гравітації і радіаційного стану матерії; Юліан Медведський (1845-1918) перший український ректор з 1888 р, дослідник геології Карпат; Фелікс Стжелецький (1823-1883) фізик, ректор у 1872-1874 рр.; Тадеуш Фідлер (1858-1933), який у 1907 р. організував калориметричну лабораторію тощо [425]. З економічним розвитком країни, наслідком якого стало зростання торгівлі, відчутною була необхідність у створенні спеціальних праць про міри, мета яких дати посібники торговцям, навчити людей діям з іменованими числами, дати довідники землемірам, узагальнюючи існуючі міри підготувати матеріал для законів про міри. Поява робіт, присвячених метрології, пов'язана зі зростанням інтересу до історії, джерелознавства, допоміжних історичних дисциплін. Значний поштовх до вивчення мір дав М.М.Карамзін у примітках до «Історії держави Російської», де наводилися низки відомостей про міри (сажень, аршин тощо) [263].

Метрологія в Україні зародилася в ХІХ ст. з появою низки спеціальних робіт з історії мір. Для свого часу ці роботи мали велике пізнавальне значення, оскільки започаткували вивчення історії мір і в ряді випадків містили великий фактичний матеріал. Серед цих досліджень можна назвати роботи Д.І.Прозоровського, Г.А.Леонтьєва та ін [355; 505–506].

У цей період відбувся ряд видатних відкриттів, які вплинули на розвиток міряння. У 1869 р. відбулося створення Д.І.Менделєєвим періодичної системи елементів [599; 736, с.114]. У 1889 р. відбулося

відкриття О.Г.Столетовим закону зовнішнього фотоефекта (закон Столетова), а М.І.Доліво-Добровольський здійснив електропередачу трифазового струму і зробив лінію електропередач, довжиною у 170 км. У 1899 р. І.Лебедев методом вагового термометра виміряв температурний коефіцієнт розширення кварцового скла для створення водородного термометра. У 1899–1901 рр. П.М.Лебедев дослідним шляхом довів наявність тиску світла на тверді тіла, на існування якого вказував ще І.Кеплер у 1619 р. у праці «Гармонія світу», пояснюючи цим відхилення хвостів комет у бік Сонця [348; 736, с.140–141]. З цього аналізу здобутків видно, що в Російській імперії цього періоду був високий рівень науково-технічних здобутків.

За роки з 1861 до 1900 р. відбувся швидкий і потужний розвиток буржуазних відносин, в багатьох сферах спостерігалися значні зрушення. На території України знаходилася основна частина гірничої та вугільної промисловості Російської імперії, машинобудування, значна частина харчової промисловості тощо. Протягом 1866–1898 рр., в основному завдяки родині Бобринських, прокладено понад 4 тисячі верст залізниці. Наприкінці ХІХ ст. загальна її довжина становила 17% від залізниць Росії. 1865 р. перша залізниця України поєднала місто Балту і Одесу, вона мала довжину 219 верст. Однак стан справ з підготовкою науково-технічних кадрів був незадовільний. За даними 1885 р., кількість керівників промислових підприємств, що мали вищу і середню фахову освіту, не перевищувала 8% [278; 685]. Виробництво вимагало підготовки великої кількості інженерів для конкретних галузей, однак нечисленні технічні навчальні заклади готували інженерів переважно для механічної галузі [292, с.70]. Впровадження техніки в багатьох галузях промисловості, спроби автоматизувати технологічні процеси привели до появи принципово нових задач при створенні технічних засобів – визначення технологічних параметрів.

Провідна роль в освіті і науці належала університетам – Харківському, Київському, Львівському і Новоросійському, що був заснований у 1865 р. в

Одесі [251]. Серед найбільш послідовних прихильників організації технічних вищих навчальних закладів був В.Л.Кирпичов. Поряд з ідеєю єдиної вищої школи з фундаментальною та прикладною освітою виникла думка про перетворення вищих технічних закладів у технічні університети [64; 126; 284; 770]. Провідним діячам вітчизняної вищої освіти, насамперед В.Л.Кирпичову, вдалося сформуванати і втілити в життя уявлення про цілісний образ інженера. Це повинен бути фахівець з глибокими знаннями фундаментальних наук [456, с.245]. У квітні 1885 р. Указом засновано Харківський технологічний інститут, директором якого став В.Л.Кирпичов (1845–1913). З 1884 р. професором кафедри фізики Харківського університету був Ю.І.Морозов, наукові дослідження якого стосувалися фізичної географії та метрології. З 1894 р. професором кафедри фізики став М.Д.Пильчиков, праці якого присвячено експериментальній фізиці, геофізиці, метрології. Створив низку нових вимірювальних приладів, займався поширенням метричної системи мір і ваги в Україні. Він запропонував удосконалений дзеркальний метод вимірювання малих кутів повороту (1884), в 1892–1902 рр. працював у Новоросійському університеті і приймав участь у переобладнанні фізичного кабінету і спорудженні спеціальної вимірювальної лабораторії [146; 200; 757; 456, с.321–324].

В березні 1897 р. видано Указ про відкриття в Києві політехнічного інституту імператора Олександра II (КПІ), що був у веденні Міністерства фінансів, а 30 серпня 1898 р. відбулося урочисте закладання будівлі інституту [1; 182; 456, с.247]. Ректором його став В.Л.Кирпичов. Кафедру фізики з 1898 р. очолив професор Київського університету Г.Г.Де-Метц (1861–1947), який розробив перший курс фізики для викладання в школах, а також займався питаннями метрології в електрофізиці [184-185; 757].

Єдиний у той час Петербурзький гірничий інститут не задовольняв потреб гірничої промисловості, тому організували Катеринославське вище гірниче училище, і 30 вересня 1899 р. цей заклад розпочав роботу. Директором було призначено гірничого інженера С.М.Сучкова. В 1899 р. тут

Г.І.Панафутіним засновано кабінет будівельного мистецтва, де було зібрано зразки будівельних матеріалів та інструментів, прилади для їх випробування та обладнання для міряння. В липні 1912 р. училище перетворено в Катеринославський гірничий інститут [445; 456, с.251]. Усі технічні вузи, засновані в Україні в ХІХ ст., стали становленням вітчизняної вищої технічної освіти, зокрема в метрології. Вітчизняними вченими було отримано важливі результати в галузі прикладної механіки і машинознавства, верстатобудування та інших галузях. Яскравим прикладом поєднання педагогічної роботи з інтенсивними науковими дослідженнями стала діяльність В.Л.Кирпичова.

Вибір одиниць вимірювання був приблизний тривалий час, що привело до їх різноманітності. Наприклад, у довіднику для архітекторів та будівельників, який було розроблено інженером Н.І.Ліпіним, наведено 100 різних футів, 46 миль, 120 фунтів, впроваджених у Російській імперії. З розвитком торгівлі, різнобій в одиницях вимірювання став гальмувати прогрес багатьох промислових виробництв. Гостро відчувалася потреба встановлення єдиної системи одиниць вимірювання. Поступово зміцніла ідея створення системи мір, яка була б єдиною та уніфікованою, одиниці мір мали б визначені розміри, незмінні з часом (див.додаток С) [565, с.33].

5.3.1. Розвиток теоретичної і прикладної метрології в ХІХ ст. Депо еталонів мір і ваги.

В 1829–1836 рр. Російська імперія отримала зразкові міри довжини, маси, місткості сипких і рідких тіл з докладною документацією від 27 країн і міст світу – Франції, Англії, Норвегії, Іспанії, Бельгії, Швеції, Австрії, Пруссії, Баварії, Італії, Єгипту, Туреччини, Китаю. Взагалі понад 100 мір і їх комплектів: німецькі та італійські фунти й фути, єгипетські ротли, китайські ляни, норвезький монетний важок, турецький аршин ендазе, французькі міри старої метричної системи, шведські й бельгійські міри для рідин та ін. Серед них був туаз французький, роботи відомого фізика-механіка Пістора (Берлін), який виготовляв міри не тільки для Німеччини, але й для Франції і

Росії (у фондах Метрологічного музею є міри його виготовлення), міра об'єму в 5 літрів роботи Жекера (Париж), метр фірми «Ювенал і сини» (Нідерланди) та ін. На мірах зазначено дати їх виготовлення, герби країн і міст, клейма майстрів. У супровідних документах до них додавалися докладні описи, наукові характеристики, у низці документів приводилися відомості про основні закони з мір й ваги у цих країнах. Петербурзький Монетний двір отримав англійські міри у вересні 1832 р., і Комісія мір і ваги почала працювати. Оскільки Монетний двір, куди надходили зразкові міри, був у веденні Міністерства фінансів, було вирішено передати Комісію мір і ваги в Департамент гірничих і соляних справ цього Міністерства. За пропозицією Є.Ф.Канкріна до її складу ввійшли представники різних відомств, у тому числі академік А.Я.Купфер «...как человек, который имеет истинные знания в этой части...». На засіданні Комісії 12 листопада 1832 р. він представив «Записку о сравнении весов и мер российских с иностранными и определение эталонов мер и весов», в якій виклав план майбутніх робіт. Звірка мір проводилися протягом 1833 р., було складено звіт міністру фінансів з додатком у 190 порівняльних таблиць, які було розіслано в різні відомства й установи Росії. Колекція еталонів використовувалася безпосередньо для наукових цілей. У 1842 р. її передано для зберігання в Депо еталонів мір і ваги її першому вченому-зберігачу академіку А.Я.Купферу. За його пропозицією на її основі було організовано Метрологічний музей. У сучасній експозиції представлено значну частину колекції іноземних мір, що наочно характеризує період історії, коли в різних країнах застосовувалися різні системи мір. За даними дослідників, у світі в середині ХІХ ст. використовували близько 300 фунтів і 200 футів [136–137].

Історія метрології доводить, що причиною впровадження мір був розвиток економіки і торгівельних операцій. Наприклад, в Одесі з початку її забудови для цього було використано загальноімперські правила, за якими на місцеву владу покладался контроль за правильністю визначення ваги, об'єму і розмірів виробів, що продавалися. Торгівельна депутація обирала

авторитетних представників з своїх членів, які періодично перевіряли торгівельні заклади разом з поліцією. При перевірці обов'язково звертали увагу на наявність і стан ваги й мір, щоб вони були з клеймами держави і без ушкоджень, але такі перевірки проводилися рідко. Для виправлення цього недоліку використовувалися міські ваги, які ставилися на всіх площах і базарах та надавалися в оренду бажачим. Одне з перших згадувань про міські міри в історії Одеси задокументовано 1808 р., коли відкупщик мір на Грецькому базарі Ф.Барнас довів до Міської думи прохання «... про виготовлення нових мір у зв'язку з непридатністю тих, що є ...». Міськими мірами покупець міг за маленьку плату переважити або переміряти куплений товар. У випадках обважування, обмірювання, покупець доповідав про це орендареві, що доводив скаргу до поліцейського на ринку, який міг вилучити непридатні міри і присудити штраф продавцю. Тому продавці, які не мали постійних торгівельних місць, продавали вироби одиницями або кружками, цебрами, бочками, мішками. Непридатні вилучені ваги, після ремонту обов'язково перевірялися в Казенній палаті губернії. В 1824 р. для виконання цих робіт було збудовано нову споруду для перевірки мір. В Одесу в 1844 р. надійшли порівняльні таблиці іноземних і російських мір, «... вивірені з точністю копії аршина, фунта, відра і чверті», а також перевірені в Депо еталонів мір і ваги контрольні ваги. В «Одеському віснику» від 7 листопада 1842 р. надруковано оголошення для всіх торговців, ремісників і художників «...виготовляти сажні, аршини, коромисла, гирі, міри рідини і ємкості за казенними формами». Ці міри представлялися для перевірки державними установами і клеймувалися, але в Одесі тільки у 1880-х рр. знайшлися підприємці, бажачі виготовляти міри. З огляду на проблему та її важливість Міська дума Одеси включила до кошторису 1879 р. витрати на забезпечення єдності мір і захисту споживачів від неякісних вимірювань, а також почала облаштовувати приміщення для перевірки і придбання комплектів копій мір. В цей період у Російській імперії проводилася робота з переходу на Міжнародну метричну систему мір. У листопаді 1880 р. Міська

дума звернулася до зберігача Депо еталонів мір і ваги В.С.Глухова із проханням виготовити і перевірити комплекти мір для Одеси, а 26 червня 1881 р. вже було перераховано кошти на їхнє виготовлення й перевірку [260; 580; 749].

До серпня 1882 р. комплекти зразкових мір виготовлених і перевірених у Депо еталонів мір і ваги, доставлено в Одесу, також на Монетному дворі виготовлено 12 державних та 6 міських клейм. В цей час в приміщенні Міської думи підготовлено і обладнано дві кімнати для збереження, перевірки і клеймування мір і ваги. Завідував повірочною камерою зберігач А.І.Зволинський, а проводив перевірку призначений службовець пробірної палатки Міністерства фінансів пробіrer І.Ф.Зубарев, який був першим фахівцем з перевірки мір в Одесі. Саме від серпня 1882 р. йде відлік існування метрологічного центру в Одесі. В 1883–1884 рр. там відкрилися дві фабрики з виготовлення ваги: Мірендзе та Каца, а 1895 р. – ще дві: Бемера і Зельдовича. У майстерні з ремонту ваги і виготовлення мір роботи виконував майстер Г.Пінкус. Потім фабрику Каца перейменовано в державний завод №13 ім.Старостіна. В 1886 р. Міська дума Одеси визначила правила торгівлі, у 1887 р. прийняла Інструкцію про контроль правил щодо мір. На завідувача Міської палати клеймування мір покладено «...відкривати камеру двічі на тиждень у назначені управою дні і години і проводити повірку і клеймування доставлених у камеру мір, з взяттям за це платні, що встановлена управою» [749]. Це були перші застосування масової сертифікації продукції на державному рівні.

Першим Центром з дотримання і контролю системи мір на рівні держави було створене 1842 р. Депо еталонів мір і ваги у Санкт-Петербурзькій фортеці. Його до 1865 р. очолював академік А.Я.Купфер, до 1892 р. – В.С.Глухов, а потім Д.І.Менделєєв. У Санкт-Петербурзі, на Московському проспекті, містилася перша в Росії державна метрологічна установа «Всеросійський науково-дослідний інститут метрології». В 1893 р. на базі Депо еталонів мір і ваги Д.І.Менделєєв створив науковий

метрологічний центр – Головну палату мір і ваги (1934 р. – Всесоюзний науково-дослідний інститут метрології), якому в 1945 р. присвоєно ім'я Д.І.Менделєєва. Інститут було розміщено в кількох будинках, збудованих відомими архітекторами – Ф.Ф.Бекманом, О.Ф.Бубирем і А.І.фон Гогеном у середині XIX – на початку XX ст. Тут же встановлено пам'ятник Д.І.Менделєєву роботи М.Г.Манизера, Л.В.Шервуда, А.І.Гінзбурга та мозаїчне панно «Періодична система хімічних елементів» (майстерня В.О.Фролова) [413–414; 555–556].

На XVIII–XIX ст.ст. припадає перший етап так званої стихійної метрологічної діяльності. Проте на ньому також відбувалася централізація метрологічної роботи та започатковано участь російських учених у роботі метрологічних організацій. Так, Указом «Про систему Российских мер и весов» (1835) затверджено еталони довжини й ваги і визначено, що платинова сажень повинна дорівнювати семи англійським футам. Платиновий фунт практично дорівнював вазі бронзового позолоченого фунта (1747). У 1842 р. на території Петропавлівської фортеці в спеціальному будинку відкрилася перша централізована метрологічна й повірочна установа Російської імперії – Депо еталонів мір і ваги, куди перейшли на зберігання еталони, копії еталонів, зразки іноземних мір, з музею в Санкт-Петербурзі. Там також виготовлялися еталонні міри для місцевих органів і проводилася перевірка й звірка мір. Ці дії регламентувалися «Положением про меры и весы» (1842), яке заклало фундамент державного підходу до впровадження і забезпечення єдності мір. У середині XIX ст. склалася описова метрологія, яка займалася описом різного роду мір – довжини, ваги, об'єму, сипких і рідких тіл та встановленням співвідношень між мірами. В 1849 р. вийшла праця Ф.І.Петрушевського «Общая метрология», яку було відзначено премією імператорської Академії наук (Демидівською премією). В кінці йшлося про російські міри й західноєвропейські [385; 389; 469; 559].

На Паризькій виставці 1867 р. створено Комітет з мір, ваги та монет, до якого ввійшов російський вчений Б.С.Якобі. Значно вплинула на подальший

розвиток метричної справи доповідь російських академіків О.В.Струве, І.І.Вільде і Б.С.Якобі надіслана 1869 р. від імені Петербурзької академії наук до Паризької. У доповіді висловлювалась думка про необхідність нового прототипу метра та кілограма, наближені до архівних прототипів, а також зробити достатню кількість однотипних копій для розподілу між зацікавленими країнами. Роботу пропонували доручити Комісії з представників різних держав. Пропозицію підтримала Паризька академія наук. Французький уряд звернувся до всіх держав з проханням запросити вчених до складу Міжнародної метричної комісії для розгляду проблеми виготовлення метричних еталонів. У результаті було розроблено і 20 травня 1875 р. підписано Метричну конвенцію, яка стала фундаментом міжнародного співробітництва і сприяла процесу уніфікації мір та метрологічній діяльності в міжнародному масштабі. Відповідно до конвенції, Росія отримала еталони маси №12 і №26 та еталони довжини №11 і №28, які було доставлено в Депо еталонів мір і ваги (Морський проспект, 19 в Санкт-Петербурзі) [390; 589, с.9]. Застосовувати цю конвенцію в Російській імперії почали одночасно з національною системою мір з 1900 р. Основне положення Міжнародної метричної конвенції 1875 р. – це угода держав про створення постійного метрологічного закладу для поширення метричної системи. В Російській імперії Міжнародну метричну систему введено 4 липня 1899 р. факультативно і використовувалася вона поряд з російськими мірами [183; 666; 340]. На початку ХХ ст. в Російській імперії використовувалися наступні міри: миля – 7 верст, верста – 560 сажень, сажень – 3 аршина, аршин – 16 вершків, фут – 12 дюймів, дюйм – 10 ліній, лінія – 2,54 мм [764, с.8].

Перші метрологічні роботи з термометрії почалися у 1886 р., коли В.С.Глухов як зберігач Депо еталонів мір і ваги закупив у Франції ртутні термометри № 4532 як перші еталони одиниці температури в Російській імперії. В 1894 р. Росія закупила водородні термометри у фірми «Голац» у Парижі і в Головній палаті мір і ваги організували термометричне відділення

[481]. В Росію за еталоном Міжнародного метра було відправлено дві копії, які зберігаються у ВНДІМ ім.Д.І.Менделєєва. В цей час важливі дослідження проводив М.Д.Пильчиков (1899), який здійснив перші спроби з радіокерування завдяки високоточному вимірюванню [473; 769].

Основою законодавчої бази системи мір XIX ст. став Указ «Про систему російських мір і ваги» (1835), де вказувалося, що сажень у 7 англійських футів, поділена на 3 аршини, кожний з яких у 28 дюймів є основою лінійної російської міри, а основою одиницею російської ваги є фунт, який дорівнює фунту, виготовленому в 1747 р., що знаходився на монетному дворі в Санкт-Петербурзі. Цей фунт, за вимірюваннями А.Я.Купфера, дорівнював 1,09718 англійського фунта [96; 565, с.8]. Затверджено еталони-зразки довжини (платинова сажень) і маси (платиновий фунт). Як вже зазначалося, у Санкт-Петербурзі (1842) відкрито першу метрологічну установу Російської імперії Депо еталонів мір і ваги. Діяльність Депо регламентувалося зазначеним вище Указом, що стало основою системного підходу до забезпечення єдності мір в державі. Ще одним вагомим чинником став вихід у 1848 р. у Росії книги «Общая метрология» Ф.І.Петрушевським [469].

Виміри є важливим шляхом пізнання світу. На першому з'їзді природознавців у 1867 р. Д.І.Менделєєв наголосив про необхідність схилити народ до прийняття єдиних мір. В Російській імперії метр і кілограм було впроваджено у 1830-х рр. В цей час міністр фінансів граф О.І.Канкрін визначив, що для правильності та спрощення торгівлі необхідно зробити наукові порівняння російських та іноземних мір. Важливим кроком до єдності мір було привезення еталонів метра, кілограма до Російської імперії і організація Комісії з впровадження мір на чолі з А.Я.Купфером.

5.3.2. Внесок Д.І.Менделєєва в розвиток метрології як науки та організацію метрологічних установ в Україні на початку XX ст.

З 1865 по 1892 р. очолював Депо еталонів мір і ваги В.С.Глухов, який поповнив його вимірювальними технічними засобами і розробив проект

впровадження мір. Після В.С.Глухова вченим-зберігачем Депо еталонів мір і ваги призначено Д.І.Менделєєва [189, с.26; 383, с.92]. Щодо докторської дисертації Д.І.Менделєєва «Развитие мысли про соединение спирта и воды» (1865), то це – метрологічне дослідження, оскільки вченим були розроблені спеціальні методи точних вимірювань та вимірювальна апаратура і виконані вимірювання, результати яких лягли в основу алкоголетричних таблиць [22, с.126; 187, с.5].

Метричну систему (Франція, 1840) відмітив як значиму подію Д.І.Менделєєв і у 1867 р. на з'їзді руських природодослідників виступив з пропозицією підготувати таку реформу для Росії. За ініціативою Д.І.Менделєєва запропоновано Петербурзькій академії наук організувати Міжнародну установу з забезпечення єдності засобів вимірювання для всіх держав. Ця пропозиція отримала позитивний відгук і в 1875 р. на Міжнародній метрологічній конференції в Парижі було прийнято Метричну конвенцію. Прихід Д.І.Менделєєва у метрологію не був випадковим. Він обумовлений його ставленням до процесу вимірювання як одного з основних методів пізнання навколишнього світу і прагненням надати поштовх для промислового розвитку країни. Міністри фінансів І.А.Вишнеградський (1887–1892), а потім С.Ю.Вітте (1892–1903), високо оцінюючи діяльність Д.І.Менделєєва, зверталися до нього щодо обговорення й вирішення багатьох проблем загальнодержавного значення (розробка митного тарифу, відкриття нових навчальних закладів, дослідження стану нафтової й гірничої промисловості з метою виводу їх із кризи, підготовки наукової експедиції криголаму «Єрмак») [415; 416; 114, с.158].

На рубежі XIX–XX ст.ст. у Російській імперії спостерігався промисловий підйом. Інтенсивно розвивалися наука, торгівля, країна утверджувалася на світовому економічному ринку. Прихильники швидкого промислового розвитку Росії, в тому числі і Д.І.Менделєєв, розуміли необхідність створення ефективно діючої державної метрологічної системи, що забезпечила б однаковість, достовірність і взаємну відповідність мір і

ваги. Виконання цього найважливішого завдання Міністерство фінансів довірило Д.І.Менделєєву. Очоливши 19 листопада 1892 р. першу державну метрологічну установу Російської імперії – Депо еталонів мір і ваги, вчений зайняв посаду, яка давала можливість безпосередньо впливати на торгово-промислову політику країни як внутрішню, так і зовнішню. «...Поручили мне дело мер и весов в России, чем я занимаюсь с удовольствием, потому что тут чистая наука тесно переплелась с практикой...», – писав Д.І.Менделєєв [137; 384; 540].

Д.І.Менделєєв розробив програму заходів, основу метрологічної реформи, яка включала створення:

1. Нової вдосконаленої й розширеної бази національних еталонів фізичних величин.
2. Наукового метрологічного центру країни – Головної палати мір і ваги.
3. Нового закону в галузі метрології.
4. Мережі повірочних установ нового типу.
5. Проведення робіт з підготовки Росії до переходу на міжнародні метричні одиниці [538; 548–554; 433].

Період з 1892 по 1907 рр. можна назвати менделєєвськими часами метрології в Росії, для якого характерно становлення наукової метрології. Д.І.Менделєєв вказував, що це був етап усвідомлення господарського значення метрології, початок продуманого й планомірного внесення метрологічної діяльності в господарський механізм країни. В 1893 р. Д.І.Менделєєв провів реорганізацію Депо еталонів мір і ваги у Головну палату мір і ваги, яка стала науково-дослідною установою з метрології [409; 193, с.511]. В ній проводилися дослідження в термометрії, термометричні та барометричні вимірювання, аналіз і перевірка мір у Сибіру, в західному регіоні Російської імперії, зокрема в Україні, визначення правил для повірки мір, аналіз Гамбургської і Німецької пурки, вимірювання місткості винних бочок за їх лінійними розмірами, дослідження хлібних гир, визначення

торгівельної якості зерна, дослідження калориметрів і т.д [62; 124; 194–197; 214; 225; 322].

До ХХ ст. у Санкт-Петербурзі було створено наукові відділення: вагове, компараторне (вимір довжини), термометричне, манометричне, астрономічне, електричне, фотометричне, газомірне, водомірне, хімічна лабораторія. Розпочато роботи з вимірювання радіоактивності, абсолютного значення «напруги» (прискорення) сили ваги, визначення точного часу обертання Землі, фізико-хімічні дослідження та ін. Уперше стали проводитися випробування й перевірка контрольно-вимірювальних приладів у промисловості, торгівлі, побуті – термометрів, електро-водогазолічильників, манометрів, динамометрів, калібрів, калориметрів, пурок (ваг для хліба) тощо. Високий рівень наукових праць Головної палати, у тому числі з відтворення прототипів довжини й маси, створення еталонної бази, сприяв успішному входженню Російської імперії в міжнародне метрологічне співтовариство, отже і розвитку співробітництва в інших сферах. Головна палата стала центральною метрологічною установою країни, що здійснювала наукову, практичну й організаційну діяльність з єдності вимірювання, стала третім науковим метрологічним центром світу, після Міжнародного бюро мір і ваги (Франція, 1875) і Фізико-технічного інституту (Німеччина, 1887) [91; 92; 245, с.31].

Завдяки Д.І.Менделєєву поступово створювалася російська системи еталонів, державна метрологічна служба, де реалізовано програму наукових досліджень з метрології. Його наукові праці та ідеї з метрології і зараз актуальні, зокрема наукове гасло: «Наука починається с измерений, а точная наука невозможна без мер» [442, с.81; 560]. Засновані ним наукові напрямки, сформований стиль науково-практичної роботи, на багато років визначили шляхи розвитку метрології [91–92; 440, с.94; 480].

При Д.І.Менделєєві розширено діяльність Головної палати. Покращено контроль за вимірювальною технікою (манометри, газоміри, водоміри і т.д.). У 1894 р. за ініціативою Д.І.Менделєєва виготовлено тригранну призму, як

еталон міри довжини, ребро якої дорівнювало півсажні. На гранях нанесені аршин (0,7112 м), ярд (0,914 м), метр у 253 лінії. Д.І.Менделєєв охарактеризував еталон як екземпляр, цінний у багатьох відношеннях. Ця півсажень відіграла виключну роль у процесі переходу Росії на метричну систему [130; 188]. Д.І.Менделєєву належать безсмертні слова: «Измеряй все, что может подлежать измерению, показывай числовое отношения изученного к известному относительно категорий времени и пространства» [187]. За цим постулатом він намагався організувати діяльність перших метрологічних установ.

Д.І.Менделєєв також виконував обов'язки голови в першій екзаменаційній комісії Київського політехнічного інституту (КПІ), та вказував про достойний рівень підготовки випускників цього інституту. В доповідному листі міністру фінансів (С.Ю.Вітте), Д.І.Менделєєв з позитивною оцінкою віднісся до лабораторії КПІ і написав: «...Я видел множество лучших лабораторий Западной Европы, не говоря про лаборатории учебных заведений России. Кабинеты и мастерские Киевского политехнического института отличаются от всего виденного мною не только современностью и богатством оборудования, а и разнообразием и совершенством приборов, предназначенных для студенческих занятий...» [539; 150; 239; 385]. Така висока оцінка лабораторії в першу чергу вказувала на якісну діяльність організаторів лабораторії, високотехнологічні кабінети і майстерні. Організатором фізичної лабораторії був Г.Г.Де-Метц, який у 1903 р. видав брошуру, де детально описав обладнання лабораторії.

5.3.3. Метрологія в 1900-1950-х рр.

Трансформація, що склалася до ХХ ст. виявилася в єдності двох різнохарактерних, але органічно пов'язаних процесів. З однієї сторони, мав місце приріст протиріч між промислово розвинутими державами, в боротьбі за перерозподіл влади, а з іншої сторони – посилення неприйняття домінуючої ролі Заходу з боку орієнтованих на традиційні цінності східних організацій. Перша світова війна підірвала основи ліберально-прогресивного

світосприйняття, яке впроваджувалося ще з епохи Просвіти. Криза європейської свідомості в роки війни і в наступні десятиліття характеризувалася як криза віри в людину (руйнація ідейних засад ренесансного гуманізму), так і криза ідей прогресу [736, с.142–144].

Вимірювання – це процес взаємодії між досліджуваним об'єктом і приладом (експериментальною установкою). В 1908 р. Г.Мінковський слідом за А.Пуанкаре висловив ідею об'єднання тривимірного простору і часу в один чотиривимірний простір [517]. У 1911 р. зроблено перший міжнародний радієвий еталон (М.Складовська-Кюрі, А.Деб'єрн). У 1912 р. зроблено перший магнітний спектрометр (Л.Даниш) і було отримано шість платинових термометрів опору від Кембріджської спілки. У 1914 р. у Парижі було засновано Радієвий інститут, а у 1917 р. в Японії засновано Інститут фізичних і хімічних досліджень. 1918 р. Й.Й.Косоногов – автор методу вимірювання електропроникності рідин для сантиметрових хвиль, дослідник явища оптичного резонансу (рівнобіжно з Р.Вудом), розробив проект структури фізичного інституту в Україні. 1927 р. подано прохання до Київської губпрофосвіти про створення Київського державного фізичного дослідного інституту. Після смерті Й.Й.Косоногова цими питаннями займався О.Г.Гольдман. 1929 р. засновано Науково-дослідний інститут фізики Наркомату освіти і у 1936 р. перейменовано на Інститут фізики АН УРСР. О.Г.Гольдман став першим директором Інституту, він також засновник першого наукового фізичного журналу в Україні «Фізичні записки» [33, с.26].

У 1918 р. у СРСР засновано журнал «Успіхи фізичних наук», у Петрограді організовано Державний рентгенологічний і радіологічний інститут, де фізико-технічний відділ очолив А.Ф.Йоффе. В 1921 р. відділ став самостійним інститутом, який в 1931 р. отримав назву Ленінградського фізико-технічного інституту (сьогодні – Фізико-технічний інститут ім. А.Ф.Йоффе РАН, Санкт-Петербург). У 1918 р. у Петрограді за ініціативою Д.С.Рождественського організовано Державний оптичний інститут. У 1920 р.

О.Штерн провів пряме вимірювання швидкості молекул [481; 517; 736, с.204–206].

Промисловість України на початку ХХ ст. розвивалася темпами кінця ХІХ ст., а капіталістичний розвиток вимагав кваліфікованих кадрів. Не краще склалися справи і з вищою освітою. Восени 1916 р. була створена Рада зі справ професійної освіти, яка підготувала записку з ідеєю зв'язку вищої професійної школи з середніми технічними школами. Міністерство народної освіти Тимчасового уряду, на чолі якого були такі видатні діячі науки як С.Ф.Ольденбург, В.І.Вернадський, зробило ряд кроків для здійснення реформи вищої освіти в державі, створення нових освітянських закладів. В 1917 р. у 3-х університетах, 27 вузах, 8 учительських інститутах Наддніпрянської України навчалася лише 35 тис. студентів. Аналогічний стан з освітою був і на заході. Все це свідчило про неспроможність монархічних режимів ні Росії, ні Австро-Угорщини повністю задовольнити потреби українського населення в освіті. У цей час українські вчені збагатили вітчизняну та світову науку низкою видатних досягнень. У Київському університеті Д.Граве заснував відому алгебраїчну школу, а в Харківському університеті Д.Рожанський – школу радіофізиків. У генетиці плідно працювали Л.Симиренко і М.Кашенко, у фізіології – В.Данилевський, у медицині – хірург-офтальмолог В.Філатов. Учений-практик М.Курако розробив вдалу конструкцію домни. Геолог Л.Лутугін першим склав геологічну мапу Донбасу, яка й сьогодні не втратила практичного значення. С.П.Тимошенко за гетьмана П.Скоропадського прилучався до створення Української АН, опікувався створенням відділу механіки для теоретичних і експериментальних робіт, очолив Інститут механіки, створений ним [33; 251; 283, с.143; 422].

Г.Г.Де-Метц (1861–1947) був біля витоків КПІ. В 1896 р. Г.Г.Де-Метц став професором Київського університету (1891) і брав участь у першій нараді професорів університету, інженерів і підприємців. У рішенні наради вказувалося про необхідність організації в Києві політехнічного інституту, а

потім Комітет збору пожертв дав доручення Г.Г.Де-Метцу очолити будівництво і облаштування приміщення для лабораторних занять студентів на відділеннях інституту. Як згадує у своїх працях Г.Г.Де-Метц, «...архітектор І.С.Кіттнер, за проектом якого споруджувалися будівлі КПІ, переробляв проекти фізичної лабораторії, враховуючи вимоги замовника...». Вежа для першого корпусу була зведена не стільки для естетичного виду, але й для виконання досліджень для яких необхідна була висота, балкони з установленими приладами, які потребували відкритого горизонту. Коридор було запроєктовано довжиною у 42 м оскільки фізичні дослідження потребували простору, двері суміжних приміщень були розташовані так, що коли їх відкривали, то кімнати подовжувалися. Розробляючи основну концепцію і завдання для архітектора проекту, Г.Г.Де-Метц керувався тим, що студенти повинні були виконувати практичні завдання і мати можливість спостерігати за явищами та законами природи. Демонстрація дослідів не заважала практичним роботам. Г.Г.Де-Метц точно описав приміщення фізичної лабораторії, наприклад Велику аудиторію, музей, лабораторію вимірювання, де були представлені вимірювальні прилади і еталони, лабораторію, де була впроваджена установка для рідкого повітря, оптико-механічна майстерня, павільйон фотографії. Г.Г.Де-Метц вказував, що спробував зібрати в лабораторії кращі експонати з Європи [182]. З заснування КПІ до 1901 р., кафедра з лабораторіями знаходилася в першому комерційному училищі, а згодом у хімічному павільйоні КПІ. Цей період став підготовчим у функціонуванні кафедри і лабораторія була обладнана для виконання лабораторних робіт студентів 4-х факультетів, а саме: інженерного, хімічного, механічного і сільськогосподарського (360 студентів у 1898 р.). У 1901 р. лабораторія переїхала до Головного корпусу інституту. Г.Г.Де-Метц склав опис устаткування лабораторії при КПІ (Київ, 1903). В 1898 р. професор В.Л.Кирпичов, перший директор КПІ, у виступі на відкритті КПІ казав: «...Для інженера передусім потрібна солідна наукова підготовка. Він повинен свідомо вивчити теоретичні предмети...». Під

науковою підготовкою значилася і фізика. У 1898 р. кафедру фізики КПІ очолив Г.Г.Де-Метц [182; 185; 284].

Г.Г.Де-Метц, народився в 1861 р., закінчив курс на фізико-математичному факультеті Новоросійського університету (Одеса, 1887). В 1887 р. Г.Г.Де-Метц захистив магістерське дослідження «Про механічні властивості масел і колоїдів», а в 1891 р. – докторське «Про абсолютне стиснення ртуті та скла». З 1906 р. під редакцією Г.Г.Де-Метца вийшло науково-популярне видання «Физическое обозрение», де було надруковано праці: «Двойное лучепреломление во вращающихся жидкостях» (Журнал Русского Физико-Химического общества, 1877), «Тройная радуга» (1888), «Аномальная дисперсия света в ее фактах и теориях» (Записки Новороссийского университета, 1895) та ін. Г.Г.Де-Метц приймав участь у роботі зі створення КПІ і контролю будівельної комісії зі зведення КПІ. У лабораторії при КПІ студенти мали змогу пройти практикум, а співробітники проводити експерименти. До 1914 р. лабораторія мала площу 631 квадратну сажень. Для студентських вправ призначено було 11 кімнат, у підвалі була розташована частина студентської лабораторії, де вимірювалась пружність, електричні і магнітні вимірювання. Були організовані лабораторії для спеціальних робіт, а саме: криогенна, оптико-механічна зі складами і помешканнями для службовців. Інша частина лабораторії для студентів знаходилася на першому поверсі, де визначали властивості гир, ваги, проводили випробування з теплоти, звуку і світла. Також там знаходилася велика аудиторія, музей приладів, лабораторія точного вимірювання і наукових досліджень. Фізичні прилади розміщувалися в 4-х вітринах музею (хронограф Женевської метрологічної спілки, цукрометр фірми «Шмідта і Генша», термометри в межах вимірювання від -200° до $+550^{\circ}$). В 1900 р. керівниками прикладних впроваджень були П.І.Холодний, О.М.Динник, Л.Й.Корбиш, А.Н.Яншевський [183; 278; 280]. Г.Г.Де-Метц очолював кафедру фізики КПІ до осені 1919 р. Потім його було обрано ректором КПІ і відряджено до Ростова для вирішення організаційних питань. У березні 1921

р., коли Г.Г.Де-Метц хотів повернутися в КПІ, його не прийняли. Період війн і революцій до 1921 р. важко відбився на діяльності кафедри і лабораторії КПІ. В КПІ був розташований військовий шпиталь. Восени 1919 р. професором фізики став Б.І.Средневський. Після відмови Б.І.Средневського, з 1920 р. об'єднана організація факультетських Рад доручила курс доценту М.А.Лінниченку. Навесні 1921 р. організаційною Радою КПІ на кафедру фізики було обрано О.Г.Гольдмана. Для студентів хімічного факультету А.Є.Любанський вів курс спектроскопії і радіохімії. У 1921–1930 р. поступово відновилася робота кафедри і лабораторії, але відновлення затримувалося оскільки в 1922 р. у лабораторії була відібрана оптико-механічна майстерня. В 1922 р. кафедру очолював професор О.Г.Гольдман, до кафедри входили академік Б.І.Любанський, доцент А.Є.Любанський, Н.А.Лінниченко, Г.Н.Губарев, Л.Я.Штрум, П.С.Тартаковський. О.Г.Гольдман і С.І.Качуровський проводили дослідження електричних розрядів, які відбуваються на діелектриках [147–148; 541–543; 562; 784].

У 1930 р. КПІ було реорганізовано в інститути і кафедра з фізичною лабораторією приєдналася до Київського енергетичного інституту. Науково-дослідна кафедра фізики переїхала в нове приміщення і увійшла у 1929 р. у створений науково-дослідний Інститут фізики Академії наук. Цінні прилади були передані з лабораторії до Інституту фізики, що зупинило інтенсивне продовження наукової роботи на кафедрі. Для допомоги студентам у проведенні лабораторних робіт, колектив кафедри, що складався з І.В.Солодовника, В.І.Лицька, Г.П.Проценка, Н.Н.Селейкіна на чолі з Г.Н.Губаревим, написали працю «Лабораторні роботи з фізики», яка вийшла у 1937 р. у Державному науково-технічному видавництві України. Для студентів, які опрацьовували теоретичний курс фізики і пробували розв'язати фізичні задачі, доцентом І.В.Солодовником було розроблено методичну працю «Системи одиниць фізичних величин і застосування їх у розв'язанні задач» (1937). Станом на 1 січня 1939 р. лабораторія мала в своєму резерві за інвентарними номерами 1084 прилади. В 1934 р. усі

інститути, на які в 1930 р. розпався КПІ, знову були об'єднані у Київський індустріальний інститут, який згодом знову називався Київським політехнічним інститутом (КПІ). За станом на 1939 р. очолював кафедру фізики професор Г.Н.Губарєв. У червні 1941 р. у КПІ навчалось 3000 студентів, а на початку липня 1941 р. розпочалась евакуація КПІ до Ташкенту. В серпні 1941 р. КПІ було об'єднано з Середньоазійським індустріальним інститутом і кафедрою фізики в цей період керував доцент С.П.Литвиненко, який спільно працював з К.Д.Синельниковим, А.К.Вальтером, Н.В.Курчатовим, О.Г.Гольдманом. Після повернення КПІ з Ташкента, у складі кафедри були: А.С.Богданович, Р.Я.Боробкіман, О.М.Беднаржевская, Д.С.Генхман, А.О.Журавський та ін. Професор І.Д.Файнерман очолював кафедру до 1948 р. Теоретична база була забезпечена завдяки організації кафедри теоретичної фізики, яку очолював професор А.А.Смірнов. У 1952 р. інженерно-фізичний факультет було реорганізовано і кафедри передано іншим факультетам, а у 1952–1954 рр. кафедру очолив П.К.Кабушкін, наукові роботи якого були присвячені астрофізиці [711; 751]. В цей час в метрології намітилася низка позитивних тенденцій, зокрема організація наукових досліджень у галузі вимірювань фізичних величин, генезис, перехід від описової до наукової метрології [598; 758–759; 780–781].

Помітні зміни в метрологічній діяльності відбулися після 1918 р., коли Радою Народних комісарів РРФСР 1918 р. прийнято Декрет «Про введення Міжнародної метричної системи мір і ваги», що започаткувало перехід до державної метрологічної діяльності і прийняття метричної системи (див. табл.5.1.). В 1917–1927 рр. здійснено комплекс заходів щодо створення державної метрологічної служби, що являла собою систему територіальних метрологічних установ – місцевих повірочних палаток [269]. В цей час в СРСР в галузях народного господарства в основному використовують одиниці системи сантиметр-грам-секунда (СГС) і метр-кілограм-секунда (МКС). Наприклад, сантиметр (довжина), грам (маса), час (секунда),

сантиметр на секунду (швидкість), гал (вимірювання прискорення), діна (сила), діна на сантиметр (тиск), ерг (енергія), стокс (динамічна в'язкість), максвелл (магнітний потік), гаусс (магнітна індукція), ерстед (напруженість магнітного поля), гільберт (магніторушаюча сила), сантиметр (індуктивність), статкулон або франклін (електричний заряд), статфарад (ємність),

Було введено обов'язкову всеросійську перевірку мір, затверджено нові положення про Головну палату мір і ваги, встановлено єдині збори за повірку, запроваджено кримінальну відповідальність за порушення цього Положення. Для виконання Декрету від 1918 р. необхідно:

- а) виготовити й замінити мільйони гир і лінійних мір;
- б) забезпечити їх таврування й перевірку, для чого організувати мережу перевірочних закладів;
- в) створити вихідні зразкові міри для оснащення цих установ;
- г) розробити еталони мір і засоби передачі інформації щодо їх розмірів;
- д) удосконалити технічну документацію, реорганізувати вимірювальну справу на промислових виробництвах, забезпечити вимірювальним інструментом;
- ж) інформувати про необхідність метричної системи та навчити населення її використовуванню, видати десятки брошур, книг, подолати інерцію мислення й старі звички [181, с.308; 396, с.26; 585].

Таблиця 5.1

Основні одиниці метричної системи (МКС)

Величина	Назва	Позначення
Основні одиниці		
Довжина	Метр	М
Маса	Кілограм	Кг
Час	Секунда	С
Основні одиниці вимірювання:		

1.Одиниця вимірювання довжини метр. З XVIII ст. у Франції частина земного меридіана пропонувалася для вибору міри довжини. У 1789 р. Генеральні штати Франції розглянули декілька проектів щодо реформи мір і ваги. У проекті реформ мір і ваги Ш.М.Талейрана (1790) пропонувалось і було прийнято за одиницю довжини секундний маятник з напівперіодом коливання на широті 45° . У Франції в 1791 р. Комісія Академії наук у складі Ж.Борда, Ж.Лагранжа, П.Лапласа, Г.Монжа, М.Кондорсе, А.Лавуазьє прийняла за одиницю довжини одну сорокамільйонну частку Паризького меридіана. метром. У 1795 р. у Франції запроваджено метричну систему мір (в Російській імперії прийнята з 1899 р. і як обов'язкова з 1918 р.). У 1795 р. було виготовлено з латуні перший прототип еталону метра. Потім еталон метра виготовили на основі вимірювання частини меридіана в 1799 р. у вигляді платинової лінійки шириною 25 мм і товщиною 4 мм з відстанню між кінцями, що дорівнювала прийнятій одиниці довжини. Цей еталон отримав назву Архівний метр і переданий на зберігання Національному архіву Франції. У 1872 р. Міжнародною метричною комісією замість природного еталона прийнято архівний метр як вихідну міру довжини [101; 204; 736, с.84, 531]. У 1875 р. на Міжнародній дипломатичній конференції затвердили новий еталон метра №6 у вигляді бруска зі сплаву платини (90%) і іридію (10%). Еталон метра №6 дорівнював Архівному метру при 0°C і він був затверджений у 1889 р. на Генеральній конференції з мір і ваги як Міжнародний прототип метра, який і сьогодні зберігається у Міжнародному бюро мір і ваги [101; 149, с.54]. До 1960 р. еталоном метра була штрихова міра довжини – брусок з платиноіридієвого сплаву, який зберігається у Міжнародному бюро мір і ваги в Севрі (Париж) [650, с.413].

2. Одиниця вимірювання маси. Кілограм – одиниця маси, яка дорівнює Міжнародному прототипу кілограма (виготовлено і прийнято на I Генеральній конференції з мір і ваги у 1889 р. і затверджено на III Конференції у 1901 р.). Міжнародний прототип кілограма зберігається у Міжнародному бюро мір і ваги. Цей прототип являє собою циліндр з платини

і іридія, діаметр і висота якого 39,17 мм. Перший еталон кілограма було прийнято у 1799 р. як масу одного кубічного дециметра води при температурі +4°C і нормальному атмосферному тиску [133].

3. Одиниця вимірювання часу – секунда. Термін секунда взято у XVIII ст. з латини, він означає «дрібна друга частина». З XVII ст. в Європі ділили добу на 24 години, а годину на 60 хвилин. У 1680-х рр. У.Клемент (Англія) сконструював годинник, який вимірював секунди. Секунда – це час, який дорівнює $1/86400$ середніх сонячних діб (в році – 365,2422 середніх сонячних діб). За Міжнародною угодою, земна поверхня поділена на 24 часових пояси. Відлік довгот і часу ведеться від меридіану, який проходить через Грінвічську обсерваторію. Дослідження у XIX–XX ст.ст. довели, що обертання Землі нерегулярне. Тому у 1956 р. прийнято нове визначення секунди ефемеридного часу як $1/31556925,9747$ частина тропічного року для 0 січня 1900 р. о 12 годині ефемеридного часу [650, с.91].

Одним з державних завдань, покладених на Головну палату, було практичне здійснення метричної реформи в країні. Ця грандіозна робота зайняла дев'ять років, оскільки виникали непередбачені труднощі. Так, для виготовлення необхідної кількості гир треба було 4,5 млн. пудів чавуну, і на це потрібно було одержати дозвіл центральних органів влади [14].

8 січня 1919 р. підписано Декрет «Про введення нового відліку часу за міжнародною системою поясів», у 1921 р. видано Постанову «Про Всеросійську перевірку мір і ваги». За сім післяреволюційних років Уряд п'ять разів ухвалював рішення щодо різних метрологічних питань. У 1924 р. затверджено «Положення про міри і ваги», чим завершилася організація державної метрологічної служби СРСР. У 1925 р. прийнято Постанову «Про визнання укладеної в Парижі 1875 р. Міжнародної метричної конвенції». Цією постановою було відновлено міжнародні зв'язки країни щодо метрології. До 1927 р. в СРСР завершено метричну реформу. У всіх союзних республіках організовано Палати мір. Після прийняття на VII Генеральній конференції з мір і ваги в 1927 р. Міжнародної температурної шкали,

академік АН СРСР О.О.Байков створив у Головній палаті мір і ваги термометричну лабораторію високих температур для забезпечення потреб металургії [481]. У 1920-х рр. Урядом здійснено низку заходів для подальшого вдосконалювання метрологічної служби й стандартизації. З 1929 р. прийнято і впроваджено Постанову «Про кримінальну відповідальність за недотримання обов'язкових стандартів» і «Положення про міри і ваги» [269].

Вже в 1924 р. уведено термін «квантова механіка» [744]. В квантовій механіці вивчаються будь-які фізичні величини, які можна вимірювати в експерименті, це теорія руху елементів малої маси – мікрочастин (електрони, позитрони, протони, нейтрони, мезони, атоми і молекули). Процеси вимірювання над квантовими системами принципово відрізняються від вимірювань над класичними системами. Наприклад, при визначенні середніх значень координат та імпульсів виявляється, що їх не можна одночасно визначити з великою точністю. При вимірюванні спостережуваних величин класичної системи можна досягти найменшого впливу вимірювального приладу на об'єкт спостереження. Якщо вимірюють величини квантової системи, то від безпосереднього впливу вимірювального приладу вже абстрагуватись не можна. Проблема вимірювань є предметом палких дискусій протягом всієї історії становлення і розвитку квантової теорії. Щоб глибоко осмислити і зрозуміти цю проблему треба ґрунтовно знати квантову механіку. Можливість теоретично розрахувати ці величини стала метою і цінністю квантової механіки. Вимірювання спостережуваної величини, крім середнього значення, характеризується дисперсією. Дисперсія вимірювання – кількісна характеристика величини відхилення знайдених в експерименті значень від середнього значення спостережуваної фізичної величини. Іншими словами, дисперсія характеризує ступінь розсіювання експериментальних даних. Поняття «квантова метрологія» виникло в 1960-х рр., а розвиток цього напрямлення продовжується і сьогодні [32; 44; 176; 191; 393].

Історія становлення вітчизняної метрології відбито в Метрологічному музеї, який відкрито у 1928 р. у Головній палаті мір і ваги. Відкриттю музею передувала величезна діяльність, здійснювана першими керівниками Інституту – А.Я.Купфером, В.С.Глуховим, Д.І.Менделєєвим, М.Г.Єгоровим, Д.П.Коноваловим [119, с.56]. Основна концепція Музею полягала у збереженні зразків мір та вимірювальних пристроїв. Музей зібрав унікальні експонати від еталонів довжини, ваги, об'єму до архівних документів та фотографій до ХХ ст.

В Музеї знаходиться і кабінет Д.І.Менделєєва – засновника метрології як науки в Росії. Першою колекцією Музею були міри, привезені з різних європейських держав. Придбання цих експонатів вплинуло на розвиток метрологічних знань в Російській імперії, а також на створення перших еталонів (1827–1835) [130].

У 1907–1917 р. Головну Палату мір і ваги очолював М.Г.Єгоров, який проводив дослідження в спектроскопії. 1918 р. Комісаріатом народної освіти поставлено проблему необхідності реформування системи мір. Головна палата зробила опитування відомств щодо стану вимірювальної техніки. В 1918 р. створено орган управління метрологічною діяльністю – Науково-технічний комітет (НТК). Однією з перших організовано лабораторію високих температур на чолі з Л.С.Коловрат-Червінським (1883–1921) [181, с.306].

Й.Й.Косоногова (1866–1922) одного з перших обрали до Академії наук України, він зробив вагомий внесок у становлення метрологічної служби [143; 252; 456, с.320]. В метрології займався створенням еталонів для серійного промислового виробництва. В 1909 р. почав використовувати ультрамікроскоп для дослідження електролізу [425; 456, с.321]. У 1919 р. Академія наук України ухвалила рішення організувати секцію прикладної фізики (керівник Г.Г.Де-Метц). Однією з задач цієї секції було вивчення питань метрології [147].

В цей час Головна палата мір і ваги вийшла з ініціативою провести конкурс, завданням якого було науково обґрунтувати метричну систему. Оцінювали цей конкурс метрологи і вчені (О.М.Крилов, М.С.Курнаков та ін.). Наприклад у праці І.Скворцова-Степанова ґрунтовно описувалася необхідність популяризації метрології [610]. В 1920 р. через нестачу чавуну, бронзи та інших компонентів для еталонів стало неможливо серійно виготовити велику кількість метричних гир. Тоді Голова палати мір і ваги Ф.І.Блумбах звернувся з пропозицією до В.І.Леніна як Голови Уряду і вже в жовтні того року до планів було включено виготовлення металевих гир на заводах (див. табл. 5.2) [292–293].

Таблиця 5.2

Кількість мір і ваг, які було виготовлено за 1922-1926 рр. [292–293]

Рік	Ваги, тис.шт.	Гирі, тис.шт.	Інші міри, тис.шт.
1922	3,5	24	3,0
1923/1924	55,0	885	178,0
1924/1925	180,0	5200	750,0
1925/1926	298,0	8100	955,0

Розпорядження вплинуло на збільшення виготовлення еталонів мір та спонукало до їх уніфікації і нагляду за ними, а також до покращення якості продукції.

19 жовтня 1920 р. Урядом РРФСР прийнято Декрет про введення Головної палати мір і ваги до Науково-технічного відділу. Це розширило тематику досліджень Палати і як наслідок у 1921 р. планувалося 57 тем досліджень. У доповіді президента Головної палати мір і ваги Д.П.Коновалова (1925) зазначалося, що з 1922 р. до 1924 р. було розроблено шість еталонів, оновлена база лабораторії часу, магнітів, калібрів, фотометричної і радіологічної лабораторій та лабораторії високих температур. У 1918–1927 рр. організовано систему відомчих метрологічних установ, які впроваджували Міжнародну метричну систему у всіх галузях. А

в 1928 р. Постановою ВУЦВК та РНК УРСР введено в Українській Головній палаті мір і ваги напрямки метрологія і стандартизація [293; 423].

В 1922 р. чотири республіки утворили СРСР, а у 1923 р. Рада праці і оборони прийняла «План введення метричної системи в СРСР». До нагляду за дотриманням мір було залучено робітничо-селянську міліцію. У 1928 р. на VIII Всесоюзній конференції діячів повірочної справи підведено підсумки метричної системи [564]. Визначено, що розширилися масштаби метрологічної діяльності і в цих питаннях сформувався системний підхід.

У 1930 р. зі становленням стандартизації, почали об'єднувати проблематику метрології та стандартизації в одне коло питань і розглядати розвиток цих сфер в комплексі, поглиблено вивчалася метрологічна діяльність. Досвід, набутий в цей період, став корисним у Велику Вітчизняну війну, під час якої необхідно було відновлювати швидкими темпами систему вимірювання на підприємствах, уніфікувати його до військових потреб [165; 361]. Перші кроки по впровадженню Міжнародної метричної системи на території України зроблено в 1922 р., коли за Постановою Всеукраїнського Центрального виконавчого комітету на основі Харківської повірочної палатки організовано Українську Головну палату мір і ваги. Ця Палата стала центральною науково-технічною установою, яка повинна була забезпечити в Україні уніфікацію всіх мір. В 1931 р. її реорганізовано в Український комітет стандартизації. В 1933 р. у Харкові організовано Український інститут метрології і стандартизації, який реорганізовано у Харківський державний інститут мір і ваги (1938). Коли у 1934 р. столиця України з Харкова перемістилася до Києва, управління повірочними центрами передано Центральному управлінню мір і ваги при Раді Народних Комісарів УРСР. В 1940 р. до СРСР приєднано Західну Україну і Північну Буковину, відповідно, до системи повірочних організацій України організовано метрологічні установи у Львові, Дрогобичі, Чернівцях, Тернополі, інших містах [53–54; 771, с.74]. 1920–1930 рр. визначаються здобутками українських вчених. Видатний фізик Б.П.Грабовський разом з

В.І.Поповим і М.Г.Піскуновим у 1925 р. розробили телевізійну систему, що використовує рурки з катодними променями і тільки у 1963 р. його пріоритет на одержання рухомого зображення за допомогою апарату для електронної телескопії було підтверджено. О.Т.Смакула – оптик, хімік пояснив забарвлення кристалів після радіаційного опромінення і вивів кількісну залежність «формула Смакули» (1930), що використовується у виробництві біжутерії [33]. З 1933 р. до 1940 р. професори В.М.Божовський і В.І.Парвицький організували виконання роботи з високими температурами в межах температур вище точки затвердіння золота для Міжнародної температурної шкали. У 1940 р. в термометричній лабораторії В.І.Парвицького завершили створення групового еталону одиниці температури від 630 до 1063°C, які склалися з декількох платинородій-платинових термопар [10; 151; 458; 481].

В СРСР технічні теплові вимірювання почали розвиватися у 1930-х рр. У Фізико-технічній лабораторії М.П.Стаценко під керівництвом А.Ф.Йоффе і М.В.Кирпичова зробив пристрій для вимірювання теплопровідності теплоізоляторів. Систематичні дослідження проводилися Г.М.Кондрат'євим на кафедрі теплових вимірювань Ленінградського інституту точної механіки та оптики. Теоретичні основи сучасних методів вимірювань теплопровідності заклали Г.Карслоу, Д.Егер, О.В.Ликов, О.Г.Шашков, О.М.Гордов [151; 254; 621]. З середини ХХ ст. у цьому напрямленні працювали у ВНДІМ ім.Д.І.Менделєєва під керівництвом Б.М.Олейнікова і О.О.Сергєєва, де розробили державний первічний еталон одиниці теплопровідності [154; 156; 358, с.54; 398, с.18; 574]. В галузі низьких температур працювали В.О.Медведев, К.В.Куриленок, М.Г.Рибкін, Ю.Р.Чашкін. В галузі високих температур – Д.Л.Тімрот, В.Я.Чеховський, В.Е.Пелецький [583; 606].

У 1940 р. з 35 найбільших новобудов перших радянських п'ятирічок, 12 було в Україні – 7 новозбудованих і 5 докорінно реконструйованих підприємств (Дніпрогес, Харківський тракторний і Краматорський машинобудівний заводи, «Запоріжсталь», «Криворіжсталь», «Азовсталь»

тощо). За Постановою Раднаркому СРСР (1939) у Львові було реорганізовано Округ легалізації засобів вимірювання у Комітет в справах мір у Львівському обласному виконавчому комітеті. Державний метрологічний нагляд було відновлено з вересня 1943 р. З 1944 р. Управління комітету в справах мір було переведено з Харкова до Києва [47; 110, с.67; 206; 208; 528].

В 1940–1960-х рр. під керівництвом метрологів Г.М.Кондратьєва, І.І.Кіренкова, О.М.Гордова створено обладнання для Міжнародної практичної температурної шкали 1948 і 1968 рр. за тепловим випромінюванням абсолютно чорного тіла в межах реперної точки золота і для прецизійних засобів еталонного значення радіаційних вимірювань температури [151; 281–282; 301–303]. У 1944 р. побудована перша електронна цифрова обчислювальна машина (Дж.Мочлі, Дж.Екерт), у СРСР ця машина розроблена в 1950 р. у Києві С.О.Лебедевим. У 1951 р. Г.Лайонс зробив аміачний годинник, стабільність якого складала 10^{-8} . В 1952 р. у СРСР, США, Англії почалися роботи з управління термоядерними реакціями. В СРСР теоретичними дослідженнями керував М.А.Леонтович, експериментальними – Л.А.Арцимович, а також закладені фізичні основи вакуумної металургії (К.Д.Синельников, В.Є.Іванов) [349; 736, с. 623]. У 1953 р. визначена сучасна термінологія в фізиці, метрології, а також засновано Акустичний інститут АН СРСР, Інститут радіотехніки і електроніки АН СРСР і Всесоюзний науково-дослідний інститут приладобудування.

В Україні внаслідок війни на руїни перетворено 16,5 тис. виробництв. До 1946 р. відновили приблизно третину довоєнного індустріального потенціалу УРСР. Промисловий розвиток відбувався в умовах триваючої ізоляції від зовнішніх стандартів якості, при відсутності внутрішнього ринку засобів виробництва. Успіхи в фундаментальних науках, а також у метрології, стандартизації привели до розгортання революційних процесів у науці і техніці, що почалися в 1950-х рр. Було збудовано перші електронні обчислювальні машини, в 1948 р. закладено початок кібернетиці і

напівпровідниковій техніці, в 1953 р. – молекулярній біології, в 1954 р. – квантовій електроніці і ядерній енергетиці, в 1960-х рр. – квантовій метрології, основою якої стала Планківська система фізичних фундаментальних одиниць. Здобутки українських вчених, винахідників визначні і в цей період. Наприклад, З.В.Храпливий (1904–1983) – фізик-теоретик, займався нелінійною електродинамікою й релятивістською квантовою механікою. А.М.Люлька (1908–1984) – винахідник турбореактивного авіаційного двигуна, у 1950-х рр. турбокомпресорний стартер Люльки визнано найнадійнішим і найкомпактнішим у світі. Б.І.Балінський (1905–1997) – видатний ембріолог, електронний мікроскопіст, почав впроваджувати електронно-мікроскопічні методи в ембріології [33].

Л.А.Сена вказував: «У науці, техніці ми маємо справу з різними властивостями тіл. Ці властивості відображають процеси взаємодії тіл і їх дії на органи відчуття. Для опису властивостей вводяться фізичні величини, кожна з яких є якісною для багатьох об'єктів ..., але в кількісному значенні різною для різних об'єктів. Для надання міри фізичній величині, ми встановлюємо її одиницю. Одиниця визначеної фізичної величини є значенням даної величини, що дорівнює одиниці...» [570, с.11].

Розвиток метрології різко пішов у гору, коли з'явилася електронно-обчислювальна машина. У 1946 р. у США (Філадельфія) створено електронно-обчислювальну машину, основні ідеї і принципи її побудови сформулював Дж.Нейман. Почалися роботи зі створення першої радянської електронно-обчислювальної машини в Академії наук УРСР (С.О.Лебедев) [60; 63, с.117]. В енциклопедичних виданнях зазначалося, що в Києві в 1948–1951 рр. сконструйовано першу в континентальній Європі електронно-обчислювальну машину (мала електронно-лічильна машина). Співавторами розробки машини були к.т.н. Л.Н.Дашевський (1916–1988 р.) та к.т.н. К.О.Шкабара. У 1952 р. С.О.Лебедева перевели на роботу до Москви. Там він очолив Інститут точної механіки і обчислювальної техніки Академії наук СРСР. З того часу в галузі обчислювальної техніки пройшли небувалі зміни

[253, с.267; 349]. Створення автоматизованих комплексів вимірювальних приладів, керованих за допомогою електронно-обчислювальних машин, привело до створення вимірювальних, інформаційних систем, що знайшли застосування в метрології.

В 1950-х рр. у СРСР продовжувалися дослідження в галузі дилатометрії. В 1953–1954 рр. П.Г.Стрелков розробив конструкцію дилатометра для вимірювання розмірів у широкому діапазоні температур. У ВНДІМ ім.Д.І.Менделєєва проводилися роботи з вивчення теплового розширення еталонів довжини (В.О.Барінов, Л.К.Каяк). У 1958 р. організовано лабораторію дилатометрії (О.М.Аматуні) [13; 39; 210; 272; 432; 441; 531; 592; 613]. У 1952 р. Міжнародний комітет мір і ваги створив Консультативний комітет з визначення метра. Вже у 1953 р. цей Комітет визначив, що прийшов час розглянути нове визначення метра на основі світлової хвилі і вказав на необхідність продовжувати дослідження в цьому напрямку [101]. На цьому етапі почала бурхливо розвиватися радіоспектроскопія, що досліджує квантові переходи в квантових системах «які здійснюються внаслідок дії радіохвиль, інакше кажучи розглядає спектри речовин у радіодіапазоні. В результаті на основі радіоспектроскопічних досліджень в 1954 р. російські фізики М.Г.Басов і О.М.Прохоров і окремо американський фізик Ч.Таунс створили перший квантовий прилад – квантовий генератор на пучку молекул аміаку, або мазер – підсилювач радіохвиль вимушеним випромінюванням, чим започаткували квантову електроніку [65; 347] (Нобелівська премія з фізики 1964 р.). Невдовзі було створено твердотільний мазер на електронному парамагнітному резонансі (Г.Сковіл та ін., 1957 р.), мазер на ядерному магнітному резонансі (Р.Браунштейн, І.Іто, 1957 р.) та ін. Парамагнітні квантові підсилювачі підвищили чутливість приймальних пристроїв, доставши застосування в системах космічного зв'язку та радіоастрономії.

Після 1945 р. у СРСР відбудову економіки здійснювали у послідовності (цей досвід не втратив для нашої держави практично-політичного значення і сьогодні), а саме: стабілізація валюти, відновлення інфраструктури, розвиток

села, промисловості на основі прогресивних технологій з науковим підходом. У цей період особливого розвитку набула стандартизація в машинобудуванні, металургії. Одночасно з державною, розвивалися галузева й заводська стандартизації, а система Управління державною стандартизацією (УДС) зазнала деяких змін. У 1948 р. УДС було включено до складу Державного комітету Ради Міністрів СРСР з впровадження передових технологій у народне господарство (Державна техніка СРСР). З 1951 до 1953 рр. очолювало роботу зі стандартизації Управління стандартизації при Раді Міністрів СРСР, яке з 1953 р. підпорядковувалося Державному плану СРСР. У цей період поряд із Державним стандартом були введені нові нормативні документи: галузевий стандарт (ГСТ); стандарт підприємства (СТП). В 1954 р. при Раді Міністрів СРСР організовано Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів, а для розробки науково-теоретичних основ стандартизації в 1959 р. у системі цього Комітету було створено Всесоюзний науково-дослідний інститут з нормалізації в машинобудуванні (ВНДІНМАШ); організовані базові відділи стандартизації в галузях промисловості, служби стандартизації в науково-дослідних організаціях і на підприємствах. У 1959–1965-х рр. розроблено більше 5000 норм у машинобудуванні, що висвітлено в праці «Допуски і посадки» під редакцією В.Д.Мягкова, впровадження яких сприяло розвитку спеціалізованого виробництва деталей, вузлів, технологічного оснащення [203]. Після 1965 р. розроблені великі міжгалузеві системи стандартизації загальнодержавного й міжгалузевого рівня, наприклад державна система стандартизації (ДСС) та ін [435].

У 1956 р. відбулася сесія Міжнародного комітету мір і ваги, на якій прийняли нове визначення секунди та Міжнародну систему одиниць. В цей час пройшла перша Міжнародна конференція з законодавчої метрології на якій піднімалися питання прикладної метрології. На XI Генеральній конференції з мір і ваги (жовтень, 1960) прийнято стандарт «Міжнародну систему одиниць» (СІ). На цій конференції були представлені 32 держави і

СРСР. З виходом ГОСТ9867-61 (СРСР) була підкреслена пріоритетність примінення системи СІ з 01.01.1963 р. в усіх галузях науки, техніки, народного господарства. В цей же час засновано Європейський комітет з узгодження електричних стандартів, як показано в табл.6.1 (див.додаток Б, табл.Б.8). В СРСР, отже і в Україні, цю систему запроваджено 1982 р. як обов'язкову [101; 133].

На основі світла лазерів у 1960–1961 рр. А.Шавлов і Н.Бломберген розробили лазерну спектроскопію (Нобелівська премія з фізики 1981 р.) [746]. Було розроблено спектроскопічні методи дослідження, засновані на нових фізичних принципах, тобто виникла нова спектроскопічна техніка, підвищилася і роздільна здатність традиційної оптичної спектроскопії. В своїй Нобелівській лекції «Спектроскопія в новому світлі» А.Шавлов писав: «Имея мощный направленный, когерентный и высокомонохроматический свет лазеров, мы научились создавать совершенно новые виды спектроскопии. Мы можем разрешать тонкие детали, которые до сих пор были скрыты от нас тепловым уширением, можем обнаруживать и изучать очень малые количества атомов и можем упрощать сложные спектры... спектроскопия проникает в области, на изучение которых оптическими методами ранее мы не могли даже надяться...» [746].

5.3.4. Формування і становлення метрологічних центрів в Україні в першій половині ХХ ст.

На сьогоднішній день в Україні центральною установою з проблем метрології є Український державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації. Цей Центр став правонаступником першої Повірочної палатки в Києві. Історія цього закладу почалася з організації Повірочної палатки в Києві 5 липня 1902 р. за ініціативою Д.І.Менделєєва [410]. В 1955 р. на базі цієї палатки було відкрито Київську державну лабораторію контролю вимірювальної техніки.

Історія Повірочної палатки мір і ваги в Харкові почалася з 1900 р., коли Д.І.Менделєєв організував лабораторію зразкових еталонів електричних

величин, а також відділ для контролю електричних вимірювальних приладів. У 1901 р. у Харкові (Д.І.Менделєєв) засновано першу Палатку в Україні, а вже з 1902 р. такі палатки були організовані у Києві, Одесі і Катеринославі [383]. 12 червня 1901 р. Д.І.Менделєєвим було написано листа Харківському губернському пробіру М.Стародольському про можливість відкриття у Харкові Повірочної палатки. Пробіру дав позитивну відповідь і згодом у газеті «Южный край» з'явилися повідомлення про затвердження палатки та об'ява про те, що 25 вересня (8 жовтня за новим стилем) 1901 р. по вул. Риманській у домі №5 розпочала свою діяльність Повірочна палатка. Після 1905 р. було розширено її права – вона отримала право раптових ревізій торговельних мір. Харківську Повірочну палатку мір і ваги у 1922 р. було реорганізовано в Українську Головну палату мір та ваги. У 1930–1933 рр. її перейменовано на Філію інституту метрології і стандартизації ім.Д.І.Менделєєва [189; 461–462].

Повірочну палатку в Катеринославі засновано 2 листопада 1902 р., в цей день відбулося відкриття Повірочної палатки в Катеринославі. Цей факт засвідчують документи архіву Метрологічного музею в Державному підприємстві «Всеросійський науково-дослідний інститут метрології ім.Д.І.Менделєєва», Центральному державному архіві науково-технічної документації (ЦДАНТІ, Санкт-Петербург). Вибрали місто для відкриття палатки не випадково, оскільки в цей час у Катеринославі функціонувало 175 підприємств і це був перспективний промисловий центр, що займав 18-е місце серед міст Російської імперії, а також 4-е – серед міст України. У підпорядкуванні Палатки були Катеринославська, Таврійська губернії, а також Севастополь і Керч. Колезький асесор О.І.Голенкін став завідуючим Палаткою і за сумісництвом губернським пробіром, штат палатки складався з п'яти співробітників, а саме: одного старшого із молодших повірників і одного писаря. Робота Палатки відбувалася за адресою: Гоголівський бульвар, будинок №11. Ця Палатка №18 (1902) забезпечувала контроль, таврування мір, а з часом стала установою, яка організувала

порядок у вимірюваннях усіх галузей промисловості, а також інших установ. Зі становленням і розвитком виробництва, поступово зростала вагомість цієї установи, її статус, але сутність залишалася. Реорганізація Катеринославської повірочної палатки до 1950-х рр. проходила з 1934 р. від Управління мір і ваги, Дніпропетровського управління мір і вимірювальних приладів (1938) до Управління у справах мір і вимірювальних приладів при Дніпропетровському обласному виконавчому комітеті (1943) [269; 461].

Після того, як у 1893 р. Д.І.Менделєєв очолив Депо мір і ваги, інтенсивно почалися змінюватися цілі і задачі метрологічного забезпечення в державі. В 1899 р. було прийнято нову редакцію Положення про міри і ваги. За цим документом було відкрито біля 150 державних організацій Повірочних палаток. В Одесі на той час вже існувала камера для перевірки, а також виготовлялося 25% усіх гир у Російській імперії. Згідно з Положенням і розпорядженням міністра фінансів С.Ю.Вітте в Російській імперії перші повірочні палатки відкривалися вже у вересні-жовтні 1900 р. у Санкт-Петербурзі (2), Москві (с.Павлово), Нижньому Новгороді [114; 291]. В 1901 р. відкрилися ще чотири повірочні палатки в Харкові, Тулі, Нахичевані-на-Дону, Муромі. Наступні 10 повірочних палаток відкрилися в Києві, Одесі, Катеринограді, Казані, Катеринославлі, Уфі тощо. Всього за участю Д.І.Менделєєва відкрито 25 метрологічних повірочних палаток [472].

Роком народження Одеської Палатки мір і ваги став 1902 р., коли в одеській пресі надрукували оголошення і Постанову управляючого Одесою, яка сповіщала про таке: «... поверка гирь, мер и весов производится в Поверочной палатке торговых мер и весов... с 15 июля 1902 года... Все меры и весы, применяющиеся в торговле и промышленности... должны быть верны и снабжены установленными поверочными клеймами. При обнаружении мер и весов неверных... будут составляться протоколы о привлечении виновных к ответственности...». В Повірочній палатці служили усього 4 особи, які виконували перевірку мір і ваги раз у три роки [219; 669]. З прийняттям Декрету «Про введення міжнародної метрологічної десяткової системи мір і

ваги», (1918) у 1921 р. Одеська Повірочна палатка стала Повірочною палатою мір і ваги і називалася так до 1925 р. У 1930 р. Повірочна палата переїхала на вулицю Чорноморську у будинок №10, а також змінилася назва установи на Бюро стандартизації в Одеській області і Автономній Молдавській РСР. В складі Бюро було організовано відділ стандартизації і групу експертів з контролю і повірки. Після чергової реорганізації в 1932 р. Бюро було перейменовано в Обласне бюро стандартизації і метрології [749].

В 1934–1936 рр. метрологічна служба була у складі Всесоюзного комітету стандартизації. Називалася тоді така служба Обласним управлінням мір і ваги, але у 1937–1941 рр. була реорганізована в Обласний відділ. Чисельність персоналу у відділі збільшилась до 30 осіб і були створені метрологічні лабораторії для механічних, лінійних, кутових, теплотехнічних, електромагнітних вимірювань. Тому етап до 1941 р. можна вважати періодом становлення метрології в Одесі. В часи II Світової війни практично всі співробітники були евакуйовані до м.Чкаловська, але коли Одеса була звільнена, провели інвентаризацію устаткування і відновили роботу лабораторій. У 1948 р. Одеський відділ, перейменований на «Коммерприбор», досяг показників 1941 р. за обсягами і номенклатурою засобів вимірювання, а штат державних повірників налічував до 23 спеціалістів. Одеський відділ контролював Ізмаїльське, Кіровоградське, Миколаївське, Херсонське і Молдавське управління. Одним з вагомих подій стало те, що у 1946 р. було відкрито Одеський технікум вимірювань, який став першим і єдиним на той час метрологічним навчальним закладом України [734].

5.4. Становлення і розвиток стандартизації (кінець XIX–перша половина XX ст.)

5.4.1. Передісторія стандартизації в Україні (до кінця XIX ст.), аналіз і характеристика.

Перші дані щодо стандартів датуються 1555 р., коли спеціальним Указом Івана Грозного встановлено сталий розмір для гарматних ядер, а також введено калібри перевірки їх розмірів. Зодчі застосовували цеглу визначеної стандартної форми і створювали з цегельних профілів різні комбінації. Період до Петра I характеризувався тільки окремими проявами щодо стандартизації виробів. Початок впровадження стандартизації у серійне виробництво було покладено саме Петром I, з часу правління якого й починає відлік російська промислова стандартизація. У першому збірнику законів часів Петра I вміщено низку указів про впровадження стандартизації й взаємозамінності. Особливу увагу приділяв Петро I стандартизації зброї. Так, в Указі № 2436 від 15.02.1712 р. зазначалося «...А ружье драгунское, как и солдатское, и пистолеты, делать одним калибром...», визначено вимоги до якості зброї, системи контролю якості, державного нагляду за якістю й заходи покарання за випуск продукції з дефектами. В 1761 р. в інструкції, поданої графом Шуваловим Тульському заводу зброї записана вимога, що для кожної деталі майстрам необхідно було мати міри або лекала з заводським клеймом або печаткою Канцелярії з питань зброї. Ці вимоги видані ще за 25 років до взаємозамінних замків для рушниць у Е.Леблана. В XVII–XVIII ст.ст. пропонувалося виробити військової техніки виготовляти за точними зразками (прототипи сучасних стандартів). На початку XIX ст. стандартизація широко застосовувалася для масового виробництва зброї на заводах Тули. У 1904 р. встановлено стандарти на вагони й інші вироби для залізничного транспорту. У Російській імперії багато підприємств належали закордонним інвесторам, тому на них було впроваджено стару російську, британську і Міжнародну метричну систему. Це перешкодило становленню стандартизації [98; 173; 199].

Намагаючись розширити торгівельні зв'язки, Петро I не тільки запровадив технічні засоби, що враховували високі вимоги іноземних ринків щодо якості російських товарів, але і створив Комісії з перевірки у Петербурзі та Архангельську. До обов'язків Комісії входила перевірка якості

сировини, яку експортувала Росія (дерево, волокно тощо). В процесі організації флоту для Азовського походу, за еталон було прийнято відмінно зроблену галеру і за її зразком наказано зробити 22 стандартні галери. В 1694 р. її доставлено на лісопильний завод (Москва), де виготовлено окремі деталі для всієї серії розроблених суден [30; 204; 243]. Це було перше серійне виробництво стандартних деталей, які виготовлялися за еталоном.

5.4.2. Становлення стандартизації у 1920-х рр.

Представники важкої промисловості, дивлячись на успіхи технічної стандартизації, стали поширювати принцип природного відбору на розробку так званих технологічних стандартів. Багато держав відмовилися від участі в технологічній стандартизації, оскільки інтереси приватної власності брали гору над загальнодержавними, тому в торгівельних відносинах між виробниками предметів споживання, виробниками матеріалів і заготівельниками сировини, виникла незбалансованість економічних інтересів. Це стало причиною торгівельної дискримінації суб'єктів, що постачали сировину і матеріали. Подібна дискримінація приводила до нераціонального використання ресурсів. Значний внесок у становлення стандартизації та сертифікації в контексті розвитку метрології зробили Д.І.Менделєєв, О.Д.Гатцук, Г.Паукер, А.Я.Купфер, В.С.Глухов та ін [187; 382; 605]. В їх працях містяться факти виникнення мір, норм, контролю, описання вимірювань, а також використання їх результатів. Праці Г.Г.Де-Метца «Столетие метрической системы 1799–1899» (1901), «Физические институты и мастерские физических приборов за границей» (1899) стосувалися проблем метрології та сертифікації в електрофізиці [182-185].

Науковому обґрунтуванню стандартів завжди приділялася значна увага. Німеччина 1920-х рр. була визнаним авторитетом у теорії стандартизації, оскільки ні в якій іншій країні стандарти не опрацьовувались так фундаментально. Радянська наука у сфері метрології та стандартизації теж стала займати перші позиції в світі, але це зовсім не означало, що німецька і радянська наукові школи досягли видатних успіхів і значно підвищили

рівень теоретичної обґрунтованості стандартів. В Російській імперії у 1913 р. страховими компаніями створено класифікаційну організацію – Морський реєстр, який займався сертифікацією суден. Нині він – одна з авторитетних організацій, що займається сертифікацією систем якості. В 1923 р. організовано Комітет еталонів та стандартів (КЕС) в Головній палаті мір і ваги. Комітет розробив стандарти мір довжини, калібри, підготував проекти стандартів для допусків і посадок. Планомірність робіт з стандартизації почалася з 1924 р., коли було організовано Бюро промислової стандартизації [693]. В цьому ж році був розроблений проект стандарту в машинобудуванні (О.Д.Гатцука) [565, с.10; 605]. У 1925 р. у СРСР було організовано Комітет стандартизації чим офіційно запроваджено стандартизацію. Задачами Комітету стала розробка стандартів, їх затвердження, введення загальносоюзного стандарту (ЗСТ). На чолі Комітету став В.В.Куйбишев, а також вчені А.Н.Бах, Д.М.Прянішніков та ін. Першим кроком стало затвердження законом ЗСТ. Наступним кроком стало прийняття у 1929 р. Постанови про відповідальність за неякісну продукцію через недотримання стандартів [148; 254; 269].

5.4.3. Розвиток стандартизації як науки в 1930–1950-х рр., її законодавча основа. Створення бюро і комітетів стандартизації.

В Російській імперії в 1893 р. у Головній палаті мір і ваги необхідно було зберегти еталони, прийняті у Росії щодо мір, виготовлення копій з них, перевірка доставлених у Палату копій з еталонів мір, ваги, засобів вимірювання, порівняльних таблиць мір різних країн і рішення метрологічних питань. До складу Головної палати входили електрична, магнітна, хімічна, оптична, лабораторії високих температур, водомірна, газомірна й ін. Головна палата виготовила нові еталони прототипів мір довжини, ваги на заміну виготовлених раніше, які викликали сумніви в їх достатньому збереженні. Перший з державних законодавчих актів щодо стандартизації в СРСР був Декрет «Про введення міжнародної метричної системи мір і ваги» (1918). В 1923 р. створено Комітет еталонів і стандартів,

який потім було реорганізовано у Комітет стандартизації, який у 1925 р. приєднано до Ради праці та оборони [181].

У 1926 р. введено перший ЗСТ1 (Пшениця. Селекційні сорти зерна. Номенклатура)». До 1928 р. було введено понад 300 Загальносоюзних стандартів, а за період з 1926 до 1932 рр. Комітет затвердив 4114 Загальносоюзні стандарти. У цей час фахівці розробили ряд важливих для народного господарства стандартів. У 1926 р. введено 24 стандарти на сортаменти прокату чорних металів, впровадження яких дозволило підвищити продуктивність прокатних станів за рахунок скорочення номенклатури профілів. У цьому ж році затверджено ЗСТ 32 на метричну і ЗСТ 33 на дюймове різьблення, стандарти на ряд загальномашинобудівних деталей, а також стандарти на допуски й посадки, що дозволило налагодити виробництво стандартних взаємозамінних деталей [754]. Робота з впровадження стандартизації проводилася і в 1930-х рр. З 1930 р. пройшла реорганізація Комітету стандартизації у Всесоюзний комітет стандартизації (ВКС), до якого приєднано Головну палату мір і ваги, а також було запропоновано Державний план щодо стандартизації до 1931 р. З 1932 р. почали створюватися відомчі комітети стандартизації для більш оперативного затвердження галузевих стандартів. В 1936 р. Всесоюзний комітет стандартизації було ліквідовано, а Загальносоюзні стандарти (ЗСТ) почали затверджувати Народні комісаріати. Це сприяло розширенню стандартизації в країні і як наслідок у 1940 р. знову постала необхідність організувати Всесоюзний комітет стандартизації СРСР при Раді народних комісарів. ЗСТ перейменовано на Державний стандарт з порядковим номером і роком, коли його затверджено (Держстандарт 169-40) [269; 651]. У подальшому цей Комітет було реорганізовано у Комітет стандартів, мір і вимірювальних пристроїв при Раді міністрів СРСР [362, с.67]. До 1941 р. було задіяно приблизно 6 тис. стандартів, а з 1941 р. до 1945 р. прийнято більше двох тисяч державних стандартів (ДЗСТ) [408]. Під час війни стало

зрозуміло, що необхідно переглядати стандарти, тому понад тисячі стандартів змінили. Ці стандарти мали індекс «В», номер, рік випуску.

Висновки до розділу 5

В п'ятому розділі «ІСТОРІЯ ПРИКЛАДНОЇ І ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ І РОСІЇ В XVIII – 1950-Х РР.» досліджено передісторію метрології на території України з IV ст. до н.е. до XVII ст., становлення метрологічних основ у 1725–1827-х рр. і формування законодавчих бази метрології з XVIII ст., висвітлено детально історію метрології в Україні з 30-х рр. XIX ст. до 1950-х рр., досліджено процес передісторії стандартизації до кінця XIX ст. і її становлення у 1920-х рр., також проаналізовано розвиток стандартизації у 1930–1950-х рр.

В XIX ст. для вивчення історії російських мір багато зробив А.І.Ламберті і його стаття, що стала першою спробою дослідити і проаналізувати історію метрології. Показано значення підписання Міжнародної метричної конвенції для Російської імперії і вагомий внесок Д.І.Менделєєва в розвиток метрологічних установ у XX ст. Показано як після призначення у 1893 р. Д.І.Менделєєва на посаду головного зберігача Депо мір і ваги, розпочалися радикальні зміни в метрологічному забезпеченні Російської імперії і у 1899 р. вийшло Положення про міри і ваги, на основі якого передбачалося відкриття близько 150 метрологічних закладів – Повірочних палаток.

Розкрито роль науково-дослідних метрологічних осередків в Україні до XX ст. у започаткуванні досліджень з формування вчення про метрологію, створення еталонів, стандартів і нормативної бази, повірки і виготовлення еталонних мір, а саме: Повірочна камера в Одесі (А.І.Зволинський, І.Ф.Зубарев, 1882), Повірочна палатка в Харкові, Києві, Катеринославі, Одесі (Д.І.Менделєєв, 1900–1902). Детально проаналізовано історію метрології, стандартизації в Україні до 1950-х рр., коли почали відкриватися центри

метрології в Україні як послідовники перших Повірочних палаток. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [677–678; 680; 683; 686–687; 691–692; 698; 704; 708; 712; 715; 730; 732].

РОЗДІЛ 6

РОЗВИТОК ПРИКЛАДНОЇ, ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.)

6.1. Метрологія і стандартизація, їх розвиток

В 1960-х рр. успіхи фізики зумовили становлення квантової метрології. Квантова метрологія – це наука метрологія, яка заснована на квантових явищах. Головним завданням квантової метрології є встановлення природної системи одиниць в основі яких є фундаментальні константи [273]. Квантова метрологія займається розробкою і впровадженням квантових еталонів, встановленням співвідношень між розмірами одиниць і т.д. Одиниця часу (секунда) визначається за допомогою квантового цезієвого еталону частоти. До складу національних еталонів одиниць частоти та часу входить цезієва атомна променева трубка, квантовий еталон на основі водородного генератора. З 1983 р. на XII Генеральній конференції з мір і ваги рекомендовано нове визначення метра, яке залежить від швидкості світла в вакуумі $c=299792458$ м/с. Одиницю сили тока (ампер) визначають вимірюванням магнітної індукції методом ядерного магнітного резонансу.

В 1950–1960-х рр. у Всесоюзному науково-дослідному інституті метрології ім.Д.І.Менделєєва за участю О.М.Гордова, К.С.Ізраїлова, І.І.Кіренкова сконструйовано газовий термометр і виміряно термодинамічну температуру затвердіння цинку і золота. Отримані результати було враховано в Міжнародній практичній температурній шкалі 1968 р. Підвищення точності температурної шкали відбулося в 1955–1960-х рр.

завдяки роботам Б.І.Пилипчука, Ф.З.Алієвої, які розробили високотемпературні платинові термометри опору [10; 281; 282; 481].

Д.Н.Лангенберг, американський фізик-експериментатор, проводив дослідження, присвячені фізиці твердого тіла, фізиці низьких температур, квантовій метрології, а саме: вивченню електронної структури металів і напівпровідників, фазової когерентності і нерівновагових ефектів у надпровідниках, фундаментальних фізичних констант. У 1965 р. побудував надпровідні тунельні переходи Джозефсона, а в 1967–1969 рр. разом з американськими фізиками-експериментаторами У.Г.Паркером і Б.Н.Тейлором з точністю до $1,9 \cdot 10^{-6}$ визначив постійну тонкої структури і виконав аналіз фундаментальних фізичних констант [273; 623; 736, с.624]. У 1980-х рр. дослідження в квантовій метрології проводили І.Я.Краснополін і В.М.Пудалов. В останні роки проводилися Міжнародні конференції і симпозиуми з досліджень у квантовій метрології. Наприклад, у травні 2011 р. у Києві в КПІ пройшла Міжнародна конференція з квантової метрології, де виступив д.ф.-м. наук професор Є.Є.Тиртишніков з доповіддю про обчислення в багатовимірному просторі. Питаннями квантової метрології в Україні займаються вчені-метрологи Ю.Ф.Павленко, Н.М.Маслова та інші.

У 1950-х рр. здійснювалися спроби провести реформи у багатьох галузях. В економіці було взято курс на децентралізацію всіх галузей, включаючи залізничний транспорт. У 1956 р. під керівництво Ради міністрів України перейшло понад 10 тисяч промислових підприємств, тому особлива увага приділялася покращенню стану промислового виробництва. В результаті ліквідації руйнувань, нанесених за роки війни народному господарству України, в 1955–1965 роки інтенсивно нарощувався випуск промислових товарів, зокрема, виготовлення металорізальних верстатів зросло у 1,7 рази, тракторів – у 2 рази, тепловозів – у 11 разів, екскаваторів – у 17 разів. На цьому етапі з'явилися нові машини, обладнання, нові прилади, апаратура і засоби автоматизації. Водночас, за якістю продукції промисловість України відставала від передових країн. Розуміючи це,

керівництво СРСР і УРСР висунуло завдання докорінного удосконалення технологій промисловості і стратегії удосконалення науки та техніки. Але у розвитку вітчизняної промисловості були як злети, так і падіння. В період 60-х рр. ХХ ст., коли щорічні темпи зростання промислового виробництва складали 10%, її показники перевищували загальносоюзні, а вже у 1970-х рр. впали до 2% у рік, показники промислового зросту України були нижчі, ніж пересічно в СРСР [54; 423; 615].

Післявоєнний етап у вітчизняній метрології характеризувався небувалим розмахом усієї метрологічної діяльності в країні. Відмітною його особливістю було впровадження стандартизації для уніфікації вимірів. Розроблена й впроваджена Державна система стандартизації (ДСС), а організаційні принципи побудови й основні завдання метрологічної служби країни в рамках ДСС регламентувалися встановленою Держстандартом СРСР у 1973 р. структурою метрологічної служби й основним Держстандартом 1.25-76 ДСС. «Метрологічне забезпечення. Основні положення». Державна метрологічна служба складалася з 15 інститутів та приблизно 250 територіальних органів, очолюваних Держстандартом СРСР із 15 республіканськими управліннями. Використання вимірів і вимірювальної техніки в промисловому виробництві обумовило створення, поряд з державною метрологічною службою, органів відомчого контролю над мірами й вимірювальними приладами. В 1970–1980-х рр. у більшості міністерств і відомств, у виробничих об'єднаннях і на великих підприємствах були організовані відомчі метрологічні служби (відділи головного метролога) із широкими повноваженнями в забезпеченні єдності та уніфікації вимірів. Поява кваліметрії – розділу метрології, присвяченого проблемам вимірювання якості продукції, стимулювало поширення ідей і методів цієї науки на галузь вимірювання нефізичних величин і ознаменувала початок сучасного стану розвитку метрології [95; 394; 656]. У цей час вимірювання застосовувалося в економіці, психології, соціології, історії, дизайні й багатьох інших науках. Практично не залишилося галузей діяльності, де

застосування вимірів для отримання достовірної кількісної інформації не виявило б істотного впливу на їхній розвиток. Метрологія і стандартизація застосовувалися не тільки в науці й техніці, на виробництві, але й у побуті, мистецтві, суспільному і політичному житті. Тому знання основ метрології, стандартизації, контролю якості стало необхідним не тільки фахівцям, але й кожній людині.

6.1.1. Характеристика розвитку прикладної метрології і стандартизації. Квантова і прецизійна метрологія.

У вказаний період створено п'ять великих наукових інститутів стандартизації (наприклад, Всесоюзний науково-дослідний інститут стандартизації (ВНДІС) і 15 метрологічних інститутів (наприклад, ВНДІМ ім.Д.І.Менделєєва). У 1970 р. Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів реорганізували у Державний комітет стандартів (Держстандарт СРСР) [408].

У 1961 р. на засіданні Європейського економічного співтовариства та Європейської асоціації вільної торгівлі створено Європейський комітет з координації стандартів. У 1970 р. цей орган отримав назву Європейського комітету зі стандартизації. У 1962 р. Відкрито новий вид ядерної ізомерії – спонтанний поділ атомних ядер (Г.М.Фльоров, С.М.Поліканов), зроблено цезієвий лазер (П.Рабінович та ін.). У 1962–1964 рр. почали використовувати лазерне випромінювання в голографії, що започатковано оптичну голографію (Дж.Упатнієкс). У 1963 р. Л.Голд розглянув можливість створення рентгенівського лазера (разера), Р.Глаубер започаткував квантову оптику, ввівши поняття про когерентні стани. На XI Генеральній конференції з мір і ваги (1960) було вирішено «літр» прирівняти до об'єму кілограма води при нормальному атмосферному тиску та найбільшій густині, а на XII Конференції (1964) затверджено одиницю літр, яка дорівнює кубічному дециметру ($1\text{л}=1\text{дм}^3$). Затверджено приставки атто- (10^{-18}) і фемто- (10^{-15}) для одиниць виміру [101]. У 1964–1965 рр. введено нове квантове число – «колір» (М.М.Боголюбов та ін.). У 1966 р. створено лазер ультракоротких

імпульсів світла (тривалістю до 10^{-12} с) з самофазуванням (А.Демарія, Д.Стетсер, Г.Хейнау), також зроблено лазер високої потужності (К.Пател), а в СРСР створено перший наносекундний прискорювач електронів (Г.А.Месяц) [65; 264; 746, с.705–707]. У 1954 р. на кафедрі фізики Київського політехнічного інституту (КПІ) викладав доцент О.М.Страшкевич, який займався питаннями електронної оптики. Він залучив до наукової роботи Ю.Д.Мірошніченка. З 1956 р. до 1972 р. кафедру очолював професор М.П.Калабухов. Завдяки його енергійним заходам, при КПІ було створено фізичну лабораторію, де проводили досліди електричних та статичних властивостей напівпровідників та діелектриків. Під час керівництва М.П.Калабухова діяли два наукових семінари: з широкозонних напівпровідників і галогенних кристалів. Результати досліджень фізичної лабораторії доповідалися на республіканських і всесоюзних наукових конференціях. На кафедрі фізики проходили навчання і переддипломну практику представники Болгарії, Грузії та ін. На кафедрі було виконано і захищено кандидатські дисертації (В.Г.Сидякін, П.К.Горбенко, П.О.Юрачківський, Ю.Б.Єрмолович та ін.). Визначні дослідження були проведені Р.Є.Бублеєм, В.П.Черкашиним, Ю.А.Сікорським, А.С.Богдановичем щодо оптико і електричних властивостей галогенів срібла та кристалів. За розрахунками М.П.Калабухова була відлита основна частина установки з розсіювання альфа елементів на атомних ядрах, а А.М.Патіохою виготовлена установка з вимірювання теплопровідності. З середини 1960 до 1972 рр. на кафедрі плідно працював фізик-теоретик В.Я.Зевін, який очолював наукову роботу молодих спеціалістів, а також було налагоджено зв'язок кафедри з інститутом напівпровідників Академії наук УРСР [278; 280, с.121].

Необхідно зауважити, що в СРСР вивчався світовий досвід метрології і стандартизації, аналізувалися книги і періодика, закордонні публікації, їх бібліографії. Причиною призупинення наукового прогресу в питаннях стандартизації стала політична та економічна криза в період розпаду

Радянського Союзу. Проте, накопичений науковий пласт і високий професіоналізм спеціалістів зі стандартизації України дозволяв успішно розвивати теорію і методологію національної стандартизації та брати участь у розробках і впровадженні міжнародних стандартів. Ще в 1957 р. керівники організацій зі стандартизації країн-членів Європейського економічного суспільства і Асоціації вільної торгівлі країн Європи обговорювали можливість спільних дій з питань національних стандартів в умовах економічної інтеграції цих країн. У 1961 р. затверджено Європейський комітет стандартизації, а в 1972 р. створено Європейський комітет стандартизації в електротехніці [362, с.128].

Важливою віхою у вирішенні метрологічних питань стала XI Генеральна конференція з мір і ваги. В своїх працях Г.Д.Бурдун вказував: «...XI Генеральна конференція з мір і ваги прийняла важливі рішення з основних метрологічних питань міжнародного характеру і стала крупною віхою на шляху подальшого розвитку міжнародного співробітництва з забезпечення єдності одиниць вимірювання і еталонів і підвищення їх точності...» [101].

На Генеральній конференції з мір і ваги, яка пройшла в Парижі у 1960 р. було прийнято Міжнародну систему одиниць СІ на основі одиниць вимірювання метра, кілограма, секунди, ампера, градуса Кельвіна, свічки (див.табл.6.1). У СРСР Державним комітетом стандартів, мір і вимірювальних приладів, система СІ була прийнята для рекомендованого використання з 1963 р. для всіх галузей господарства (ГОСТ9867-61) [133].

Таблиця 6.1

Основні одиниці Міжнародної системи одиниць СІ (1960 р.)

Величина	Назва	Позначення (російське)
Основні одиниці		
Довжина	Метр	М
Маса	Кілограм	Кг
Час	Секунда	Сек

Сила електричного струму	Ампер	А
Термодинамічна температура	Градус Кельвіна	°К
Сила світла	Свічка	Св

Основні одиниці вимірювання:

1. Метр – одиниця довжини, яка дорівнює 1650763,73 довжини хвилі у вакуумі випромінювання, що відповідає переходу між рівнями $2p_{10}$ і $5d_5$ атома криптону-86 (прийнято на XI Генеральній конференції з мір і ваги у 1960 р.), а визначення, що діяло з 1889 р. було відмінено, але Міжнародний прототип метра зберігається у тих самих умовах у Міжнародному бюро мір і ваги [101; 650, с.413].

2. Кілограм – одиниця маси, яка дорівнює міжнародному прототипу кілограма (зроблено і прийнято на I Генеральній конференції з мір і ваги у 1889 р. і затверджено на III Конференції у 1901 р.) [133].

3. Одиниця вимірювання часу – секунда. За Міжнародною угодою, земна поверхня поділена на 24 часових пояси. Відлік довгот і часу ведеться від меридіану, який проходить через Грінвічську обсерваторію. Генеральною конференцією (1960) затверджено нове визначення секунди, яке засновано на обертанні Землі навколо Сонця, а не на обертанні Землі навколо своєї осі. Секунда – це час, який дорівнює $1/31556925,9747$ частини тривалості тропічного року (ефемерідна секунда) для 1900 р. січня 0 у 12 годину ефемерідного часу. Нове визначення секунди дорівнює середньому значенню старої секунди за останні 300 років [101; 650, с.91].

4. Одиниця сили електричного струму – ампер. Одиницю Ампер прийнято на першому Міжнародному конгресі електриків у 1881 р. (Париж), її визначено як одну десяту одиниці струму. Названо цю одиницю на честь французького фізика А.Ампера. Ампер – сила незмінного струму, який при проходженні по двом паралельним прямолінійним провідникам нескінченної довжини і дуже малої площі кругового поперечного перетину, що розташовані у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликав би на

кожній частині провідника довжиною 1 м силу взаємодії, яка дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ Ньютона (запропоновано у 1946 р. Міжнародним комітетом мір і ваги, прийнято на VIII Генеральній конференції з мір і ваги у 1946 р. Резолюція 2 і затверджена на IX конференції у 1948 р.) [650, с.20].

5. Одиниця вимірювання температури – Кельвін запропонована у 1848 р. Названа на честь У.Томсона (лорд Кельвін). На X Генеральній конференції з мір і ваги (1954) прийняла за основу вимірювання температури термодинамічну температурну шкалу з однією реперною точкою – потрібною точкою води зі значенням 273,16 Кельвіна. За основу температурної шкали взяли 100 градусів як температуру між таненням льоду і кипінням води. Перевагу цього визначення зазначав ще Д.І.Менделєєв, оскільки в цьому випадку складаються більш точні умови відтворення градуса. Потрійна точка води у рідинній, твердій, газовій фазі відтворюється з більшою точністю ніж точка танення і кипіння води. XI Генеральна конференція (1960) додала у назву слово «практична» і уточнила Положення про Міжнародну практичну температурну шкалу. Наприклад, реперні точки: кипіння кисню 182,97°C; потрібна точка води 0,01°C; кипіння води 100°C; кипіння сірки 444,6°C; затвердіння срібла 960,8°C; затвердіння золота 1063,0°C [101; 648, Т.2, с.511].

6. Одиниця сили світла. У 1893 р. як одиниця сили світла прийнята «свічка Хефнера» запропонована Ф.Хефнером-Альтенеком, а еталоном стала фітільна лампа. У 1896 р. Міжнародний електротехнічний конгрес прийняв «десятичну свічку», що дорівнює 1,12 свічки Хефнера. У 1909 р. її замінено на «міжнародну свічку» як 1,11 свічки Хефнера за допомогою лампи розжарювання. У 1948 р. було прийнято рішення про прийняття одиниці сили світла Кандели, але міжнародна свічка використовувалася до 1979 р. Кандела – сила світла, що випромінюється у направленні нормалі з $1/60$ см² випромінюючої поверхні еталона. Така кандела була у 1,005 разів менша міжнародної свічки [650, с.677].

У 1968 р. вперше було розроблено і впроваджено систему державних стандартів Державну систему стандартизації (ДСС), яка містила чотири категорії стандарта: ДОСТ – державний основний, РСТ – республіканський, ГСТ – галузевий та СТП – підприємства [118, с.24]. У 1997 р. Держстандартом України прийнято Постанову про запровадження Міжнародної системи одиниць ДСТУ 3651.097 «Метрологія. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць» [212]. Відповідно до рішень Генеральної конференції з мір і ваги (ГКМВ) прийнято одиницю метр як довжину шляху світла у вакуумі за $1/299792458$ частину секунди, одиницю кілограм як масу Міжнародного кілограма, одиницю секунду як 9192631770 періодів випромінювання переходу між двома надтонкими рівнями атома цезію-133, одиницю ампера як сила струму, одиницю кельвіна як температуру у $1/273,16$ частини термодинамічної температури потрійної точки води, одиницю кандели як сили світла, одиницю моля як кількості речовини, що містить таку кількість молекул, скільки є атомів у $0,012$ кг нукліду вуглецю-12. Також в системі СІ є група похідних одиниць, що визначаються за законами взаємозв'язку фізичних величин. Створено похідні одиниці для часу, простору, механічних, електричних, теплових, магнітних, світлових, акустичних величин, величин іонізуючого випромінювання. З основними і похідними одиницями системи СІ існують позасистемні одиниці, які використовують у повсякденному житті (морська миля – 1852 м, гектар – 10000 м^2 та ін.), відносні і логарифмічні величини [103; 325–326; 380; 411; 576; 628].

З давнини до ХХ ст. прототипи одиниць вимірювання шукали в природному середовищі, при цьому проводили дослідження об'єктів та їх дію. Наприклад, секунду визначали як частинку від періода обертання Землі навколо осі. А далі пошуки визначення одиниць вимірювання перемістилися на атомний рівень, уточнювалися попередні одиниці, з'являлися нові. Останнє визначення для метра прийняли у 1983 р. 1988 р. визначили нові константи вимірювання електричних одиниць на міжнародному рівні (див.

табл.6.2.). В 1975–1980-х рр. у термометричній лабораторії ВНДІМ ім.Д.І.Менделєєва на чолі з Б.М.Олейником було проведено дослідження реперних точок затвердіння індія і плавлення галія, а також участь у міжнародних звірках нових реперних точок. В подальших дослідженнях з удосконалення високотемпературних платинових термометрів опору оцінювалися можливості їх використання для вимірювання температури до точки затвердіння золота. В 1989 р. впроваджена нова прикладна Міжнародна шкала температур (МТШ-90). Як результат цих фактичних досліджень можна зазначити, що метрологія розвивається динамічно і поступово удосконалюються прикладні вимірювання у всіх без виключення галузях господарства [77; 246; 256; 380; 481]. В 1972 р. перший еталон одиниці температурного коефіцієнта лінійного розширення затверджено державою. В подальшому до складу цього еталону було внесено розроблені установки, розширено діапазон температур, покращені метрологічні характеристики, а у 1982 р. еталон одиниці температурного коефіцієнта лінійного розширення було затверджено в новому складі. В 1983–1985 рр. проведено міжнародні звірки цих еталонів між СРСР, Німеччиною, Польщею, Чехословаччиною, Болгарією [298; 299; 300; 443; 772]. Сена Л.А. казав : «У 1983 р. пройшла XVII Генеральна конференція з мір і ваги і її найважливішим рішенням стало нове визначення метра, яке пов'язало його зі швидкістю світла і стандартним визначенням секунди...» [570, с.8].

Таблиця 6.2

Основні і додаткові одиниці системи СІ (з 1983 р. до сьогодення)

Величина	Назва	Позначення
Основні одиниці		
Довжина	Метр	М
Маса	Кілограм	Кг
Час	Секунда	С
Сила електричного струму	Ампер	А
Температура	Кельвін	К
Сила світла	Кандела	Кд

Кількість речовини Додаткові одиниці	Моль	Моль
Плоский кут	Радіан	Рад
Тілесний кут	Стерадіан	Ср

Основні одиниці вимірювання:

1. Одиниця вимірювання довжини. Метр – довжина шляху, що проходить світло у вакуумі за $1/299792458$ частку секунди (прийнято на XVII Генеральній конференції з мір і ваги у 1983 р. Резолюція 1) [650, с.413].

2. Одиниця вимірювання маси. Кілограм – одиниця маси, яка дорівнює міжнародному прототипу кілограма (зроблено і прийнято на I Генеральній конференції з мір і ваги у 1889 р. і затверджено на III Конференції у 1901 р.). Кілограм єдина одиниця СІ, яка визначається еталоном, що виготовлений людиною. Тому XXI Генеральна конференція рекомендувала лабораторіям продовжити дослідження з поєднання одиниці маси з фундаментальними сталими. Еталон маси – кілограм, у 2004 р. було прийнято 8 країнами, новий еталон виготовлений з чистого кремнію, склад якого на 99,99% складається з ізотопу кремнія-28, але дослідження з удосконалення еталону маси продовжуються [133].

3.Одиниця вимірювання часу – секунда. На XII Генеральній конференції з мір і ваги і Міжнародним комітетом мір і ваги тимчасово було прийнято визначення секунди, що засновано на атомному стандарті частоти. Секунда (атомна) – це час, який дорівнює 9192631770 періодам випромінювання, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями загального стану атома цезія-133 (прийнято на XIII Генеральній конференції з мір і ваги у 1967 р. Резолюція 1), а уточнення щодо стану спокою і температури 0 К у 1997 р. [650, с.91].

4.Одиниця сили електричного струму. Ампер – сила незмінного струму, який при проходженні по двом паралельним прямолінійним провідникам нескінченної довжини і дуже малої площі кругового

поперечного січення, що розташовані у вакуумі на відстані 1 м один від одного викликав би на кожній ділянці провідника довжиною 1 м силу взаємодії, яка дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ (прийнято на VIII Генеральній конференції з мір і ваги у 1946 р. Резолюція 2 і затверджена на IX конференції у 1948 р.) [650, с.20]. На Генеральній конференції (2011) прийнято Резолюцію про необхідність прийняття одиниць вимірювання на фундаментальних фізичних сталих і ампер буде визначатися відносно точного значення електричного заряду [133].

5. Одиниця вимірювання температури. Кельвін – одиниця термодинамічної температури потрійної точки води (прийнято на XIII Генеральній конференції з мір і ваги у 1967 р. Резолюція 4). До 1968 р. Кельвін називався градусом Кельвіна [648, Т.2, с.511]. У 2005 р. визначення уточнено і встановлені вимоги до ізотопного складу води. В подальшому планується зміна визначення Кельвіна, для уникнення важких умов потрійної точки води і виразити Кельвін через секунду і сталу Больцмана [133].

6. Одиниця вимірювання сили світла. Кандела – сила світла у заданому напрямі джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого в цьому напрямі складає $1/683$ (прийнято на XVI Генеральній конференції з мір і ваги у 1979 р. Резолюція 3). [650, с.677]. У 2011 р. Генеральна конференція прийняла Резолюцію, за якою запропоновано прийняти і затвердити нове, більш точне визначення одиниці сили світла кандели. Запропоновано, що кандела – одиниця сили світла у заданому напрямленні, а її величина визначається встановленням числового значення світлової ефективності монохроматичного випромінювання з частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц з точністю дорівнює 683 [133].

7. Одиниця вимірювання кількості речовини. Моль – це кількість речовини системи, яка має стільки ж структурних елементів скільки є атомів у вуглеці-12 масою 0,012 кг. При застосуванні моля, структурні елементи повинні бути специфіцировані і можуть бути атомами, молекулами, іонами, електронами та іншими частинками або специфіцированными групами

частинок (прийнято на XIV Генеральній конференції з мір і ваги у 1971 р., Резолюція 3). Число Авогадро – це число структурних елементів (атомів, молекул, іонів) в одиниці кількості речовини (в одному молі). Названа ця стала на честь А.Авогадро і за її допомогою визначаються сталі Больцмана, Фарадея. Рекомендоване значення числа Авогадро $6,02214129(27) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ [650, с.8].

Додаткові одиниці вимірювання:

1. Радіан з латини перекладається як «промінь» – плоский кут між двома радіусами круга, довжина дуги між якими дорівнює радіусу, прийнято у 1995 р. на Генеральній конференції з мір і ваги [650, с.8].

2. Стерадіан дорівнює тілесному куту з вершиною у центрі сфери, що вирізає на її поверхні площу, яка дорівнює площі квадрата зі стороною рівною радіусу сфери (прийнято 1995 р., є похідними) [650, с.8].

Похідними в Міжнародній системі СІ є такі одиниці вимірювання як герц (одиниця вимірювання частоти), ньютон (сила), паскаль (тиск), градус Цельсія (температура), джоуль (робота, енергія), ватт (потужність), кулон (кількість електрики), вольт (електричне напруження), ом (електричний опір), сіменс (електрична провідність), фарад (електрична ємність), вебер (магнітний потік), генрі (індуктивність), тесла (індукція магнітного поля), люмен (світловий потік), люкс (освітленість), беккерель (активність радіоактивного джерела), грей (поглинаюча доза іонізуючого випромінювання), зіверт (ефективна і еквівалентна доза іонізуючого випромінювання), катал (активність каталізатора). Разом з одиницями системи СІ допускається використання таких одиниць як хвилина, година, доба, градус, кутова хвилина, кутова секунда, літр, тона, непер, бел, електронвольт, дальтон, морська миля, вузол, ар, гектар, бар, ангстрем, барн і т.д. В СРСР з 1933 р. по 1955 р. пріоритетною була система з одиницями метр–тона–секунда (МТС), а потім після прийняття ДОСТ7664-55 прийнято систему МКС (метр–кілограм–секунда), але допускало використання інших систем. Міжнародна система одиниць СІ в СРСР прийнята з 1963 р. за

ДОСТ9867-61 а запроваджена з 1982 р. Система СІ на сьогодні не затверджена лише в США, Ліберії і М'янми, а у Великобританії поєднують національну систему і систему СІ. Також використовуються позасистемні одиниці вимірювання, такі як калорія, кюрі, мікрон, фермі тощо [159]. На сьогодні з 1889 р. було проведено 24 Генеральні конференції з мір і ваги. XXV Конференцію було запропоновано провести достроково в 2014 р. для зміни системи СІ використовуючи фундаментальні сталі замість артефактних еталонів. Запропоновано чотири основні фундаментальні сталі такі як стала Планка, елементарний електричний заряд, стала Больцмана, число Авогадро, які повинні мати точне значення. Це приведе до втрати значення еталону кілограма і збільшення важливості методів вимірювання сталих Джозефсона і фон Клітцинга.

Оскільки разом з основними одиницями вимірювання системи СІ використовуються і похідні одиниці є необхідність у висвітленні їх короткої історії виникнення. Градус Цельсія є одиницею вимірювання температури разом з одиницею Кельвін. Градус Цельсія названо на честь Андерса Цельсія (1701–1744), який у 1742 р. розробив температурну шкалу, де 0 – точка кипіння, а 100 – точка льоду (1 градус Цельсія дорівнює 1 Кельвіну, але шкала Цельсія і Кельвіна здвинуті на 273,15 градусів). Герц є одиницею вимірювання частоти, що названа на честь німецького фізика Генріха Герца (1857–1894), який зробив вагомий внесок у розвиток електродинаміки. Герц прийнято у 1930 р. Міжнародною електротехнічною комісією і затверджено на Генеральній конференції з мір і ваги у 1960 р. Ньютон є одиницею вимірювання сили, яку названо на честь І.Ньютона і його відкриття законів руху, що пов'язують силу, масу, прискорення. Прийнято одиницю Ньютон на Генеральній конференції у 1960 р. Паскаль є одиницею вимірювання тиску, названа на честь Блеза Паскаля (1623–1662) автора закону гідростатики, що пов'язаний з тиском. Прийнято цю одиницю у 1969 р. на Генеральній конференції. Джоуль є одиницею вимірювання роботи або енергії. Це визначення прийнято на другому Міжнародному конгресі електриків у 1889

р. і названо на честь англійського фізика Джеймса Джоуля (1818–1889), який вивчав природу тепла. Міжнародна конференція з електричних одиниць і еталонів, яка пройшла в Лондоні в 1908 р. встановила міжнародні електричні одиниці і Міжнародний джоуль. З 1948 р. було прийнято абсолютні електричні одиниці, 1 Міжнародний джоуль дорівнює 1,00020 Абсолютного Джоуля. Ватт є одиницею вимірювання потужності, що названа на честь шотландця механіка Джеймса Ватта (1736–1819), який сконструював універсальну парову машину. Цю одиницю прийнято на другому Конгресі Британської наукової асоціації 1882 р., а раніше використовували «кінські сили». З 1960 р. одиницю Ватт введено до системи СІ. Кулон є одиницею вимірювання електричного заряду або кількості електрики в системі СІ, що названо на честь Шарля Кулона (1736–1806), який відкрив закон взаємодії електричних зарядів та магнітних полюсів. Вольт є одиницею вимірювання електричного потенціалу, електричного напруження, що названа на честь італійського фізика Алесандро Волта (1745–1827), який винайшов вольтів стовп як першу електричну батарею. Цю одиницю було введено у 1861 р. Комітетом електричних еталонів на чолі з У.Томсоном, а у 1898 р. у Німеччині законом встановлено 1 Вольт як офіційну одиницю вимірювання. З 1893 р. по 1948 р. примінявся міжнародний вольт, який потім входив до системи метр-кілограм-секунда-ампер (МКСА), а з 1960 р. до системи СІ. З 1990 р. вольт було стандартизовано вимірюванням з використанням ефекта і сталої Джозефсона, що зафіксовано Генеральною конференцією з мір і ваги. Ом є одиницею вимірювання електричного опору в системі СІ, що названо на честь німецького вченого Георга Ома (1789–1854), який вивів закон, що пов'язує опір ланцюга електричного струму, напруження і силу струму. Обрано цю одиницю у 1881 р. на Всесвітньому конгресі електриків, а затверджено у 1960 р. у системі СІ. Фарад є одиницею вимірювання електричної ємності в системі СІ, що названа на честь англійського фізика Майкла Фарадея (1791–1867), який є засновником вчення про електромагнітне поле. Вебер є одиницею вимірювання магнітного потоку в

системі СІ, що названо на честь німецького вченого Вільгельма Вебера (1804–1891), який у 1846 р. розробив стандарт одиниці вимірювання електрики. В системі СГС використовується максвел як одиниця вимірювання магнітного потоку, який дорівнює 10^{-8} Вб (вебер). Максвел було введено в систему СГС Міжнародною електротехнічною комісією у 1930 р., а раніше ця одиниця називалася лінією. Генрі є одиницею вимірювання індуктивності в системі СІ, названо на честь американського вченого Дж.Генрі (1797–1878), який зробив вагомий внесок у електромагнетизм. Ця одиниця використовується і в системі МКСА (система Джорджи), запропонована Дж.Джорджи у 1901 р. В СРСР система МКСА прийнята ДОСТом 8033-56 з 1956 р. Сіменс є одиницею вимірювання електричної провідності в системі СІ, названо на честь німецького вченого Вернера фон Сіменса (1816–1892), який ввів її у 1860 р. та назвав «мо» як зворотню одиниці «ом». Ця одиниця конкурувала з Омом до того часу коли Ом обрали офіційно у 1881 р. До 1939 р. (у СРСР до 1960 р.) сіменс визначався як одиниця вимірювання електричного опору і до середини ХХ ст. використовувався у зв'язку. Тесла є одиницею вимірювання індукції магнітного поля в системі СІ, названа на честь фізика Ніколи Тесла (1856–1943), який розробив генератор перемінного струму. В системі СГС вимірювання магнітної індукції визначається в одиницях «гаусс». Люмен є одиницею вимірювання світлового потоку в системі СІ, що прийнята з 1960 р. Ця назва перекладається з латини як світло. Люкс є одиницею вимірювання освітленості в системі СІ, яка прийнята з 1960 р. Назва люкс перекладається з латини як світло. В системі СГС використовується одиниця освітленості фот. 1 люкс дорівнює 10^{-4} фот. Беккерель є одиницею вимірювання активності радіоактивного джерела в системі СІ, названа на честь французького фізика Антуана Беккереля (1852–1908), який являється одним з перших, хто відкрив радіоактивність. Для вимірювання радіоактивності використовуються і позасистемні одиниці, такі як кюрі і резерфорд. Одиниця кюрі була введена у 1910 р. на інтернаціональному

конгресі з радіології (Брюсель) і названа на честь П'єра і Марі Кюрі (1 беккерель приблизно дорівнює $2,703 \cdot 10^{-11}$ кюрі). Одиницю вимірювання радіоактивності запропоновано у 1946 р. назвати на честь Е.Резерфорда (1 беккерель дорівнює $1 \cdot 10^{-6}$ резерфорда). В СРСР ця одиниця була введена у 1964 р. Грей є одиницею вимірювання поглиненої дози іонізуючого випромінювання в системі СІ, що названо на честь британського вченого Люїса Грея у 1975 р. До 1975 р. використовували позасистемну одиницю поглиненої дози «рад» (1 грей дорівнює 100 рад). Зіверт є одиницею вимірювання ефективною та еквівалентною дозою іонізуючого випромінювання в системі СІ, що прийнята з 1979 р., раніше використовували позасистемну одиницю «бер», яка означає біологічний еквівалент рентгена (100 бер дорівнює 1 зіверту). Одиниця зіверт названа на честь шведського вченого Рольфа Зіверта. На сьогодні радіоактивність вимірювати зручніше в кюрі – джерело, у рентгенах – поле, грей і рад вимірюють радіоактивність неживих організмів, а зіверт і бер вимірюють радіоактивність живих організмів. Катал є одиницею вимірювання активності каталізатора в системі СІ, яку офіційно прийнято у 1999 р.

В державній системі стандартизації основною концепцією стала організація, впровадження норм для визначення достатньо високих вимог стосовно конкурентоспроможності товарів, послуг для загальних потреб населення, а також для охорони довкілля. Державний комітет щодо технічного регулювання, політики (Держспоживстандарт) став державною системою стандартизації і центральним виконавчим органом стандартизації. Служби стандартизації виконували роботи і функції стандартизації, проводили організацію і діяльність щодо розробки, впровадження, змін, поширення національних еталонів-стандартів. Цей процес впроваджується за Законом України «Про стандартизацію», 2001 р. Служби стандартизації представляють Україну в усіх регіональних, міжнародних установах і на конференціях з проблем стандартизації. При Кабінеті міністрів України створено консультативний орган – Раду зі стандартизації. Метою Ради є

налагодження зв'язків влади, промисловості і споживачів продукції, а також узгодження у стандартизації і подальше її розвинення. Держспоживстандарт створив комітети, де розроблялися, розглядалися і погоджувалися міжнародні і національні нормативні законодавчі акти. Вимоги щодо організації робіт з питань стандартизації викладено у ДСТУ1.0:2003 «Національна стандартизація. Основні положення» і ДСТУ1.2:2003 «Національна стандартизація. Порядок розроблення національних нормативних документів». Законодавчою і нормативною базою системи стандартизації являються такі стандарти: державні, галузеві, науково-технічні, технічних умов, підприємств [495; 514–515; 789].

Отже, аналіз перших досліджень, що були присвячені появі вимірювальних приладів, мір і стандартів, вказує на те, що в період розвитку техніки вони відігравали не останню роль, але випало з поля зору багато важливих питань, які необхідно досліджувати. Історичний стан метрології і стандартизації, з яким вона прийшла в останню чверть ХХ ст. вказує, що здебільшого ці питання розглядалися у контексті всієї історії України, тому цілісної картини з проблеми в літературі не склалося.

В останні двадцять років метрологи України і Росії вирішували проблеми забезпечення єдності вимірювання для переходу економіки до ринкових відносин. У 1993 р. прийнято Закон Російської Федерації «Про забезпечення єдності вимірів», а в 1998 р. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Гостро стояло завдання збереження й заповнення еталонної бази, нормативних документів, що визначили основні положення цього закону, формування адаптованої до ринку метрологічної інфраструктури, пошуку додаткових джерел фінансування, збереження наукового й кадрового потенціалу. Необхідно відзначити, що метрологи Росії, України вирішують ці завдання, але життя й мінливе законодавство ставлять нові питання. Основне завдання законодавчої метрології було й залишається – створення необхідних і відповідних до стану розвитку економіки й суспільства умов, які б забезпечили єдність вимірювання на

міжнародному рівні. Додамо, що система управління метрологічною діяльністю в країні, у силу багатьох причин, з деяких питань вступила в протиріччя з діючим міжнародним і національним законодавством. У цей час в Росії вступив у дію новий Федеральний закон (2008) №102-ФЗ «Про забезпечення єдності вимірів». На думку розроблювачів закону, він дозволить більш чітко розмежувати сферу державного регулювання й сферу метрологічних послуг в області метрології, гармонізувати принципи організації метрологічної діяльності з міжнародними [310; 438; 607]. З 2004 р. в Україні встановлено нове звання «Заслужений метролог України», яке надається за значний внесок у розвиток наукової і прикладної метрології. На сьогодні це звання отримали М.С.Жалдак, О.Г.Маковський, М.Ф.Наталюк, М.М.Севастьянов, І.В.Шаповалов (2007), Г.С.Сидоренко (2008), Т.А.Єрко (2009), В.П.Квасніков, Н.І.Мамчина (2011), В.В.Приходько (2012).

У 1999 р. була підписана «Домовленість про визнання національних вимірювальних еталонів та сертифікатів калібрування й вимірів, видаваних метрологічними інститутами», яка передбачала введення певних правил установлення еквівалентності національних еталонів на основі результатів ключових звірень з наступною реєстрацією в базі даних Міжнародного бюро мір і ваги. Домовленість розглядалася як необхідний етап на шляху до зниження перепон у торгівлі і забезпеченню достовірною інформацією про зміну клімату, рівня Світового океану, безпеки нових матеріалів. У цей час до неї приєдналися більше 50 країн [608].

6.2. Стан метрологічної і стандартизаційної служби в Україні

У 1950-х рр. у фаховому виданні «Успіхи фізичних наук» з'явилося більше праць, присвячених науковій і прикладній метрології. Наприклад Г.Д.Бурдун в своїх працях вказував: «За останні роки можливо відмітити активізацію діяльності міжнародних метрологічних організацій в галузі

наукової і прикладної метрології і прийняття ними важливих рішень за одиницями вимірювання фізичних величин і еталонам...» [102].

Стан метрологічних служб після II Світової війни в Україні і особливо в західних областях був скрутним. Контрольно-вимірювальних пристроїв було мало, обладнання застаріле, але вже в кінці 1940-х рр. на підприємствах створювалися лабораторії контрольно-вимірювальних пристроїв. У 1946 р. перевірено 98,5 тисяч засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), то у 1966 р. у Львові перевірено 414,8 тисяч [38]. Проводилися відповідні законодавчі заходи на міжнародному рівні за участю 101 країни. З СНД у цій діяльності брали участь Росія, Білорусь, Казахстан – члени, Україна і Молдова – члени-кореспонденти.

Угодою між СНД передбачено:

1. Впровадження основних постулатів діючих систем з метрології, стандартизації, сертифікації.
2. Визнання діючих стандартів Державного стандарту як міждержавних.
3. Збереження аббревіатури Державного стандарту за новими міждержавними стандартами.
4. Проведення постійних робіт щодо сертифікації на загальних організаційних і методичних положень.
5. Визнання державних еталонів, стандартів, основних міжнародних метричних одиниць.
6. Створення Ради держав з основної проблематики метрології, стандартизації, сертифікації [401; 608].

Для України може бути прикладом досвід Німеччини. В 2004 р. у Німеччині розроблено та прийнято національну стратегію стандартизації. Головна мета якої – методами стандартизації забезпечити Німеччині позицію провідної технологічної нації. Німеччина відіграє роль лідера у зміцненні, формуванні та освоєнні стратегічно важливих регіональних та світових ринків у важливих виробничих секторах як Європи, так і всього світу.

Стандартизація у відповідь на вимоги ринку підтримує економіку Німеччини в отриманні стратегічних та економічних переваг у конкурентному міжнародному середовищі. За експертними оцінками економічний ефект від впровадження стандартів у виробництво склав у 2007 р. приблизно 16 млрд. євро, або 1% ВВП Німеччини. За рік Інститут видає близько 2500 стандартів, з яких близько 80% стандарти ISO та Європейського комітету стандартизації. Опубліковані стандарти переглядаються на відповідність кожні 5 років. Фінансування розробки стандартів здійснюється за рахунок їхніх замовників. Інститут є неприбутковою установою, оскільки діє в суспільних інтересах, тому його діяльність не оподатковується [116-117; 134; 250]. Сучасна стандартизація почала розвиватися з виникненням потужної промисловості, тобто за капіталістичного суспільного устрою. Виробництво і обіг товарів вимагають проведення заходів зі стандартизації. Ці перші результати національної стандартизації вплинули на розвиток виробничих сил.

Міжнародна конфедерація вимірювання (ІМЕКО), увійшла до п'яти основних світових наукових установ-організацій, до неї входить 21 технічний комітет (ТК). У 2007 р. у Міжнародному конгрес-центрі у Парижі пройшла XXIII Генеральна конференція з мір і ваги, такі конференції проходять один раз на чотири – шість років. У Конференції приймала участь Україна, яку представляв директор Укрметртестстандарту О.М.Величко та ін [133]. У 2008 р. (Брумфілд, США) пройшла Конференція «Прецизійні електромагнітні вимірювання» (СРЕМ 2008), її організовано Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST), Міжнародний союз прикладної фізики (IUPAP), Інститут інженерів-електриків та електронщиків (ІЕЕЕ). У комітет Конференції увійшли представники з 20-и країн, на чолі з Д.Олсоф. Також у роботі Конференції прийняли участь 34 держави і більше 400 представників. У 2008 р. у Києві (ДП «Укрметртестстандарт») відбулася Нарада директорів установ стандартизації, метрології, сертифікації СНД. Еталонна база Центру складалася з таких основних еталонів: шість державних, 925 вихідних, 2524 робочих. За роки незалежності України

відбулися позитивні зрушення. Вченими Центру у 1995 р. розроблено Державний первинний еталон щодо одиниці молярної частини компонентів у газовому середовищі, що забезпечило єдність вимірювання хімічного складу викидів теплоелектростанцій, а також шкідливих компонентів у будівництві і машинобудуванні. Метрологічні характеристики еталона не відрізняються від міжнародних аналогів, а саме: MI (Нідерланди), NIST (США), NPL (Великобританія), Всесоюзного науково-дослідного інституту метрології ім.Д.І.Менделєєва (Росія). В 1999 р. було розроблено державні еталони-стандарти одиниць електричної напруги постійного та змінного струму. Цей факт дозволив впровадити безпечну експлуатацію побутових електроприладів, а також промислового обладнання [133; 207; 417].

В 2008 р. Міжнародним бюро з мір і ваги схвалено СМС-таблиці Укрметртестстандарту в галузі електрики та магнетизму, а саме: таблиці вимірювальних можливостей метрологічного інституту України (Укрметртестстандарту). Україна вперше опублікувала свої найкращі калібрувальні та вимірювальні досягнення в галузі електрики та магнетизму. СМС-таблиці Укрметртестстандарту в галузі електрики та магнетизму охоплюють калібрувальні і вимірювальні можливості таких державних еталонів. Такі еталони зберігаються в Укрметртестстандарті, а саме [567; 608]:

1. Еталони-одиниці електричної напруги постійного струму 1-180 кВ ДЕТУ08-04-99.

2. Еталони-одиниці електричної напруги змінного струму, коефіцієнт масштабного перетворення з діапазоном: ДЕТУ08-05-99.

3. Еталони-одиниці електричної напруги від 0,1 до 1000 В змінного струму в діапазоні від 10 Гц до 1 МГц ДЕТУ08-07-02 тощо .

Укрметртестстандарт може наносити логотип Міжнародного бюро мір і ваги на сертифікати калібрування, що видаються у відповідності до прийнятих СМС-таблиць за Угодою «Про взаємне визнання національних еталонів, сертифікатів калібрування та вимірювання інститутами (CIPM MRA)».

Кілограм залишається основною одиницею, визначення якого засновано на матеріальному зразку [608]. Новітні визначення еталонів повинні ґрунтуватися на фіксованих значеннях фундаментальних фізичних постійних. Перед переглядом теоретичних визначень одиниць вимірювання, необхідна гарантія наукової обґрунтованості будь-якого перегляду понять і термінів, а також щоб не було збоїв у передачі розмірів одиниці вимірювання. В 2009 р. у Лісабоні (Португалія) пройшов XIX Світовий конгрес ІМЕКО «Фундаментальна і прикладна метрологія». У роботі Конгресу приймала участь 41 країна, а також взяли участь метрологічні інститути Німеччини (PTB), Великобританії (NPL), США (NIST), Італії (INRIM), Республіки Корея (KRISS) тощо [567]. У статті директора інституту О.М.Величка «Впровадження директиви ЄС щодо ЗВТ в Україні» наведена вагома роль комітетів стандартизації, документацію яких веде ДП «Укрметртестстандарт» [111]. У 2010 р. у м.Сант Джуліан (Мальта), відбулися чергові сесії Генеральних асамблей CEN і CENELCOM, а також 6-те щорічне спільне засідання цих організацій. За словами віце-президента CEN з технічних питань Е.П.Зітена, у 2011 р. передбачалося підготувати понад 1400 стандартів, період розроблення одного стандарту планується скоротити до 17 місяців (сьогодні у середньому 23 місяці). Пріоритетними напрямками у сфері європейської стандартизації на наступні роки визначено: перегляд правил і процедур роботи, орієнтація на потреби зацікавлених сторін, підвищення якості європейської стандартизації [294, с.114].

6.2.1. Центри метрології, стандартизації і сертифікації в Україні, характеристика їх діяльності.

Ґрунтовна наукова підготовка сприятиме здобуттю майбутніми інженерами навичок технічної фантазії, естетики і функціоналізму. Аналізуючи підсумки розвитку вітчизняної вищої технічної освіти, можна зазначити, що з ХХ ст. йшов напружений пошук нових форм підготовки фахівців у технічних закладах. Багато нововведень з удосконалення системи вищої технічної освіти застосовувалися у Харківському технологічному, Київському політехнічному та інших інститутах. Освітня діяльність у

метрології проводилася Одеським інститутом вимірювань, кафедрами і факультетами провідних вузів Києва, Харкова, Львова та інших міст, курсами підвищення кваліфікації при ДП «Укрметртестстандарт», журналами «Український метрологічний журнал», «Метрологія та прилади» тощо.

В 1970 р. на основі Української республіканської лабораторії Державного нагляду стандартів та засобів вимірювання було організовано Український республіканський центр метрології і стандартизації (УРЦМС) як організаційний, технологічний і науково-методологічний центр з розвитку і впровадження стандартизації та метрологічного забезпечення на території України [640].

В 1980 р. УРЦМС перейменовано в Український центр стандартизації і метрології (УкрЦСМ), а в 1992 р. реорганізовано в Український науково-виробничий центр стандартизації, метрології і сертифікації (УкрНВЦСМС). У 1994 р. УкрНВЦСМС акредитовано як організацію сертифікації товарів і послуг та якості, а у 1995 р. перейменовано в Український державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології і сертифікації (УкрДНВЦСМС). У 1997 р. УкрДНВЦСМС представляв Українську державу в Міжнародній електротехнічній комісії і був призначений основною установою технічного комітету стандартизації під назвою: «Аналіз газів, рідких і твердих речовин» (ТК 122). Наказом Державного споживчого стандарту України (2003) УкрДНВЦСМС було перетворено на Державне підприємство «Український державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»). У 2004 р. у цій організації було розроблено і впроваджено систему контролю за якістю, яка б відповідала міжнародним стандартам, наприклад: ДСТУ ISO9001-2001 «Система управління якістю», ДСТУ ISO/IEC17025-2001 «Спільні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій», ДСТУ EN45011-2001 «Спільні вимоги до органів, керівників системами сертифікації», ДСТУ

EN45012-2001 «Спільні вимоги до установ, які проводять оцінку та сертифікацію якості». Система управління підприємства «Укрметртестстандарт» в 2005 р. була сертифікована (Система сертифікації УкрСЕПРО 19.10.2005 №UA 2.027.01674) за послугами щодо проведення вимірювання, метрологічного контролю, сертифікації і стандартизації виробів, послуг, систем якості у відповідності до стандарту ДСТУ ISO9001-2001 [111; 250]

ДП «Укрметртестстандарт» – це організація, де працюють висококваліфіковані спеціалісти. Лабораторії цієї установи мають сучасне устаткування, фонди з міжнародних стандартів, законодавчих документів. Ця організація являється гарантом надійності, поєднує науку і виробництво та постійно проводить оновлення і розширення наукових знань для отримання результату і практичного використання. В Центрі існує і постійно поповнюється еталонна база з восьми державних, 32 вихідних та 1779 робочих еталонів. Вони є основою Національної еталонної бази єдності вимірювання в Україні. За результатами міжнародної звірки в межах Генеральної конференції з мір і ваги, існують вимірювальні і калібрувальні можливості для розробки національних зразків-еталонів. Державний споживчий стандарт України встановив, що ДП «Укрметртестстандарт» є Державним метрологічним науковим центром України і Центром метрологічної служби України, а також Головним центром служби довідкових даних щодо стандартів фізичних констант і властивості матеріалів [640].

Стандартизація спрямована на перехід від обов'язкових до добровільних еталонів і стандартів, що є умовою ринкової економіки. Внаслідок такої політики авторство третини розроблених у державі постанов належить ДП «Укрметртестстандарту». На сьогоднішній день приблизно 200 національних стандартів погоджено з міжнародними вимогами і в стадії розробки перебуває приблизно 100 стандартів. ДП «Укрметртестстандарт» забезпечує інформацію про стандарти, створює фонд з нормативних

документів України. Більше 30 років фонд документації «Укрметртестстандарту» являється першим за наявністю документів після Головного фонду документів. До банку даних входить інформація щодо продукції і виробників у різних галузях промисловості [111].

Однією з основ технічного регулювання являється оцінка відповідності, чим повинен займатися ДП «Укрметртестстандарт». Там організовано Науково-технічний інститут і 5 установ з сертифікації, де є випробувальні центри, лабораторії, акредитовані вітчизняними органами акредитації, а також Латвійським національним бюро акредитації (LATAK), Німецькою установою з акредитації (DATech). Велике значення для України мала акредитація у визнаній Міжнародній системі з електрообладнання як Українського сертифікаційного та випробувального закладу з можливістю і правом надавати сертифікати. Роботи щодо сертифікації товарів виконуються за всіма варіаціями робіт на базі, що оновлюється новітніми приладами. Під час цього процесу виявляються проблемні питання і відповідно створюються нові види діяльності. Лабораторія з молекулярно-генетичних досліджень, яка стала першою в Україні в цьому Центрі. Лабораторія розвиває експериментальне виробництво і виготовила понад 30 експонатів обладнання для різного роду вимірювання.

У 1938 р. організовано Харківський державний інститут мір і ваги (ХДІМВ), а у 1939 р. його перейменовано у Харківський державний інститут мір і вимірювальних приладів (ХДІМВП), у 1967 р. в Харківський державний науково-дослідний інститут метрології (ХДНДІМ), з 2004 р. – Національний науковий центр (ННЦ) «Інститут метрології», з 2000 р. став Державним науково метрологічним центром Держстандарту України як Головний центр забезпечення єдності вимірювань в Україні, служби єдиного часу та еталонних частот, стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів. Напрямок діяльності Інституту є розробка державних еталонів, новітніх методів, засобів вимірювання і контроль за впровадженими державними стандартами. Завдяки інституту збільшилися спеціальні

метрологічні служби, зростає якість роботи цих служб. Це дозволило органам Комітету мір та вимірювальних пристроїв дати метрологічним службам на виробництві права самостійної перевірки, ремонту ЗВТ. Наприклад у 1966 р. таке право мали 32 служби, а у 1980 р. вже 95. Відповідно у 1981 р. збільшилися (ЗВТ) у три рази і досягли 4,3 млн. одиниць [208; 622].

У 1981 р. на базі ХДНДІМ було організовано науково-виробниче об'єднання «Метрологія», яке стало державним у 1992 р. У 1986 р. в інституті було організовано Музей, де на сьогоднішній день зберігається більше 400 експонатів пов'язаних з метрологією. Наприклад, унікальний експонат метра (використовувався до 1973 р.) як зразковий засіб [54; 208]. Обладнання територіальних органів повірочними засобами є пріоритетним завданням для Інституту на сьогодні. Інститут проводить постійні теоретичні і прикладні дослідження, які удосконалюють еталонну базу за видами вимірювання.

Методи і якість вимірювання розроблялися й у інших вітчизняних наукових закладах. Перспективними в цьому напрямку були опрацювання у 2001 р. Харківським національним технічним університетом радіоелектроніки методів забезпечення єдності, принципів побудови еталонів основних одиниць вимірювань. Необхідно також зазначити, що визначні досягнення мав Інститут кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України, де у 2001 р. були розроблені математичні моделі лінійних і квазілінійних стаціонарних та динамічних температурних процесів.

Основною задачею діяльності центру ДП «Харківстандартметрологія» являється задоволення суспільних та інших метрологічних потреб методом систематичної виробничої, наукової і іншої господарської діяльності для досягнення економічних і соціальних результатів, а також здійснення керівних функцій на фундаменті законодавчих актів у стандартизації, метрології, сертифікації, управління якістю, державного контролю за дотриманням норм, еталонів, стандартів, правил і впровадженням новітніх технологій у цих галузях з дотриманням норм законодавства України.

Серед завдань Дніпропетровського центру – забезпечення єдиної уніфікованої державної політики в метрології, стандартизації, сертифікації і реалізація державної стратегії розвитку в напрямку захисту прав людей, зростання якості, конкурентоспроможності продукції. Діяльність центру спрямована на підтримку вітчизняних виробників. В Центрі налічується 822 вихідних, 2418 робочих еталона. Це дозволяє забезпечити повну повірку ЗВТ виробництв і організацій Дніпропетровської області. В Центрі організовано потужний і оснащений новітньою технікою випробувальний сертифікаційний центр. Його можливості дозволяють проводити сертифікаційні випробування практично з усього спектру показників безпеки продукції, надавати допомогу у проведенні усіх видів випробувань підприємствам, які не мають власної випробувальної бази. Особлива увага приділяється підприємствам малого, середнього бізнесу і надається цілеспрямована інформаційна, методична допомога. Зусилля Центру спрямовані на забезпечення точності вимірювання як гарантії високої якості продукції, безпеки праці і економії ресурсів [320].

Реорганізація Дніпропетровського управління мір і ваги проходила в декілька етапів:

- а) у 1953 р. пройшла реорганізація у Дніпропетровське обласне управління мір та вимірювальних приладів;
- б) у 1955 р. реорганізовано у Дніпропетровську державну контрольну лабораторію вимірювальної техніки;
- в) у 1967 р. перейменовано у Дніпропетровську міжобласну лабораторію державного нагляду стандартів і вимірювальної техніки;
- г) у 1976 р. реорганізовано у Придніпровський центр стандартизації, метрології;
- д) у 1979 р. перейменовано у Дніпропетровський центр стандартизації, метрології;
- з) у 1996 р. реорганізовано у Дніпропетровський державний центр стандартизації, метрології, сертифікації;

к) у 2003 р. перейменовано у ДП «Дніпростандартметрологія» [320; 561].

У 1954 р. була організована Одеська державна контрольна лабораторія. В 1955 р. ця лабораторія отримала статус міжнародної, а у 1970-х рр. була реорганізована у Південний центр стандартизації і метрології, а пізніше в Одеський центр стандартизації і метрології. У 1955 р. Комітетом стандартів було організовано 132 контрольні лабораторії, а до 1957 р. у цих лабораторіях проводилися роботи з розробки стандартів, також була організована спеціальна лабораторія з перевірки радіовимірювальних приладів. В Одесі в 1986 р. було зведено метрологічний лабораторний корпус, який обладнано новітніми автоматизованими приладами. У 1995 р. ця установа була перейменована в Одеський державний центр стандартизації, метрології і сертифікації. На сьогоднішній день Центр очолює вимірювання вологості зернопродуктів при Державному споживчому стандарті України і має структурні осередки в містах України, таких як Ізмаїл, Котовськ і Білгород-Дністровський [749].

В 1966 р. Одеська державна лабораторія контролю вимірювальної техніки за Наказом Комітету стандартів СРСР №160 від 1966 р. була реорганізована в Одеську міжобласну лабораторію Держнагляду за стандартами і вимірювальною технікою. Керівником лабораторії було призначено З.Б.Сейфулліна. З цього призначення розпочався новий етап в історії метрологічних служб, коли лабораторія стала науково-технічним центром метрології і стандартизації південної частини України. Створена лабораторія завдяки зусиллям багатьох поколінь одеських спеціалістів, а саме: метрологам, стандартизаторам. Одеський центр починався з камери повірки і клеймування мір в 1882 р. і розвинувся до 2000 р. у центр Держнагляду за стандартами і вимірювальною технікою з назвою «Державний центр стандартизації, метрології і сертифікації». За Наказом Державного споживчого стандарту України №239 від 2003 р. Одеський центр став Державним підприємством «Одеський регіональний центр

стандартизації, метрології і сертифікації» (ДП «Одесастандартметрологія»). За роки своєї роботи «Одесастандартметрологія» довела свою компетентність, відповідальність при виконанні процесу забезпечення єдності у вимірюваннях та оцінці відповідності міжнародним стандартам. ДП «Одесастандартметрологія» акредитована в Системі УкрСЕПРО як установа, яка контролює сертифікацію виробів, послуг, перевіряє якість, виконує повірку, калібрування, випробування ЗВТ. До складу цього підприємства входять лабораторії харчових виробів, сировини і визначення вмісту радіонуклідів. Центр має сучасні зразки-еталони, обладнання, кваліфікованих спеціалістів, фонд документів. «Одесастандартметрологія» підписала численні угоди про співпрацю з Держфлотінспекцією України, Бюро Верітас, Російським Морським Регістром Судноплавства і з іншими установами з сертифікації. Компетентність Центру підтверджується системою сертифікації управління якістю, яка відповідає ДСТУ ISO9001-2001 (сертифікат №UA2.035.540) [250; 608].

ДП «Одесастандартметрологія» на сьогоднішній день проводить:

- а) сертифікацію наданої продукції, послуг;
- б) сертифікацію системи якості при виробництві усіх варіантів товарів, послуг відповідно зі стандартом ДСТУ ISO9001, який відповідає міжнародним стандартам;
- в) атестацію виробництв у Системі УкрСЕПРО щодо товарів усіх видів без обмежень у відповідності з законодавством і нормативними документами;
- г) згідно рішення Державного стандарту України за №ОДС-059 надаються послуги з добровільної сертифікації товарів тощо [250].

«Одесастандартметрологія» являється територіальним органом Державного споживчого стандарту України, який є засновником робіт з управління і контролю за якістю в регіоні. «Одесастандартметрологія» проводить перевірку і калібрування ЗВТ, технічні вимірювання згідно з направленням акредитації за класифікацією вимірювання.

«Одесастандартметрологія» має за мету проводити розробку і атестацію методики виконання вимірювання, надавати методичну і прикладну постійну допомогу метрологічним установам виконавчої влади, виробництв і організацій щодо підготовки нормативних документів. Наприклад, «Одесастандартметрологія» разом з Метрологічного центру «Зерноприлад» стали зберігачами вихідного зразка-еталона України «Установки для підтвердження і передачі одиниці вологості зерна та продуктів з його переробки» і у визначені строки проводяться міжнародні звірки одиниць вимірювання. Установи для повірки обладнані високоточним атестованим обладнанням для перевірки та калібрування, а саме:

- а) міра акустичної довжини МАПР-1 для перевірки ультразвукового апарату діагностики всіх внутрішніх органів людини;
- б) установка для перевірки електронних лічильників всіх конфігурацій УРПС-3Ф-6;
- в) установка для перевірки лічильників для води УВЛ-15/25;
- г) установка для повірки геодезичних засобів вимірювання;
- д) пересувна лабораторія для повірки вимірювальних трансформаторів струму, які розраховані до 3000А, 35 кВ СПК-35;
- ж) прилад для вимірювання потужності лазерного випромінювання ИМЛИ-2;
- з) переносний комплект обладнання для повірки генератора ГФ-05, ПКУ, ПЗУ та ПНС ГФ для перевірки кардіографів, кардіоскопів тощо [608; 614].

Структурним підрозділом «Одесастандартметрології» є відділ метрологічного нагляду, діяльність якого спрямовано на ріст технологічного рівня виробництва України і конкурентоспроможності товарів, а також на збереження прав споживача і контроль за Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» зі змінами від 2004 р. №1765-IV. Сертифікатом, система якості підтвердила свою ефективність. Сертифікат надав упевненості

замовникам у стабільності виробництва, яке випускає якісні товари з налагодженою технологією і високою кваліфікацією спеціалістів [508].

Філіал Всесоюзного наукового дослідного інституту фізико-технічних і радіотехнічних вимірювань було організовано у 1973 р. (Львів), а в 1977 р. Інститут вимірювальних і керуючих систем [511]. Діяльність цього закладу була направлена на вирішення проблеми метрологічного забезпечення вимірювальних систем, розробки науково-методичних засад автоматизації управління якістю. В 1979 р. згідно Наказу Державного стандарту СРСР організували Львівський центр метрології та стандартизації. А у 1985 р. було організовано Музей метрології, перший в Україні. Впровадження у виробництво прецизійних засобів вимірювання за період 1970–1981 рр. дало економічний ефект [55, с.208; 168; 206; 290].

У Львові Народний музей метрології організовано на громадських засадах при ДП «Львівстандартметрологія». В Музеї зберігається унікальна колекція, яка розповідає про становлення метрології з давнини до сьогодення. Експозиція періодично поповнюється експонатами і налічує приблизно 500 експонатів. Вона розташована за видами вимірювання, а також представлені засоби вимірювальної техніки минулого. В Музеї представлені ваги в 1 кг, 1 фунт, 200, 100, 50, 10 і 1 г, ваги зі скла (Росія, 1915), спиртомір з металу з діапазоном вимірювання у 20–90 одиниць (Росія, 1915), ампервольтметр (США, 1891), поршневий манометр (США, 1850). Музею надано звання «Народний музей» за вагомий внесок у українську музейну справу та національне культурне відродження [290; 368].

У 2000 р. зібралися спеціалісти з питань управління системою якості з Українського міжнародного фонду якості і Державного науково-дослідного інституту «Система» (Львів) та організували семінар «Розробка, впровадження і сертифікація якості: актуальні проблеми і шляхи вирішення». У ньому брали участь фахівці Державного стандарту України, представники 15 центрів стандартизації, метрології, сертифікації, 14 українських підприємств, а також університет «Львівська політехніка». Основна увага

була звернута на розвиток технічного регулювання в Україні, адаптацію систем якості до вимог ISO 9001:2000 [250; 255].

ДП «Львівстандартметрологія» у західному регіоні України забезпечує розвиток і впровадження єдиної політики Державного споживчого стандарту України щодо дії державної стандартизації, уніфікації і достовірності вимірювання і сертифікації товарів, послуг. Задачами ДП «Львівстандартметрології» являються:

- а) збереження, розвиток еталонної бази;
- б) метрологічний контроль;
- в) ремонт вимірювальної техніки й іншого обладнання і т.д [368].

Такі перспективи і надбання у становленні і розвитку інституційних центрів щодо питань метрології здатні привести до позитивних інноваційних зрушень у науці та техніці України. На сьогоднішній день Україні необхідно більше уваги приділяти науковим та освітнім установам, які аналізують і вивчають метрологічні та стандартизаційні основи, оскільки визначний стан метрологічного забезпечення являється найвищим щаблем потужностей держави у виробництві.

6.3. Розвиток метрологічного і стандартизаційного забезпечення в Україні, характеристика

Забезпечення і удосконалення єдності і системності вимірювань як діяльності, яка спрямована на підтримку єдності вимірювання в Україні являється складним і відповідальним процесом, що визначає основний зміст науки метрології, стандартизації, метрологічних служб. Тому можна зазначити, що метрологічне забезпечення є встановленням і застосуванням еталонних та метрологічних норм, а також розробкою, впровадженням вимірювальних технічних засобів для досягнення єдності та точності вимірювання. Науковим фундаментом для метрологічного забезпечення являється метрологія.

Для метрологічного забезпечення основою є: визначена система державних одиниць, зразки-еталони, засоби вимірювання, система впровадження на виробництві і випуск засобів вимірювання заданої точності для промислових товарів, система державних повірок і метрологічного атестування засобів вимірювання, система стандартних еталонів для визначення властивостей і характеристик речовин (матеріалів), система довідкових стандартних відомостей про фізичні постійні. Організацією метрологічного забезпечення займається Державна метрологічна служба і відділи підприємств, установ. Правила, норми і закони метрологічного забезпечення впроваджуються за допомогою стандартів і еталонів державної системи єдності вимірювання. Засоби вимірювання умовно поділяються за видами вимірювання, а саме вимірювання: геометричної величини, механічної величини, параметрів потоку, витрат, об'єму речовини, тиску, фізико-хімічного стану, властивостей речовини, температурні вимірювання, теплофізичні вимірювання, часу, частоти, електричні та магнітні вимірювання, радіотехнічні вимірювання, радіоелектронні вимірювання, вимірювання акустичних величин, оптичні вимірювання, характеристики іонізуючого випромінювання та ядерних постійних [662, с.46].

Загальним об'єктом стандартизації для уніфікації та єдності вимірювання являються фізичні величини, еталони, методи, засоби перевірки вимірювання, норми точності, метрологічні характеристики, форми вираження результатів вимірювання, точності вимірювання, методики вимірювання і оцінки достовірності даних про речовини і матеріали, вимоги до еталонів властивостей речовини і матеріалу, організація проведення випробування на державному рівні, атестація засобів вимірювання і експертиза, законодавча і нормативна документація.

Завданнями метрологічного забезпечення можна вважати:

а) підвищення якості виробів, управління підприємством і рівнем автоматизації процесів на виробництві;

б) взаємозамінність деталей і агрегатів, а також створення умов для цього процесу на виробництві;

в) підвищення продуктивності науково-дослідних експериментальних робіт і випробовування [21, с.617; 608].

До найпростішої автоматизованої системи вимірювання можна віднести ручні вимірювальні прилади з цифровим відліком, що раніше були засновані на механічному принципі дії: штангенциркулі, висотоміри, мікрометри, скоби, вимірювальні голівки. З великої розмаїтності вимірювальних приладів і інструментів найбільш розповсюджені: штрихові – лінійки і штангенінструменти; переносні – кронциркулі, нутроміри; інструменти з гвинтовими парами – мікрометри; важільно-механічні прилади – індикатори. За габаритними розмірами ручні прилади з цифровим відліком практично не відрізняються від традиційних, хоч вони й дорожче. Але незважаючи на зменшення габаритних розмірів і зростаючу функціональну щільність елементів мікроелектроніки, вони мають чітку тенденцію до здешевлення [11, с.23; 121; 449, с.27; 645–646].

В залежності від числа контрольних параметрів, прилади можуть бути одномірними і багатомірними. Кількість параметрів, які контролюються і кількість точок, що підлягають вимірюванню, визначаються характером роботи деталі у поєднанні з іншими елементами. Пошук оптимального числа вимірювальних точок пов'язаний з відхиленнями від форми робочої поверхні виробу і функціональних умов її використання. При цьому повинно бути точно встановлено, що приймати за розмір деталі. До появи координатно-вимірювальних машин, координатні вимірювання називалися точечними. Прикладами можуть служити вимірювання проєкційним методом на вимірювальних мікроскопах, довжини кінцевої міри на перфлектometrі, перепаду висот на катометрі. Розроблялися одиничні екземпляри ручних трьохкоординатних вимірювальних машин – на універсальному мікроскопі УВМ-21 встановлювали вертикальний далекомір ВЗ-21. Загальне розповсюдження мали вимірювання на координатно-розточувальних

верстатах за допомогою вимірювальної голівки, що встановлювалася замість ріжучого інструменту. І все ж у загальному об'ємі виробничих вимірювань координатні вимірювання до 1970-х рр. займали не головне місце, їх перевага – універсальність, придатність до автоматизації. Але вони поступалися прямим лінійним та кутовим вимірюванням як з продуктивності, так і з точності [394; 404; 519; 762, с.12]. Для забезпечення високих технічних, економічних показників та конкурентоспроможності вимірювального обладнання необхідно постійно збільшувати продуктивність вимірювань зі збереженням їх точності й надійності. Продуктивність цих машин можливо оцінювати за продуктивністю вимірювання деталі. Деталлю може бути корпусний елемент, де є багато видів простих геометричних частин. При вимірюваннях на них використовують наступні види простих геометричних елементів: point – точка; line – лінія; plane – площина; circle – коло; sphere – сфера; cylinder – циліндр; cone – конус [144; 311; 518, с.28; 575].

Відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [508], територіальними установами Держстандарту здійснюється метрологічний нагляд. Найбільші недоліки, виявлені на кінець 1999 р.: незадовільний стан засобів вимірювання (з 196402 перевірених, не придатні до застосування 65510 засобів, тобто 33,4%); відсутність атестованих методик для виконання вимірювання, що приводить до недостовірних результатів. Застосування одиниць вимірювання регламентується статтею №6 цього закону, де говориться, що застосовуються одиниці вимірювання Міжнародної системи мір СІ й рекомендації Міжнародної організації законодавчої метрології. До застосування в Україні можуть також бути допущені одиниці вимірювання, які не співпадають з Міжнародною системою мір СІ [133; 344].

Державний стандарт України (ДСТУ) – це нормативний документ, який діє в Україні і повинен впроваджуватися всіма виробництвами різної форми власності, громадянами як представниками підприємства, міністерствами, установами виконавчої влади тощо. Для інших держав ДСТУ

являється національним стандартом України, що затверджений Державним стандартом України. Цей документ має міжгалузеве використання і впровадження на товари масового, серійного виробництва, терміни, норми, узаконення яких необхідно для постійного впровадження високої якості та для взаємозамінності [648, Т.2, с.104].

Відповідно до державних стандартів існують державні будівельні еталони і норми, класифікатори технічної, економічної інформації. Деякі стандарти УРСР і зараз використовуються як стандарти України до їх заміни. Державні стандарти України мають визначені вимоги і обов'язки, які:

- а) надають безпеку товарів відносно життя, здоров'я людей, взаємозамінність виробів, а також охорону природи;
- б) надають техніку безпеки праці відповідно визначених норм, правил;
- в) надають достовірність, єдність вимірювання згідно з метрологічними нормами і правилами;
- г) забезпечують уніфікацію і єдність у розробці, виготовленні і впровадженні продукції [162–163].

Планування і прогнозування етапів стандартизації повинно бути науково обґрунтованим і погодженим з реальними перспективами виробництва для його розвитку. Обов'язково враховують останні досягнення науки та пріоритетні напрямлення розвитку господарства і промисловості країни. Плани стандартизації включають в себе дослідні та багато інших робіт для розробки еталонів і стандартів, проектів міжнародних законодавчих, нормативних документів, методичних робіт.

Усі методичні рекомендації з розробки проектів виконує Державний стандарт України (ДСТУ-3250). Робота щодо державної стандартизації виконується відповідно до плану, який формується на довгострокових програмах зі стандартизації. Основні етапи розвитку стандартизації на державному рівні складаються з розробки нових і перегляду існуючих стандартів, державного контролю за впровадженням стандартів, вимірювальними приладами, співробітництвом щодо стандартизації з

різними міжнародними установами. Щорічні плани державної стандартизаційної служби повинні бути основною складовою частиною планів заходів з розробки еталонів і стандартів на міжнародному рівні і нагляду за їх впровадженням, підвищенням якості товарів. На виробництвах та інших установах розробляють перспективні плани щодо стандартизації на рік, квартал, місяць. Головне завдання планування – це створення необхідних умов для якості товарів та раціонального використання сировини, палива, енергетики та інших ресурсів [21, с.628].

Після експертизи Державний стандарт України повинен розглянути стандарт і затвердити його або повернути стандарт на доопрацювання. При затвердженні стандарту визначається дата з якої набирає чинності стандарт. Державна реєстрація стандарту впроваджується для виключення повторення стандартів і забезпечення інформації щодо стандартів у державі. Порядок реєстрації державного стандарту виконується за ДСТУ-1.2, галузевого стандарту за ДСТУ-1.6. При написанні державного стандарту, перші цифри з точкою в реєстраційному номері визначають комплекс стандартів, а саме позначення стандартів виконується за ДСТУ-1.5. Зареєстровані стандарти вносяться у класифікатор фонду стандартів України. Видання і запровадження державних стандартів виконується Державним стандартом України, галузеві стандарти впроваджують міністерства, виробництва і установи. Впровадження стандартів являється важливим завданням для народного господарства. Стандарт є вже впровадженим на виробництві, якщо внесені у нього показники, норми дотримуються у галузі застосування, а вироби відповідають усім вимогам визначеного стандарту. Стандарти змінюються, оскільки норми, правила, які є в основі стандартів, втрачають актуальність. На сьогоднішній день активізується наукова співпраця з Організацією державних метрологічних установ Європи і Азії (COOMET). 18 засідання (2008) цього Комітету проходило в Національному науковому центрі (ННЦ) «Інститут метрології» (Харків), який з 2007 по 2012 р. був Секретаріатом COOMET [50; 145; 328–329].

В Україні виконуються роботи для входження в Європейську асоціацію національних метрологічних інститутів (EUROMET), надані пропозиції для звірки еталонів-зразків України з аналогічними еталонами інших держав Європи (Німеччина, Великобританія, Франція). ННЦ «Інститут метрології» (Харків) співпрацює з EUROMET та з ГКМВ. В Україні фундаментальною базою метрологічного забезпечення (ДСТУ2682) являється Державна метрологічна служба, яка представляє собою мережу метрологічних служб як систему спеціальних установ, функції яких направлені на дотримання єдності вимірювань. Дія метрологічних служб регламентується нормами Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» і ДСТУ2682. Очолює таку службу Державний стандарт України, який проводить комплексні роботи для уніфікації метрологічного забезпечення усієї України [511, с.11; 800; 803].

Метрологічна служба України має такі функції [20-21]:

1. Визначити основні напрямлення впровадження метрологічного забезпечення, що повинно охоплювати міжгалузеві програми з метрології, науково-методичні, технічні, економічні, законодавчі основи.
2. Удосконалювати еталони фізичних величин.
3. Проводити дослідження, направлені на впровадження єдиних вимог до метрологічних засобів вимірювання, на випуск інноваційних засобів вимірювання, на здійснення контролю якості засобів вимірювання, на встановлення розміру фізичної величини від державного зразка до засобу вимірювання.
4. Забезпечити комплексні програми метрологічного забезпечення всіх галузей та міжнародного співробітництва в метрології.

Центральний апарат Державного стандарту України розробляє пріоритетні напрями інноваційного розвитку метрологічного забезпечення, систематизує роботу, а також представляє Україну. Наприклад, до наукових метрологічних установ належать: Український, Дніпропетровський,

Харківський, Івано-Франківський, ННЦ «Інститут метрології» (Харків) тощо [511, с.14].

Головним центром впровадження уніфікації вимірювання в Україні є ННЦ «Інститут метрології», який розробляє концепцію єдності вимірювання в Україні, наукові, методичні, організаційні і законодавчі засади для єдності вимірювання. Центр виконує фундаментальні дослідження з теоретичної метрології і розробляє еталонну базу одиниць вимірювання. Оскільки Україна має значну територію, то організовані територіальні органи з метрології в Криму, областях України і містах, які є Центрами стандартизації і метрології (ЦСМ) [601-602].

В Україні служба еталонного часу, еталонних частот проводить: координацію між регіонами і галузями та спрямовує свою роботу на встановлення єдності вимірювання часу, частоти, визначення параметрів при обертанні Землі. Служба стандартів і еталонів речовин, матеріалів України виконує координацію робіт при створенні і застосуванні стандартних еталонів речовин, матеріалів, науково-дослідну роботу і розробку нормативних і законодавчих документів щодо стандартів і еталонів. Служба стандартних відомостей про фізичні сталі, властивості матеріалів здійснює прогнозування і планування потреб економіки України щодо інформації. Служба також проводить експертизу і атестує стандартні довідкові дані, розробляє нормативну документацію цих даних.

6.3.1. Науково-технічний доробок України в метрології, стандартизації і сертифікації.

У 1978 р. за Наказом Державного комітету СРСР зі стандартів №216 утворено Українське республіканське управління стандартизації та метрології. Науково-технічна діяльність якого була націлена на створення національних еталонів, розробку методів, засобів вимірювання, проектів законів, нормативних актів, а також зосереджена в одній великій науковій організації [55, с.202; 237].

Важливе значення в метрології мають фундаментальні фізичні сталі, що застосовуються у практичній метрологічній діяльності для створення сучасних природних еталонів. Тому важливо відмітити, що визначенням цих констант займається Міжнародний комітет чисельних даних для науки і технології. Цей комітет проводить роботи з погодження значень фізичних сталих. У 1986 р., наприклад, при погодженні констант враховувалися 38 вхідних даних. Порівняльна оцінка експериментальних даних, отриманих у СРСР, Великобританії, Франції, Японії, Австралії, Швейцарії та інших країнах у 1964–1985 рр., та їх погодження за методом найменших квадратів і його модифікацій були здійснені робочою групою комітету, а за результатами дисперсійного аналізу 16 вхідних даних були виключені з розгляду, зважаючи на великі похибки їх визначення. В 1986 р. 15-а Генеральна асамблея комітету прийняла результати погодження як рекомендовані значення фундаментальних фізичних констант. У 1987 р. у СРСР було прийнято документ «Фундаментальні фізичні константи», що містив універсальні, електромагнітні, атомні (електрон, протон, нейтрон), фізико-хімічні сталі [133; 224; 273].

Важливість прецизійного вимірювання чітко було видно після запуску станції «Марс клаймет орбітер» (США), коли вчені сподівались отримати важливу інформаційну базу, але 23 вересня 1999 р. відбулася аварія. Ця аварія виникла через помилку спеціалістів, які не погодили одиниці вимірювання в американській і метричній системах. Цей факт довів важливість питання забезпечення уніфікації вимірювання. Подія, яка стала визначною у розвитку метрології, це створення уніфікованої метричної системи мір. В 1999 р. Міжнародним комітетом мір і ваги прийнято рішення щодо відзначання 20 травня кожного року Всесвітнього дня метрології. В СРСР метричну систему було впроваджено всіх галузях у 1930-х рр., але деякі держави і досі підтримують свої унікальні одиниці вимірювання. Наприклад, в Японії Міжнародну метричну систему одиниць було введено в 1992 р. і заборонено використання несистемних одиниць вимірювання в

угодах і сертифікації товарів, держави Британської співдружності у 2000 р. перейшли до використання метричної системи, США після підписання Метричної конвенції до сьогоднішнього дня вимірюють ярдами, унціями, мілями, футами, фунтами і застосовують спеціальні порівняльні таблиці [319; 324; 611].

На сьогодні система вимірювання складається з одиниць: маси (кілограм), довжини (метр), часу (секунда), електричного струму (ампер), термодинамічної температури (кельвін), кількості маси (моль) і похідних від них одиниць, інтенсивності світла (кандела) та ін. Еталони-зразки, які використовуються, розпочинаються з міжнародних еталонів-зразків і закінчуються робочими еталонами-зразками. Еталон-зразок може бути придатним як робочий в одній країні, а в іншій країні бути національним еталоном-зразком. Національні еталони-зразки являються базою для розрахунку інших еталонів. З підписання Міжнародної метричної конвенції зросла кількість, складність і точність вимірювання в міжнародній торгівлі. Помилкові вимірювання приводять до неправильних рішень і фінансових витрат. Наприклад, похибка у кілька сотих при вимірюваннях продуктів у нафто – і газопроводах коштує приблизно декілька сотень мільйонів доларів, збільшення вологості вугілля приблизно на 1% може знизити теплоту згоряння на 1,3%, чим втрачається до десяти мільйонів тонн вугілля, а контроль температури та вологості може знизити втрати зерна до 3%, картоплі до 16%, капусти до 20%. Можна зазначити, що інвестиції, які вкладаються у метрологічну інфраструктуру, являються найбільш ефективними і дають вагомий прибуток суспільству. Метрологічну інфраструктуру підтримують закони метрології, національні еталони-зразки, нормативна база засобів вимірювання, оцінка відповідності засобів вимірювання, кваліфіковані спеціалісти. За дослідженнями, що проводили у США, Канаді, Великобританії і Європі, частка коштів направлених на вимірювання становить від 3 до 15% ВВП. Наприклад, у 2008 р. база еталонів Великобританії налічувала 105 національних еталонів-зразків, а Росії – 126.

Метрологія являється фундаментом для прогресу усіх галузей. Точність вимірювання безліч разів давала можливість виконувати фундаментальні відкриття і підтверджувати гіпотези. Наприклад, високоточні інтерференційні вимірювання А.Майкельсона (1926) швидкості світла в різних середовищах привели до визначення А.Ейнштейном теорії відносності [133; 231; 327; 607].

Україна має і свої національні еталони. У період СРСР в Україні було 10 національних еталонів-зразків (8% бази еталонів СРСР). Після проведення комплексу робіт (2010) в Україні запроваджено 60 державних еталонів-зразків, серед яких є еталони-зразки довжини, маси, температури, часу, частоти, тиску, молярної частки у газовому середовищі, напруги постійного, змінного струму, активності радіонуклідів, рентгенівського і гамма-випромінювання. Державні еталони-зразки створюються як комплекси в одиничному екземплярі і діють у спеціальних приміщеннях з підтримкою температури, вологості тощо [608]. Еталони розробляють на базі використання інновацій науки, новітніх технологій і методів. Національна еталонна база на сьогоднішній день практично не фінансується, тому установи, які утримують державні еталони-зразки, повинні підтримувати їх у належному вигляді за свої кошти.

Для створення єдиного метрологічного простору, Міжнародний комітет мір і ваги у 1999 р. запропонував угоду «Про взаємне визнання національних еталонів, сертифікатів калібрування і вимірювання», що стало подією другою за значенням, після прийняття Міжнародної метричної конвенції. Угоду підписано 122 метрологічними інститутами з 74 держав, 48 з них є членами, 26 – асоційованими. Україну представляють 4 метрологічні інститути, а саме: ДП «Укрметртестстандарт» (Київ), Національний науковий центр «Інститут метрології» (Харків), Львівський державний науково-дослідний інститут «Система», ДП «Івано-Франківськстандартметрологія». Ці Центри підписали Угоду у 2003 р. і розробляють, досліджують державні еталони-зразки [238; 241]. В Україні діють заводи «Еталон» в Києві, Донецьку, Харкові, Білій

Церкві, Умані, також дослідні заводи у Полтаві та Вінниці «Прилад», навчальні заклади, а саме: Вище училище метрології та якості в Одесі, Український навчально-науковий центр у Києві.

Наприклад у Німеччині і США питання метрологічного забезпечення внесені до Конституції. В Україні Конституція теж містить метрологічні вимоги до одиниць ваги, міри, часу, але ці впровадження вже не актуальні, оскільки взяті з Конституції США (1787). Закон України «Про метрологію і метрологічну діяльність» (1998) у 2004 р. здобув нову редакцію і навів правові основи єдності вимірювання в Україні та почав сприяти торгово-економічній незалежності. Елементи системи метрологічної інфраструктури повинні сприяти вирішенню питань вимірювання і відповідати на запитання: що і як вимірювати. Наприклад, складові виробу, які виготовлені в різних державах, повинні володіти розмірними і механічними характеристиками за узгодженими методами вимірювання. Узгодженість може гарантуватися співпрацею між метрологічними інфраструктурами на міжнародних рівнях. Вивчення цього досвіду в передових державах виявило необхідність впровадження змін до закону, положення якого повинні співпадати зі світовою практикою норм, правил метрології. Державний споживчий стандарт України представляє державу в міжнародних установах з метрології, а саме на: Генеральній конференції з мір і ваги (Україна як асоційований член з 2002 р.), Міжнародній організації законодавчої метрології (Україна з 1997 р. член-кореспондент), Євро-Азійській організації співробітництва державних метрологічних закладів, яку створено в 1991 р. (СОOMET, Україна членствує з 1992 р.), Європейській асоціації національних метрологічних інститутів (EURAMET, Україна з 1998 р. організація-кореспондент). З 1992 р. Україна членствує в регіональній Організації державних метрологічних закладів Центральної і Східної Європи, а також з 1998 р. стала членом-кореспондентом в Організації національних метрологічних установ європейських країн [496; 507; 608]. Україні така участь надає можливість захистити свої інтереси, права і впроваджувати

результати цих установ з метою вирішення метрологічних задач, які виникають в період глобалізації економіки в світі.

24 травня 1991 р. утворився Державний комітет УРСР стандартизації, метрології, якості продукції. Цей Комітет реорганізовано у Державний комітет України стандартизації, метрології і сертифікації (1992). У цьому ж році між державами СНД укладено угоду про узгоджену політику у цій сфері. В ній відзначалося про міжнародний бік стандартизації, метрології і сертифікації, їх необхідність для забезпечення взаємозамінності продукції, її безпеки, а також їх важливе значення в усуненні технічних проблем у економічному і науковому співробітництві, у підвищенні ефективності виробництва в межах всієї держави [608].

Зазначимо, що станом на кінець 1998 р. членами Міжнародної організації законодавчої метрології (перша Міжнародна конференція практичної та законодавчої метрології була скликана у 1937 р. у Парижі) були 55 країн, членами-кореспондентами – 44 країни, а підписання міжнародної Конвенції про заснування цієї організації відбулося ще у жовтні 1955 р. у Парижі. А з 1997 р. Україна приєдналась до організації і стала членом-кореспондентом [133]. У 2000 р. пройшло засідання Наукової технічної комісії метрології Держстандарту України, де було розглянуто результати 39 державних випробувань приймання і контролю засобів вимірювання, що випускалися вітчизняними й іноземними виробниками. Рекомендовано занести до Державного реєстру, впровадженого в Україні, 18 типів приладів за результатами державного випробування і 20 типів на підставі визнання результатів, проведених у країнах СНД (відповідно до Міжнародної угоди). За останні роки вітчизняною промисловістю і закордонними фірмами випущено нові типи приладів і перетворювачів для лінійних вимірювань різної номенклатури. Вибір приладів для вимірювання лінійних величин визначався економічною ефективністю, розміром, матеріалом, конфігурацією, масою і твердістю поверхні вимірюваної деталі, необхідною продуктивністю і точністю. Особливо необхідно зупинитися на

проблемі створення і впровадження бази еталонів вимірювання – матеріально-технічної основи Державної системи мір. Еталонна база визначає рівень усіх вимірів у державі, створює передумову для отримання достовірної інформації для зіставлення результатів вимірювання. Можна підкреслити, що до 1980 р. Україна отримала еталонну базу, яка нараховувала 70 комплектів засобів вимірювання. Укладачі І.Савченко, Л.Базик, І.Молева та ін. уклали Державний реєстр України з переліком засобів вимірювальної техніки [38; 228].

Наприклад, обсяг робіт і наданих послуг з досліджуваних наук у 2000 р. в порівнянні з 1999 р. збільшився на 21,3%. До 2001 р. у Реєстр еталонів занесені 37 державних та 52 вторинних, а також 57 вихідних еталонів. У 2000 р. було розроблено 1 та затверджено 3 державні еталони. Більшість з них сягають міжнародного рівня за метрологічними характеристиками, це підтверджено у 1999 р. звіренням українських державних первинних еталонів з німецькими еталонами довжини. За 2000 р. організацією Держстандарту проведено 237 випробувань засобів вимірювання. За позитивними результатами до Державного реєстру занесені 150 типів приладів. Реєстр на 2001 р. налічував близько 1300 типів засобів [255]. На кінець 2001 р. у Державний реєстр занесено 40 державних та 54 вторинних еталони. Ці вагомі зрушення пов'язані з підписанням Україною Міжнародної угоди з мір у 1999 р [47; 57].

За останні роки, з підписання Угоди 1999 р., в Україні з'явилося багато розробок вимірювальних пристроїв, наприклад О.Т.Богорош розробив інноваційний пристрій «Богорометр», який можна використовувати для опріснення води, І.В.Марфенко впроваджено електромагнітний витратомір визначення трубопроводів з великими діаметрами, завдяки якому визначено єдиний підхід оцінки похибок вимірювання швидкості у потоці і у трубопроводах з великими діаметрами [377]. Розроблено П.Г.Михайловим і запропоновано до впровадження у виробництво мікроелектронні датчики тиску і температури, конструкції засобів діагностики і контролю технічних

характеристик датчиків, що забезпечують оперативний контроль, діагностику надчутливих елементів і вимірювальних модулів датчиків тиску і їх виготовлення [405-406]. В.М.Шараповим розроблено п'єзоелектричні датчики для вимірювання будь-яких фізичних величин [768]. В.П.Котляровим досліджено і проаналізовано особливості проектування лазерної обробки деревини і проведено аналіз переваг операцій, які найбільше використовуються для лазерної обробки товарів з дерева та аналітичного проектування варіантів обробки. Дослідником розроблено експрес метод проектування режимів для обробки за допомогою контурного різання та одночасним формуванням кромek виробу і визначено основні шляхи управління якістю контурного гравіювання продукції, наведено експериментальні дослідження розглянутих операцій та приклади виконання [317]. Технологічне забезпечення процедури за допомогою лазерної терапії було розроблено В.П.Котляровим для медичних закладів з мінімальними доходами, це проста конструкція сканерів лазерних променів з рухливістю вздовж спіралі. Це привело до змоги опромінювати ділянки будь-якої форми на тілі [318]. Ю.М.Туз сконструйовано еталонний перетворювач змінної напруги діапазонів частот у 0–30МГц та діапазонів напруги у 0,001–1000 В з мінімальною похибкою при переході від постійної до змінної напруги [634]. В.О.Бржезицьким розроблено основні характерні риси вимірювача напруги електрополя і одержано математичні вирази середніх значень напруги електрополя залежно від орієнтації датчика пристрою, а саме: металевій сфери для точного вимірювання напруги електричного поля. Розраховано складові похибки приладу, зумовлені розмірами його антен [86]. Стратегічною стала розробка В.П.Квасніковим і О.Г.Барановим біканальної координатно-вимірювальної машини для точного вимірювання деталей одразу в трьох осях, яку можна використовувати в авіаційній, машинобудівній, приладобудівній та інших галузях, а також перспективним є проведений ними аналіз впливу дестабілізуючих факторів на роботу цієї машини і її метрологічна атестація [274–275]. О.К.Кучеренко запропоновано

моделювання дії лазерного інтерферометра для більш точного вимірювання лінійних переміщень, розроблено модель блоків лазерних інтерферометрів [337]. О.М.Самойленком запропоновано геодезичні методи визначення геометричних параметрів динамічних об'єктів [569]. І.В.Коробко запропоновано тепловий метод вимірювання рідин, які витрачаються, де досліджено тепловий метод вимірювання витрат рідини і вказано можливість запропонованого методу допомагати вимірювати впливи на механізми теплообміну нагрітого тіла з рідиною, яка являється рухливою, а нагрітим тілом є напівпровідниковий або металевий термометр [313]. Розроблено С.В.Плаксіним вимірювальний НВЧ-перетворювач характеристик і параметрів дії магнітоплану і запропоновано ідею побудови вимірювального НВЧ-перетворювача для організації інформаційної, управляючої системи магнітолевітуючих транспортних засобів (МТЗ) з електродинамічним підвішуванням, яке базується на радіохвильових принципах. В основу системи покладено розміщення вздовж структури магістральної маркерної комунікаційної лінії з вхідними отворами зв'язку. Модульними сигналами проходить збудження комунікаційної лінії. Ці сигнали несуть інформацію щодо просторового положення МТЗ і створюються вони завдяки генератору, який розміщений на МТЗ [473]. Вагомий внесок у розвиток метрології в Незалежній Україні зробили Г.С.Сидоренко, Ю.Ф.Павленко, які піднімають питання про перевизначення основних одиниць Міжнародної системи СІ, забезпечення єдності електрорадіовимірювань, перспективи квантової метрології. Сучасні проблеми світлотехніки та електроенергетики вирішують в своїх дослідженнях В.П.Костильов, В.В.Черненко (метрологія фототехнічних випробувань перетворювачів сонячної енергії), Є.П.Тимофєєв (оптичне випромінювання, його дозиметрія), Л.А.Назаренко, Н.Є.Гоц, Г.І.Петриченко (тепромерія випромінення), Л.А.Назаренко та ін. (вимірювання циркадних характеристик видимого світла) тощо. Останнім часом проводяться дослідження в космічних технологіях, розроблено радіофізичний метод визначення гравітаційного потенціалу Землі з

використанням супутникових систем (Г.С.Сидоренко та ін.). Вченими – метрологами в Незалежній Україні зроблено вагомий доробок в створення еталонної бази. Наприклад, створено вторинний еталон одиниць часу і частоти на основі синтезованих рубідієвих мір частоти (В.М.Романько), державні, первинні еталони забезпечення єдності вимірювання іонізуючих випромінювань, ядерних сталей в Україні (М.І.Кравченко) тощо [418; 455; 519; 581].

Позитивним моментом стала активна участь України в міжнародних звірках засобів вимірювання, конференціях, симпозиумах тощо. Практична робота настільки тісно поєднана з вимірюваннями, що це й привело до формування нового поняття – метрологічне забезпечення. Цей термін означає – діяльність метрологічних та інших служб, що спрямовані на створення в країні необхідних еталонів, пристроїв для вимірювання [68–69].

Основними базовими складовими метрологічного забезпечення є:

- а) наукова основа, якою є метрологія;
- б) метрологічні служби країни;
- в) державна система еталонів, а також сам парк вимірювальних пристроїв;
- г) правова система, що забезпечує єдність вимірювання [399–401; 450].

У 1992 р. було організовано тимчасову Науково-технічну комісію з метрології, яку в 1998 р. реорганізовано у постійну. На кінець 2001 р. відбулося 20 засідань Міждержавної Ради стандартизації, метрології і сертифікації, яка була створена у 1992 р. (Москва) 11-а колишніми республіками СРСР (Грузія приєдналася пізніше). Робочим органом Ради став технічний секретаріат з Центром у Мінську. Країни-учасниці прийняли міждержавну систему державних еталонів одиниць фізичних величин [255].

Сьогодні ціна кожного прийнятого технічного рішення дуже висока, воно повинно бути своєчасним і максимально ефективним. Важливу роль у цьому грає точність інформації, тобто рівень організації на виробництві метрологічного забезпечення. Успіх у питаннях метрологічного забезпечення

досягався за рахунок технічного оснащення, високої кваліфікації спеціалістів, професійного підходу до рішення виробничих задач. Тісний контакт з розробниками засобів вимірювання за кордоном і в Україні, що дозволило оперативно придбати всі необхідні високоточні засоби контролю. Якщо метрологічний нагляд – 100%, тоді виключається застосування у виробництві невиправних засобів [312, с.17; 791].

Першим завданням національної метрологічної служби стало забезпечення достовірності, єдності вимірювання в усіх галузях. Технічною базою метрологічної діяльності в Україні являється Національна еталонна база. Зазначимо, що без єдності вимірів неможливі не тільки розвиток науки і техніки, а й будь-які торгові, економічні і соціальні зв'язки як всередині держав, так і зовнішні. В кожній країні повинна бути служба, що забезпечувала б єдність вимірів. Вироби тільки тоді правильно виготовлені, коли для вимірювання їх параметрів використовуються вимірювальні прилади, що точно передають одиниці виміру. В Україні нагляд за засобами вимірювання здійснюється державою і відомчими метрологічними службами. Одиниці вимірювання не абстрактні, кожна з них повинна мати свого матеріального носія. Наприклад, одиниця довжини 1 м реалізується – у метровій лінійці [620].

У останню чверть ХХ ст. мета контрольних вимірів у машинобудуванні змінилась. Раніше це була відбраківка виробів, а нині – передбачення появи браку. Для досягнення цього необхідно щоб виміри проводились на ранніх стадіях обробки деталей і автоматичними засобами вимірювання. Стратегічне завдання Державного стандарту України – вступ України до Генеральної конференції з мір і ваги не тільки як асоційованого члена, а як учасника, проведення міжнародних звірень і впровадження європейських метрологічних директив, а також розробка нових еталонів, стандартів. Першочергове завдання сьогодення – це визначення фактичної потреби в спеціалістах з метрології не тільки для системи Державного стандарту, але й

для підприємств усіх сфер, а також формування державного замовлення на їх підготовку.

Для виконання Наказу Президента України «Про заходи щодо поліпшення якості вітчизняної продукції» (2001) Кабінет Міністрів постановив утворити Українській інститут якості в Києві, де загальне науково-методичне забезпечення здійснюватиме НАН України [516]. Прийнята Урядом Постанова про Міжвідомчу раду була ініційована НАН України. Ця пропозиція була ще у 1998 р., тому що Рада з координації фундаментальних досліджень при НАН України необхідна для виконання прикладних досліджень з важливих проблем, зокрема з метрології і координації досліджень у наукових організаціях. Без цього годі й сподіватися на високий рівень науки та посилення її внеску у розвиток техніки, економіки країни. Вагомого значення ця діяльність набуває сьогодні, коли Україна не може достатньо фінансувати фундаментальні дослідження в повному обсязі. За таких обставин необхідно зосередити зусилля на пріоритетних галузях наукового пошуку. Позитивний досвід роботи є, зокрема, договори про співпрацю НАН України з міністерствами, відомствами, підприємствами, науковими фондами тощо. Наукові установи України активно використовують допомогу міжнародних організацій, фондів.

Для забезпечення інформацією державних підприємств, організацій у галузі технічного регулювання, Кабінет міністрів України прийняв Постанову «Про створення національного фонду нормативних документів» (№1395, 2002) та затвердив Положення про фонд документів. У більшості країн ЄС функції стандартизації, сертифікації, метрології, ринкового нагляду, акредитації, захисту прав розмежовані за інститутами. Така структуризація забезпечує усунення конфлікту інтересів між сертифікацією й ринковим наглядом, сертифікацією та акредитацією. В Україні система технічного регулювання може бути приведена до стандартів ЄС, якщо поетапно вирішити наступні задачі:

- а) адаптувати законодавство України до стандартів ЄС;

- б) поєднати нормативну базу України з міжнародною;
- в) модернізувати інфраструктуру якості [19; 117; 504].

Кабміном України затверджено план заходів для реформи у системі технічного регулювання» (№1070, 2010) і заходи для реформ 2010–2012 рр. У сфері стандартизації передбачено такі заходи [19; 504]:

- а) створити Національний орган стандартизації за нормами ЄС;
- б) затвердити план технічного регулювання до 2020 р.;
- в) розробити протягом 2010–2011 рр. не менш 1500 стандартів, необхідних для прийняття технічного регулювання;
- г) виконати Програми міждержавних стандартів (1992), привести їх до відповідності з Угодою.

На сьогодні підприємства України недостатньо залучені до міжнародних процесів стандартизації. Тому необхідно проводити просвітницьку компанію щодо довіри до цієї системи. В Україні приймаються міжнародні еталони, але немає механізму впровадження їх у промисловості. Для того, щоб впровадити стандарти у виробництво необхідно модернізувати його і застосувати систему управління якістю. Дотримання міжнародних стандартів переорієнтує українські підприємства на конкурентоспроможність продукції [115–117; 231; 478].

У 2010 р. державами – членами організацій, створених за рішеннями Метричної конвенції стали 54 країни, асоційованими членами – 28 країн [636]. Враховуючи надзвичайну важливість еталонної бази для національної економіки, Урядом України затверджено Державну програму створення бази еталонів у 2006–2010 рр. Державна програма фінансувалася з бюджету в обмежених обсягах, тому перед розробниками стоїть непросте завдання пошуку таких методів побудови еталонів одиниць вимірювань, які дали б можливість в умовах обмежених ресурсів за мінімальних витрат створювати еталони міжнародного науково-технічного рівня відповідно до актуальних та перспективних потреб національної економіки. Наприклад, адаптивний метод ґрунтується на принципах інформаційних технологій, тобто

імітаційному моделюванні, числовому диференціюванні в поєднанні з теоретичними й експериментальними дослідженнями і застосовується на усіх стадіях побудови еталона в умовах обмежених ресурсів [755]. В Україні необхідно зосередити зусилля на пріоритетних напрямках, оскільки науково-технічне відродження невід’ємне від розвитку технологій у метрології, стандартизації для здобуття якісного й конкурентоспроможного виробництва.

6.3.2. Зв’язок метрології, стандартизації і сертифікації з вітчизняним виробництвом та промисловим дизайном, перспективи.

Становлення промислово-технологічної ери відбулося в 1970-х рр. [99] з електронною, будівельною, авіаційною, космічною, автомобільною та іншою промисловістю.

Україна випереджає за кількістю і складом ресурсів США, Китай, Канада, Великобританія, Франція та ін. У надрах країни розвідано близько 8 тис. родовищ, приблизно 100 видів корисних копалин, серед яких нафта, руди, газ, мінеральні води тощо, що створює сприятливу природно-сировинну базу для активізації процесів економічного розвитку.

Україна є членом Міжнародного об’єднання «Промприлад» з метрологічної діяльності. До цього об’єднання входять такі виробництва: Івано-Франківське виробниче-об’єднання «Промприлад», Кам’янець-Подільський приладобудівний завод, Могильов-Подільський приладобудівний завод, Харківське науково-виробниче об’єднання (НВО) «Теплоавтомат», НВО «Львівприлад», Луцьке НВО «Електротермометрія» та ін [12; 240].

2011 р. система управління якістю ННЦ «Інститута метрології» була визнана COOMET, як така, що відповідає вимогам стандарту ISO/IEC 17025 та видано Сертифікат відповідності (до 19.05.2016 р.). З 2007 р. ННЦ «Інститут метрології» отримав право від Міжнародного бюро мір і ваги (МБМВ) наносити логотип на сертифікати калібровки (CIPM MRA), яка проводилася інститутом. На 01.02.2012 р. загальна кількість СМС-строк

України складає 168 в базі Міжнародного бюро мір і ваги. З них 83 СМС-строки ННЦ «Інститута метрології». Інститут також плідно співпрацює з Росією, Білорусією, Німеччиною, Словаччиною, Казахстаном, Азейбарджаном в питаннях метрології, стандартизації і сертифікації. На 01.10.2012 р. в реєстрі України налічується 66 державних первинних еталонів, які створені в ННЦ «Інститут метрології» (Харків), ДП «Укрметртестстандарт», ВАТ «Промприлад» (Івано-Франківськ), ДП НДІ «Система» (Львів) та 74 вторинних еталонів, з яких 49 створено в Україні (Київ, Харків, Львів, Одеса, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Полтава, Донецьк, Сєверодонецьк). Еталони одиниць вимірювання класифікуються за 12 видами для вимірювання [418; 455; 519; 581]:

1) Геометричних величин, наприклад розроблено державні первинні еталони одиниці довжини параметрів евольвентних поверхонь і кута нахилу лінії зуба (ННЦ «Інститут метрології», 1995 р., вчений зберігач – А.М.Калінін), одиниці довжини відхилень від прямолінійності і площинності (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – О.Л.Костріков), одиниці довжини (ННЦ «Інститут метрології», 1997 р., вчений зберігач – В.І.Борох) тощо.

2) Механічних величин, наприклад державний первинний еталон одиниці маси (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – І.О.Колозінська), одиниці прискорення вільного падіння (ННЦ «Інститут метрології», 1995 р., вчений зберігач – О.І.Вінніченко), одиниць твердості за шкалами Брінелля і Віккерса та Роквелла і Супер-Роквелла (ННЦ «Інститут метрології», 1998 р., вчений зберігач – Я.С.Довженко), одиниці сили (ДП «Укрметртестстандарт», 2010 р., вчений зберігач – О.В.Ціпоренко) тощо.

3) Параметрів потоку, витрати, рівня і об'єму речовин, наприклад державний первинний еталон одиниці об'єму газу (Івано-Франківськ ВАТ «Промприлад», 1996 р., вчений зберігач – Д.О.Середюк), державний первинний еталон одиниці довжини для рівня рідини, об'єму рідини (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – Г.Ю.Народницький) тощо.

4) Тиску і вакуумних вимірювань, наприклад державний первинний еталон одиниці абсолютного тиску (ННЦ «Інститут метрології», 1995 р., вчений зберігач – М.І.Винокуров) тощо.

5) Фізико-хімічного складу і властивостей речовин, наприклад державний первинний еталон одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах (ДП «Укрметртестстандарт», 1995 р., вчений зберігач – М.С.Рожков) тощо.

6) Температурних і теплофізичних вимірювань питомої теплоємності твердих тіл у діапазоні температур від 1800 К до 3000 К (ННЦ «Інститут метрології», 1975 р., вчений зберігач – В.В.Поляков), одиниці енергії згоряння (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – В.П.Сліпущенко) тощо.

7) Часу і частоти, наприклад державний первинний еталон одиниці часу і частоти (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – В.М.Романько).

8) Електричних і магнітних величин, наприклад державний первинний еталон одиниці магнітної індукції в діапазоні від 0,05 до 2 Тл (ННЦ «Інститут метрології», 1991 р., вчений зберігач – О.І.Коробчанська) тощо.

9) Радіотехнічні і радіоелектронні вимірювання, наприклад державний первинний еталон одиниці коефіцієнта гармонік (ННЦ «Інститут метрології», 1992 р., вчений зберігач – В.Д.Красовський) тощо.

10) Акустичних величин, наприклад державний первинний еталон одиниці звукового тиску у повітряному середовищі (ДП НДІ «Система», 2000 р., вчений зберігач – О.О.Костеров) тощо.

11) Оптико-фізичних вимірювань, наприклад державний первинний еталон одиниці енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням (ННЦ «Інститут метрології», 1994 р., вчений зберігач – Л.І.Бондаренко) тощо.

12) Іонізуючих випромінювань та ядерних констант об'ємної активності радону-222 (ННЦ «Інститут метрології», 1996 р., вчений зберігач – В.О.Одинець) тощо [418; 455; 519; 581].

Серед сотень міжнародних, регіональних організацій вирізняються дві стратегічні організації, а саме: Міжнародна організація стандартизації і Міжнародна електротехнічна комісія, які знаходять місце практично у всіх

сферах життєдіяльності людини, наприклад, у науково-технічному прогресі, передових технологіях, раціональному використанні сировини, матеріалів, дотримання взаємозамінності, безпеці щодо експлуатації продукції і захисту природи. Згідно з даними експертів, постійна участь у роботі цих установ дала можливість отримати ефект, який у 7–8 разів вище ніж витрати. Заснована Міжнародна організація стандартизації в 1946 р. у Лондоні Координаційним комітетом ООН зі стандартизації і представників з 25 країн, а Міжнародна електротехнічна комісія заснована на конференції у Лондоні в 1906 р. Ця Комісія складалася з представників 13 держав і стала провідною установою з питань стандартизації в електротехніці, радіотехніці та зв'язку. У 1993 р. Україну було прийнято рівноправним членом Міжнародної організації стандартизації і Міжнародної електротехнічної комісії. У 1990-х рр. таке співробітництво дало позитивні результати, а саме: економічна взаємодопомога; прийнято понад 4 тис. рекомендацій щодо стандартизації; затверджено понад 6 тис. термінів (деякі діяли як державні стандарти СРСР, а окремі державні стандарти відповідали їм завжди або в певні часи [250; 565, с.28–30; 608].

У структурі Державного стандарту України налічується 35 центрів стандартизації та метрології, а саме: 26 обласних центрів (Український науково-виробничий центр стандартизації, метрології і сертифікації, Дніпропетровський, Донецький, Закарпатський, Львівський, Одеський, Полтавський, Черкаський та ін.), 9 міських центрів (Кременчуцький, Криворізький та ін.) [47].

Проводяться заходи щодо міжнародного співробітництва Державного стандарту України. Наприклад, делегація України з Головою Державного стандарту України (П.Кабан) відвідала Угорщину у квітні 2000 р. Метою візиту стало ознайомлення з досвідом гармонізації угорського законодавства і законодавчої бази в технічному регулюванні стандартизацією, сертифікацією, метрологією та акредитацією. Взяли участь у 5-й Генеральній асамблеї Європейської асоціації з акредитації, що була у Франції у червні

2000 р., де розглядалися питання розвитку законодавства і нормативної бази, співпраці з міжнародними організаціями зі стандартизації, сертифікації, якості та метрології. У тому ж 2000 р. відбулося 17-е засідання з питань стандартизації, сертифікації, якості та метрології у Тбілісі (Грузія), де брали участь 10 країн СНД [57, с.512; 220]. Ці та багато інших міжнародних зв'язків поліпшують стан метрологічної бази України.

Члени Європейського комітету стандартизації в електротехніці та електроніці (CENELEC) 15 грудня 2000 р. одностайно проголосували за прийняття України до цієї організації зі статусом філії. 8 листопада 2000 р. Державний стандарт України провів засідання Науково-технічної комісії з метрології, де було розглянуто питання щодо вилучення з Державного реєстру України засобів вимірювання, які не відповідають вимогам норм і законів з метрології і про розгляд матеріалів експертизи щодо державних випробувань з метою занесення їх типів до Державного реєстру. В 2001 р. відбулося 20-е засідання з питань стандартизації, сертифікації, якості та метрології у м. Бішкек і Чолпон-Ата (Киргизія), де брали участь 10 країн СНД і спостерігачі зі Словаччини та Югославії. З кінця 2001 р. проведено Міжнародний форум з метрології та контролю засобів вимірювання (Німеччина), де було досягнуто домовленість щодо організації у 2002 р. звірки німецьких та національних еталонів України [255].

Стандартизація як дійовий важіль управління економікою, відіграє значну роль у виготовленні конкурентоспроможних якісних виробів, захисті довколишнього середовища і ощадливості у використанні ресурсів. Значення стандартизації виходить з процесів в економіці, характерних для ХХ ст. Одним з процесів є глобалізація торгових відносин з усуненням меж для руху товарів та інформації. Другий процес є науково-технічний прогрес і розвиток прогресивних галузей діяльності. Третій процес є посиленням охорони довколишнього середовища і ресурсів [766].

До 2001 р. в Україні була система стандартизації, яка залишилась як спадщина від стандартизації СРСР. В основу її було впроваджено жорсткий і

централізований варіант управління господарством держави, що забезпечило стабільність фінансування і налагодження постійних зв'язків між постачальниками та виробниками, також передбачало обов'язок застосування наведених стандартів, норм, вимог. Стратегічні пріоритетні напрямки планування робіт щодо стандартизації зумовлені пріоритетом України, а саме: гармонійним розвитком економіки, захистом природного середовища та людського потенціалу. Такими принципами є:

- а) відкритість процедур стандартизації;
- б) забезпечення участі зацікавлених сторін у розробці стандартів;
- в) доступність інформації щодо плану стандартизації [651].

У кінці 1999 р., після пошуку оптимальних реформ, в економіці України позитивні тенденції мали місце разом з негативними. Про певне оздоровлення у виробництві свідчать структурні зрушення в літакобудуванні, суднобудуванні, автомобілебудуванні. В той же час негативні процеси збільшили кількість збиткових підприємств. З 1999 р. виконавча й законодавча влада почали опрацювання стратегії довгострокового економічного розвитку. Новим стратегічним курсом стало утвердження за Україною статусу високотехнологічної держави, яка має вагомі передумови для входження в групу технологічно розвинутих країн вже в першому десятиріччі нового століття. Саме цій меті повинна підпорядкуватися політика держави. Необхідна державна підтримка провідних галузей, що у майбутньому забезпечать соціально-економічний розвиток України в цілому. Вийшли Закони України, що підтримували розвиток космічної діяльності. З 2000 р. держава законодавчо продовжувала підтримувати ці галузі (Закон України «Про державну підтримку космічної діяльності», 2000) [501]. У цьому ж році законодавчу підтримку отримали підприємства науково-дослідних інститутів, що розробляють, виготовляють боєприпаси [503]. В 2001 р. законодавчо підтримано воєнно-промисловий комплекс з визнанням однією з пріоритетних бронетанкової галузі [494; 502]. Ці події зрушать з

місця економічну ситуацію в Україні і вона не буде вже знаходитись на узбіччі технічного прогресу.

Необхідно зазначити негативну тенденцію – у кінці 1990-х рр. Україна стала найбільш енерговитратною країною в світі: маючи менше 1% населення від загальносвітового, вона поглинала 1,9% загальносвітового виробництва енергоносіїв. У сучасних умовах подвоєння енергетичних потужностей у світі відбувається кожні 12 років, обсяг промислової продукції – кожні 15 років. При цьому в готовий продукт переходить не більш 30% споживаних сировинних ресурсів, інші втрачаються у вигляді відходів [558]. Технологія сьогодні – головна ланка технічного процесу. Розвиток машинобудування характеризується жорсткістю основних параметрів машин, збільшенням точності і їх збереження в процесі експлуатації. Без впровадження високоточної вимірювальної техніки не можна домогтися випуску конкурентоспроможної продукції.

Вимірювання у машинобудуванні – визначення лінійних і кутових розмірів, міцності, пружності та інших механічних властивостей деталей, а також якості їхньої обробки при виготовленні машин. Засоби вимірювання у машинобудуванні можуть бути розділені на основні групи: міри, вимірювальні прилади і інструменти, калібри. Калібри – це безшкальні вимірювальні пристрої, призначені для контролю розмірів і форми виробів, а також кінцеві міри, які широко використовуються в серійному і масовому виробництві [166, с.38]. Вимірювальна техніка є складовою матеріально-технічної бази забезпечення якості, що представляє собою сукупність методів та засобів вимірювання, яка дає повну інформацію про властивості виробів, характеристики технологічних процесів. Вимірювальним приладом називають засіб виміру, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації. Іншими словами, прилад повинен дати інформацію про значення вимірюваного розміру. Це може бути шкала зі стрілкою, або цифровий відліковий пристрій [68–69; 401; 450].

На початку ХХІ ст. виробництво засобів вимірювання в Україні здійснювали понад 230 підприємств. Розвиненість української метрологічної бази дозволила забезпечити перевірку власними силами 99,6% таких засобів. У 2000 р. метрологічними підрозділами територіальних органів Держстандарту здійснено перевірку 8,6 млн. одиниць та метрологічну атестацію 81,9 тис. цих засобів, що зекономило значні валютні кошти. Програмою інтеграції України в ЄС передбачено розробку Закону України «Про одиниці вимірювань». Важливість завдань у метрології вимагає постійного проведення наукового аналізу. В 2001 р. завершена робота зі створення 13 державних еталонів [500; 508; 608]. Але є негативні тенденції, з 124 засобів вимірювання у Державному реєстрі України (2001), тільки 41 зроблено в Україні, а з них на лінійні вимірювання припадає лише 1 (товщиномір ультразвуковий, зроблений на Миколаївському об'єднанні «Діагностика та контроль» [464–465]) і це при зазначеному науково-технічному потенціалі метрологічної галузі.

Навіть за таких складних умов окремі колективи України здійснювали певні заходи щодо виходу з кризи. У січні 1993 р. Президент Міждержавного авіаційного комітету Т.Анодіна вручила генеральному конструктору Авіаційного науково-технічного комплексу ім.О.Антонова, П.Балабуєву сертифікат на право створення колективом комплексу цивільних літаків і сертифікат льотної придатності на літак типу АН-124-100. Сертифікат комплексу виданий і Запорізькому двигунобудівному конструкторському бюро «Прогрес» на двигуни Д-18Т, якими оснащуються літаки «Руслан» і «Мрія». Ці документи – своєрідні атестати технічної досконалості. О.К.Антонов (1906–1984) – авіаконструктор, академік (з 1967 р.), з 1946 р. очолював дослідно-конструкторське бюро у Києві, а з 1962 р. генеральний конструктор і керівник конструкторського бюро літакобудування. Під керівництвом О.К.Антонова створено понад 60 типів транспортних літаків і планерів, зокрема, поршневі літаки «Бджілка», турбогвинтові літаки «Антей», реактивний АН-72, суцільнометалеві планери. В 2001 р.

літакобудівна промисловість отримала законодавчу підтримку [227; 373; 502].

Харківське державне авіаційне підприємство, якому у вересні 2011 р. виповнилося 85 років, виготовляє літаки АН-72, АН-74, АН-140 та виконує обслуговування, ремонт літаків та газотурбінних двигунів. Виготовлені літаки експлуатуються в Україні, країнах СНД і країнах дальнього зарубіжжя. На сьогоднішній день Харківське державне авіаційне підприємство – це складне, високотехнологічне виробництво, де застосовуються тисячі технологічних процесів, високоточне обладнання, зокрема, вимірювальне. У 1990-х рр. почали впроваджувати стандарти ISO9000 і виконувати роботу з удосконалення і наближення діючих стандартів до міжнародних вимог. З розпадом СРСР і наростанням кризових явищ у соціально-економічних сферах Харківське підприємство переживало нелегкі часи і незважаючи на це, колектив під керівництвом А.Мялиці мав значні досягнення: виготовлено модифікації літака АН-74; перший пасажирський літак АН-140. У 1998 р. отримано сертифікати на систему якості підприємства від Міжнародного технічного товариства «Бюро Верітас», що стали першими сертифікатами на систему якості згідно з ISO9002 літакобудівного підприємства в Україні [250; 373]. У сучасних умовах система якості і високотехнічна вимірювальна техніка допомагає забезпечити на підприємстві виготовлення якісної, конкурентоспроможної продукції, а вітчизняним літакам гарантує надійність та тривалість експлуатації.

Зріст виробництва, після впровадження високоточного вимірювального обладнання, можна побачити на Запорізькому «Мотор Січ», яке відомо у світі як одне з найбільших виробництв з виготовлення авіаційних двигунів. У його складі – 8 спеціалізованих машинобудівних заводів на території України. Засновано його було у 1916 р. і за цей час створено 43 типи авіаційних двигунів, які використовуються на 53 видах літаків і гелікоптерів [791]. У 1993 р. отримано сертифікат відповідності системи якості «Мотор

Січ» Міжнародним стандартам, а у листопаді 1997 р. підприємству видано фірмою «BUREAU VERITAS» сертифікат відповідності системі якості стандарту.

В століття комп'ютерів, нових технологій, розвиваються нові виробничі системи, верстати стануть простішими, а їх виконавчі органи набудуть подібності руки людини. Ще одна галузь, де Україна має значний науково-технічний та виробничий потенціал – це галузь високоточної лазерної технології, за допомогою якої можливе виготовлення високоточної техніки, продукції. Для такої галузі, як метрологія – це прорив на світовий ринок. В 1980-х рр. на підприємствах «Більшовик», «Арсенал», «Ізумруд» ім. Малишева, були впроваджені лазерні технології та обладнання, розроблені в Київському політехнічному інституті, почали працювати дільниці лазерної технології та лабораторії [295; 317; 398, с.24].

Вагоме значення метрологічна галузь має в космічній індустрії. З створенням ракет-носіїв, Україна розробляє космічні системи, супутники. Програми космічних досліджень СРСР проводилися в основному у бюро «Південне». Це 370 супутників (14,1% від всіх радянських супутників з 1957 по 1989 р.), на 31.07.2001 р. – 392 [215]. У 1995 р. в Україні виведено перший супутник «Січ-1», наступним у 1999 р. супутник «Океан-0», створений Державним конструкторським бюро «Південне», а виготовлений «Південним машинобудівним заводом», космічний апарат продовжив дослідження Землі [99; 501].

Якість це сукупність характеристик товарів, які повинні задовольняти встановлені потреби, для цього необхідно виробництву мати матеріальну базу, зацікавленість спеціалістів у праці. Термін «якість» самотійно вживається рідко, замість нього використовують «відносну якість», коли товари і послуги класифікуються за ступенем їх переваг або засобів порівняння і міри якості [96; 788]. На якість товарів, послуг впливає така діяльність як проектування, виготовлення, ремонт, дизайн як поєднання естетики та функціональності. Управління якістю являється процесом

створення і експлуатації для забезпечення якості, а планування якості встановлює мету і впровадження елементів систем якості. Забезпечується якість плановими і систематичними діями в системі якості для створення впевненості у виконанні об'єктом вимог якості.

Промислову продукцію за рівнем якості можливо поділити на класи:

1) продукція, що втрачається при використанні і 2) продукція, що втрачає свої ресурси. У першому класі товарів є такі групи:

а) сировина та види палива (рідкі, тверді, газоподібні, будівельні матеріали);

б) продукти та матеріали (штучне паливо, лісоматеріали, електротехнічні матеріали);

в) товари, які витрачаються (паливо в бочках, газові балони) [190, с.411; 231, с.214].

В Україні у сфері стандартизації є пріоритетність запровадження міжнародних стандартів. Продовжується використання близько 16 тис. стандартів і 30 тис. нормативних документів СРСР, які були затверджені до 1992 р. Не звертаючи уваги на постійний і швидкий розвиток міжнародної стандартизації та впровадження єдиних загальноприйнятих основ організації робіт, у сьогоднішній час у світі є системи стандартизації з яких виокремлюють три основні моделі [50; 145; 652; 789]:

1. Північноамериканську, засновану на конкуренції, коли використовується велика кількість стандартів (США), які розробляють науково-технічні, професійні товариства.

2. Японську, що базується на співпраці економіки і органів державного управління. Стандарти розробляють промисловці, міністерство їх затверджує.

3. Європейську, яка підтримує концепцію узгодження стандартів з демократичними, соціальними і культурними інтересами суспільства та ринковою економікою.

У ХХ ст. у науково-технічному прогресі і соціальних змінах, в творчості посилювалися прогностичні спрямування. Виникла нова професія – дизайнер, яка містить у собі творчість, технічну естетику, конструювання, мистецтво. Дизайн – це творча діяльність, метою якої є формування гармонійного середовища, що найбільше задовольняє матеріальні та духовні потреби людини. Промисловий дизайн – це художньо-проектна діяльність, спрямована на розробку промислових виробів з високими експлуатаційними та естетичними властивостями. Ця діяльність охоплює проектування найрізноманітніших предметів та їх комплексів для подальшого виготовлення. Графічний дизайн – це художньо-проектна діяльність, основним засобом якої є графіка. Мета цієї діяльності – візуалізація інформації, призначеної для масового поширення за допомогою поліграфії, кіно, телебачення, а також створення графічних елементів для реклами виробів і предметів середовища залежно від об'єкта розробки. Дизайн середовища – це проектування комплексних об'єктів з позиції вирішення проблем взаємовідносин людини з природою з метою створення гармонійного середовища [179, с.15; 703].

Перші роки після II Світової війни можна вважати початком організованого дизайну. З'являються установи, що вели роботу з художнього проектування промислових виробів на основі використання найбільш цінних досягнень 1920-х рр. На основі досвіду цих художньо-конструкторських організацій у 1946–1962 рр. були намічені оптимальні форми подальшого розвитку нових якісних норм художнього проектування в державі. В 1950–1960 рр. у державі склалася ситуація, що вимагала використання художнього проектування для вирішення важливих соціальних і народногосподарських задач, тобто почалося організаційне оформлення дизайну [563]. В цій ситуації було цілком природним звернутися саме до вивчення конкретних досягнень і прорахунків західного дизайну з його чималим і різноманітним на той час досвідом проектування масової промислової продукції. Розвиток дизайну в СРСР продовжився у 1962 р. зі створенням Всесоюзного науково-

дослідного інституту технічної естетики (ВНДІТЕ) у Москві з філіалами в Ленінграді, Києві, Тбілісі, Баку, Єревані, Харкові, Новосибірську, Ризі та в інших найважливіших містах країни. Наукові дослідження ВНДІТЕ проводилися за двома основними напрямками, а саме: теоретичні розробки і експериментальна перевірка та вивчення виробів для розробки норм, типів, стандартів, що відповідають вимогам технічної естетики [676, с.52].

У 1960-х рр. була створена школа-студія, яка не мала аналогів і прототипів ні в нашій державі, ні за кордоном. Ідея створення цієї школи полягала в тому, що зміст проектної діяльності може бути включено у процес проектування. Таким чином, у 1964 р. на базі будинку творчості художників «Сенеж» (під Москвою) почав роботу семінар промислового і прикладного мистецтва. У 1967 р. був реорганізований у Центральну навчально-експериментальну студію художнього проектування Союзу художників СРСР. Джерелом кадрів стали творчі спілки, різних творчих спеціальностей – це був об'єктивний стимул створення школи. Сенезька студія – це динамічно змінний творчий колектив: два-три рази на рік художники (30–40 чоловік) збиралися для спільної проектної діяльності в атмосфері, що була духовно вільною [785, с.29]. Експозиції проектів Сенезької студії з великим успіхом демонструвалися весною 1968 р. у Варшаві і 1969 р. у Бухаресті [785, с.47].

Офіційне становлення дизайну як самостійного напрямлення в колишньому СРСР відбулося 3–4 квітня 1987 р. у Москві на з'їзді дизайнерів СРСР, де було організовано Спілку дизайнерів СРСР, а 27 листопада 1987 р. у Києві організовано Спілку дизайнерів України на I з'їзді дизайнерів України. У липні-серпні 1988 р. у Києві відбулася перша республіканська виставка «Дизайн – народному господарству», яка засвідчила велику кількість галузей дизайнерської діяльності – проектування, наукове дослідження і підготовку дизайнерів. Зі здобуттям незалежності України, 17 квітня 1992 р. Спілка дизайнерів України також отримала незалежність і була зареєстрована як громадська організація. Існує багато дизайнерських студій у різних містах України: Києві, Львові, Одесі, Харкові, Миколаєві, Запоріжжі,

Херсоні, Севастополі, Керчі, Сімферополі, Донецьку тощо. Сфера їх діяльності різноманітна – від розробки окремих аксесуарів до вирішення предметно-просторових комплексів. Розвиток дизайну на пряму залежить від кваліметрії – вимірювання якості, що застосовується в будь-якому проекті дизайнера [656].

6.4. Законодавча база метрології і стандартизації в другій половині ХХ ст., характеристика

Законодавча метрологія – це законні, адміністративні та технічні процедури, встановлені громадською владою, або за їх рекомендацією, впроваджені в їх інтересах з метою гарантування в нормативній чи договірній формі, прийнятої якості та достовірності вимірювань, які стосуються офіційного контролю, торгівлі, охорони здоров'я, безпеки навколишнього середовища [533, с.118; 237].

Законодавча метрологія об'єднує метрологію і право в одне ціле, і тому правові положення оцінюються як за їх адекватністю існуючим технічним вимогам, так і за їх спроможністю сприяти подальшому розвитку науки, техніки. На відміну від України, законодавство зарубіжних країн не розповсюджувалося на виробничу і технологічну діяльність, що зумовлено особливостями ринкової економіки. Створення сучасної національної системи еталонів є ключовим моментом для просування до промисловорозвинутого суспільства. Це є також суттєвим для стабільного зростання в усіх напрямках економічної діяльності, для підйому науки, техніки, а також для забезпечення конкурентоспроможної продукції у міжнародній торгівлі. У широкому розумінні, система еталонів є базовою системою для прийняття об'єктивного рішення в цивілізованому суспільстві. Національна система еталонів включає засоби вимірювання, фізичні та хімічні константи, промислові стандарти, стандарти щодо безпеки тощо. Таким чином, національна система еталонів являється найбільш

фундаментальною системою, яку нація повинна мати для забезпечення цивілізованого життя своїх громадян.

Слід розрізняти метрологію і стандартизацію фактичну (прикладну) і теоретичну, яка завершується поточним випуском стандартів, еталонів, нормативних і законодавчих документів, що є цілком визначеної форми, порядку затвердження, ступеня обов'язковості, строків функціонування тощо. Можна вважати, що початок стандартизації як окремого напрямлення почався 15 вересня 1925 р. Тоді організували Комітет стандартизації, який працював при Раді праці і оборони. В 1953 р. в Україні було організовано Управління мір і вимірювальних приладів УРСР, а у 1954 р. у зв'язку з необхідністю прийняття міжнародних мір і стандартів реорганізовано у Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів, що діяв при Раді Міністрів СРСР. Ця організація очолила роботу в галузі метрології, стандартизації в державі і контролювала єдність і точність вимірювання у галузях науки, техніки, виробництва [533; 619].

Міжнародна метрична система в Україні була введена з 1 січня 1963 р. як найбільш функціональна для всіх галузей. Наказом від 07.01.1966 р. № 5 була створена Українська республіканська лабораторія державного нагляду стандартів, вимірювальної техніки на базі Київської державної контрольної лабораторії вимірювання, що була заснована в листопаді 1955 р. Вагома роль стандартизації, метрології в господарстві привела до необхідності створення Українського республіканського центру метрології, стандартизації (Наказ Держкомітету стандартів №7 від 11.12.1970 р.) а у 1971 р. реорганізовано в Українське республіканське управління Державного стандарту СРСР (Наказ №45 від 24.02.1971 р.) [4, с.8; 399; 608]. Держстандарт організовано в 1978 р., а з 1992 р. діє Комісія стандартизації, якості, сертифікації при Міждержавній раді СНД.

Визначальною в розвитку і впровадженні стандартизації стала Постанова Ради Міністрів СРСР від 7.01.1985 р. «Про організацію роботи з стандартизації в СРСР». У цій Постанові задачею стандартизації була

розробка нормативної документації, що визначала прогресивні вимоги до продукції, до правил, що забезпечували її розробку, виробництво і використання, а також контроль за правильним використанням цієї документації [362, с.69; 400].

Законодавча метрологія охоплює чотири основні види діяльності: встановлення законодавчих вимог; контроль та оцінювання відповідності діяльності; нагляд за продукцією та діяльністю; створення необхідної інфраструктури забезпечення єдності вимірювання, засобів вимірювання, яка застосовується не тільки до торгівельних відносин, але і для захисту окремих осіб та суспільства загалом. Для забезпечення надійного підґрунтя і впровадження та гармонізації національних положень, різні технічні комітети Міжнародної організації законодавчої метрології повинні надавати інформацію щодо спеціальних рекомендацій та настановних документів з метрологічного контролю, які стосуються випробувань типу та охоплюють такі принципи для забезпечення затвердження типу та сертифікації:

а) метрологічні вимоги (клас точності, максимально допустимі похибки, впливові чинники, збіжність та відтворюваність, роздільна здатність та чутливість, надійність, взаємне визнання та прийняття);

б) технічні вимоги (представлення результатів, програмне забезпечення, маркування, інструкції з експлуатації, зручність у використанні);

в) програма та процедури випробування;

г) формат звіту про випробування;

д) сертифікація чи декларація відповідності [57–58; 508; 514; 593].

За Наказом Держспоживстандарту України від 29.03.2004 р. № 52 ДП «Укрметртестстандарт» зобов'язаний технічно забезпечувати діяльність національного секретаріату в метрологічних центрах світу. Однією з функцій є інформування метрологів України про актуальні роботи і публікації провідних спеціалістів метрологічних центрів світу. Тому з 2006 р. ДП «Укрметртестстандарт» здійснював видання спеціальних випусків серії

«Огляд міжнародної метрології», в яких подані переклади документів і рекомендацій Міжнародного метрологічного союзу. Згідно зі статтею 5 Закону «Про стандартизацію» від 17.05.2001 р., № 2408-III, мета стандартизації – це допомога в усуненні технічних перепон у торгівлі. Згідно статті 4 Закону «Про метрологію і метрологічну діяльність» від 11.02.1998 р., № 113/98-ВР, державна метрологічна служба повинна створити необхідні умови забезпечення єдності одиниць вимірювання, а діяльність служби направлена на дотримання якості, конкурентоспроможності товарів, що випускаються і надаються. В Україні впроваджені одиниці вимірювання відповідно з системою СІ, яка була прийнята Генеральною конференцією з мір і ваги (1960) та рекомендована Міжнародною організацією з законодавчої метрології [508; 514; 733].

Верховна Рада України Постановою №1545-XII «Про порядок тимчасової дії на території України окремих актів законодавства СРСР» (1991) повідомила, що залишаються діяти вимоги постанов Ради Міністрів СРСР та УРСР щодо організації робіт з стандартизації, метрології, якості товарів. Крім того, залишилися чинними на території України державні стандарти СРСР, галузеві та республіканські стандарти, інші документи. У 1998 р. прийнято Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який визначив правову базу забезпечення уніфікації вимірювання в Україні і регулював відносини в метрологічній діяльності для захисту національної економіки від недостовірних вимірювань [508]. Його впровадження сприяє економічній та технічній незалежності України, економії енергетичних та матеріальних ресурсів, підвищенню рівня якості вітчизняних товарів.

Положеннями Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (1998), ст.1 визначені метрологічні терміни. Наприклад, вимірювання являється відображенням фізичних величин, їхніми значеннями, за допомогою експерименту і обчислень з використанням технічних засобів. Засоби вимірювальної техніки – це технічні засоби, які

використовуються при вимірюванні і мають метрологічні характеристики в нормі. Еталон – це засіб вимірювальної техніки, який забезпечує відтворення, зберігання одиниць вимірювання одного або декількох значень [401; 508].

Закон України «Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо відповідальності за порушення у сфері метрологічної діяльності», (1999) порушив умови і правила проведення перевірки та калібровки засобів вимірювання, правил виробництва, ремонту. Порушення правил впровадження засобів вимірювання приводить до штрафу від 3 до 30 неоподаткованих мінімумів [500]. 17 травня 2001 р. прийнято Закон України «Про стандартизацію» [359], а 24 травня 2001 р. було внесено зміни до Декрету Кабінету Міністрів України щодо нагляду за дотриманням стандартів і відповідальність за порушення [495].

Для вдосконалення ціноутворення в метрологічних роботах, Кабінет Міністрів України розробив Постанову «Про вдосконалення порядку ціноутворення на метрологічні роботи», (2001) [493] та встановив, що вартість метрологічних робіт розробляється державними метрологічними центрами і органами Державного комітету стандартизації, метрології і сертифікації, установами і організаціями, акредитованими за Законом «Про метрологію та метрологічну діяльність» [508].

У 2001 р. Верховною Радою України розглянуто законопроект для розвитку технологій, що націлений на забезпечення створення правової бази становлення й розвитку технологій, зокрема, в метрології. Цей проект вимагає значних матеріальних внесків, їх можна отримати з боку іноземних інвесторів. У цьому ж році введено Закон України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» [513], а також «Про надання згоди на обов'язковість для України угоди про створення Українського наукового технологічного центру» [510], що дозволив сконцентрувати адресну допомогу на галузях, які сприятимуть виведенню з кризи економіки України.

Законодавче забезпечення прав на винаходи та авторські права в законах України з'явилося лише у кінці 1993 р [491]. Також вийшли законодавчі угоди в галузі охорони інтелектуальної власності, проводилися зміни в законах з цих питань [497–499], але немає механізму виконання цих життєво необхідних законодавчих актів. Зрушенням у позитивному напрямку став Закон України про приєднання України до Всесвітньої організації інтелектуальної власності з авторського права, який підписав Президент України 20 вересня 2001 р [512]. Історичний досвід переконує: держави і народи, що переймалися сферою інтелекту нації як головним рушієм свого поступу, вийшли на передові рубежі в економічному і соціальному розвитку, а в наш час актуальність цієї парадигми зростає.

Порядок розробки, прийняття, зміни і припинення дії стандартизації визначаються Законом «Про стандартизацію», «Про підтвердження відповідності» (2001), де встановилися правові і організаційні норми стандартизації в Україні і направлений на забезпечення єдиної політики в стандартизації, а також регулює відносини щодо діяльності в стандартизації. Прийнятий Декрет Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію», (1993) визначив правові і економічні основи стандартизації та встановив організаційні нормативи її дії в Україні, а Декрет «Про державний нагляд за додержанням стандартів», (1993) встановив правові основи контролю за стандартами, нормами, правилами. В Україні, як державні стандарти використовуються стандарти СРСР (ДОСТ). Як державні використовуються і міжнародні стандарти (ISO9000, ISO14000) [231, с.14; 250].

Відповідно до об'єкта стандартизації, розрізняють такі законодавчі документи як [450]:

1. Стандарт – це документ, який для застосування правил, норм встановлює загальні принципи діяльності для досягнення оптимального рівня впорядкованості у будь-якій галузі, розроблений за узгодженістю сторін у встановленому порядку.

2. Технічні умови – це документально оформлені технічні вимоги для відповідності товарів, процесів і послуг. Технічні умови можуть бути стандартом.

3. Технічний регламент – це нормативний акт, який прийнято державою, і цей акт встановлює вимоги до товарів, процесів, послуг через посилення на стандарти.

Стандарти можна поділити на такі категорії [608]: Держстандарт України, стандарт міжнародний, стандарт галузевий, стандарт наукових, технічних, інженерних спілок, технічні умови, стандарт підприємства.

6.5. Хронологія подій з історії прикладної і законодавчої метрології, стандартизації і сертифікації в Україні (IV ст. до н.е.–XX ст.).

I період – Передісторія прикладної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні (IV ст. до н.е.–XVII ст.).

Початок періоду визначається організацією метрологічних установ у Херсонесі (Севастополі) в IV ст. до н.е. Кінець періоду характеризується організацією Комісії щодо перевірки стандартів виготовлення деталей для галер у Петербурзі і Архангельську, прийняттям наказу про податі у Московії, де підкреслювалося покарання за неточні міри. В кінці XVII ст. були організовані митниці «кружечні подвір'я» для перевірки дотримання мір, у Москві працювали Помірний дім та Велика митниця, а також почали використовувати металеві сажні. До кінця XVII ст. споглядалося безліч мір, а саме 7 видів сажень.

Основні факти і події цього періоду [701-702; 717]:

IV ст. до н.е. Організовано перші метрологічні заклади у Херсонесі (Севастополь), де дотримувалися міри, проводився контроль монет, таврування гир, тари, клеймування посуду, черепиці за стандартами.

989–996 рр. Зроблено перше креслення для Десятинної церкви у масштабі 1/75 і використані графіки-вавилони.

996 р. Великим князем Володимиром підписано Устав про церковні суди, де було наголошено, щоб міри у торгівлі і побуті відповідали встановленим.

1017 р. Вперше згадано міру сажень в Іпатіївському літописі, Київському Патерику, Правді Руській.

1068 р. За наказом князя Гліба виміряно Керченську протоку.

1091 р. У Лаврентієвському літописі вперше згадано міри часу – травень, серпень, березень, тиждень, день.

XI–XVII ст.ст. Перші згадування пуда і гривні (10 пудів=400 гривень; 1 пуд=16,38 кг) і про існування семи видів сажень.

1134–1136 р. У Новгороді організовано Палату мір і ваги в церкві Івана Предтечі, де охоронялися еталони мір.

. Новгородським князем Всеволодом підписано Устав «Про церковні суди і про міри торгівлі».

XII–XVI ст.ст. Перші згадки про п'ядь у подорожах паломників 1 верста=750 сажень=2250 ліктів=4500 п'ядей.

XV ст. Впроваджено аршин (711,2 мм).

. Вийшла грамота белозерського князя Михайла про те, що всі міри повинні мати печатки князя (перші сертифікати).

1554 р. Вперше офіційно використано міру «лікоть» для вимірювання тканини (Торгівельна книга).

1555 р. Указ Івана Грозного про впровадження стандартних калібрів для вимірювання ядер до гармат, а також стандарту цегли.

1557 р. Вперше в Західній Україні проведено земельну реформу (волока офіційно прийнята міра площі).

1575 р. Затвердження Польщею народних мір (Конституцією підтверджено в 1764 р.).

XVI ст. Зроблено мірило з трьома поділками, як еталон міри (Новгород).

1629 р. Вийшла Книга сошного письма, де були введені десятини.

1632 р. Відкриття Києво-Могилянської академії.

1636 р. На ринку деревини збирали будинки зі стандартних елементів (Москва).

1640–1650 рр. Г.де Боплан один з перших розробив мапи територій України (використовував – милі, кроки, сажні, стопи).

1649 р. Підписано Соборний Устав про міри, де верста=1000 сажень=1 терен і вводилася трьохаршинна сажень.

1653 р. Прийнято Митний статут про міри (Москва).

1667 р. У Московії прийнято закон щодо впровадження товарного знаку (сертифікації).

. У Московії прийнято «Новоторговий устав про міри», а також вперше згадано клейма російських товарів (офіційні митні знаки).

1681 р. У Московії прийнято Наказ про покарання за неточні міри.

1694 р. Петром I було організовано Комісії щодо перевірки стандартів виготовлення деталей для галер у Петербурзі і Архангельську.

1698 р. У Московії прийнято Наказ про податі (покарання за неточні міри).

XVII ст. Нагляд за дотриманням мір на митниці «кружечних подвір'ях». У Москві працювали Помірний дім та Велика митниця.

. Поширилися мотузкові книги, в яких вказувалося розміри ділянок і вимірювалося все мотузкою (Московія).

II період – Становлення прикладної метрології, перші уявлення зі стандартизації і сертифікації в Україні (XVIII–перша чверть XIX ст.).

Початок другого періоду визначається відкриттям Петербурзького університету, що спонукало до розвитку наук і їх становлення. Вперше почали проводитися масштабні заходи для уніфікації мір у Росії, встановлено співвідношення місцевих і державних мір. Кінець періоду характеризується виходом праці А.І.Ламберті «О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с

иностранными», що присвячена походженню й становленню мір довжини й ваги і стала першим науковим дослідженням у галузі історії метрології.

Основні факти і події цього періоду [717]:

1716 р. Наказ про покарання за обмір і обваження.

1725 р. Відкрито Петербурзький університет.

1734 р. Вперше проведено масштабні заходи для зменшення мір у Росії, встановлено співвідношення місцевих і державних мір.

1732–1758 рр. Діяльність інженера військової справи, метролога Д.Дебоскета в Україні.

1736 р. Організовано Комісію мір і ваги (М.Г.Головін).

1738 р. А.К.Нартов зробив копії гир (пуд, фунт) у формі куба з міді.

1730-і рр. П.Н.Крекшин вдосконалив ваги, що мінімізувало помилки і зловживання.

1745 р. Указ про накладання штрафів для тих, хто використовує неправильні міри (Росія).

1747 р. Виготовлено еталонний російський фунт стійкий до корозії, бронзовий, золочений.

1750-і рр. М.В.Ломоносов розробив «Курс дійсної фізичної хімії».

1758 р. Єлизавета Петрівна (донька Петра I) підписала Наказ про еталонні аршини, а також Наказ про те, щоб зробити вірні, залізні аршини (711,2 мм).

1763 р. Вийшла книга Ж.П.Рішара «Торг Амстердамський», де було надано уніфікацію і характеристику мір, а також порівняльну таблицю російських і європейських мір.

1766–1796 рр. Вперше виміряно і розмежовано Європейську частину Російської імперії (площа 152 десятин).

1774 р. Указ Сенату Росії про введення нової міри – пляшки (у відрі – 13 пляшок) і Наказ про клеймування продукції на фабриках.

1782 р. Монетним департаментом розроблено російські гирі для 18 губерній.

1785 р. Організовано Інспекторат мір і ваги (Галичина).

1797 р. В Росії вийшов Наказ про розробку еталонів мір чавуну на окремих заводах Росії.

1799 р. Виготовлення гир і засобів вимірювальної техніки (Луганськ).

XVIII ст. Прийнято міру – версту (Росія).

- . Топографи (геодезисти) почали користуватися офіційними мірами довжини.

- . Вийшла фундаментальна праця Л.Ф.Магніцького «Арифметика», де є порівняння мір з іноземними.

- . Становлення організацій з контролю за дотриманням мір і стандартів щодо товарів (Росія).

1805 р. Відкриття Харківського університету.

1824 р. В Одесі було створено заклад за дотриманням і контролем мір.

1827 р. Вийшла стаття А.І.Ламберті «О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с иностранными».

III період – Запровадження, розвиток і інституціалізація прикладної та законодавчої метрології, становлення стандартизації і сертифікації в Україні з 30-х років XIX ст. до 1950-х рр.

Початок періоду визначається офіційною появою метра і кілограма завдяки О.І.Канкріну. Після проведення Міжнародної метричної конференції Росія отримала Сертифікат на прототип кілограма. Організовано Повірочну камеру, як перший метрологічний центр у Росії. Кінець періоду характеризується створенням Всесоюзного комітету стандартизації, введенням Державного загальносоюзного стандарту.

Основні події третього періоду [701–702]:

1830 р. У Росії введено метр і кілограм, виконано порівняння російських мір з іноземними.

- . Еталони метра і кілограма привезено до Росії.

- . Організовано Комісію мір і ваги.

. Прийнято Закон про клеймування товарів і відповідальність за підробку.

1835 р. Прийнято Указ «Про систему російських мір і ваги».

1842 р. У Санкт-Петербурзі організовано Депо еталонів мір і ваги.

1844 р. Відкриття Львівського університету.

1848 р. Вийшла праця «Общая метрология» Ф.І.Петрушевського;

1867–1869 рр. Створено Комітет мір, ваги і монет на виставці в Парижі. Академік Б.С.Якобі проголосив доповідь про необхідність метричної системи.

1879 р. Росія отримала Сертифікат на прототип кілограма.

. Вперше почав публікуватися журнал Російської фізико-хімічної організації (виходив до 1931 р.).

1882 р. Організовано Повірочну камеру в Одесі, як перший метрологічний центр в Україні.

1883–1884 рр. В Одесі дві фабрики почали серійно виготовляти ваги.

1886 р. В Одесі місцевою владою прийнято Постанову про клеймування мір і ваги.

1893 р. Організовано Головну палату мір і ваги (Росія).

1899 р. 4 липня у Російській імперії введено Метричну систему факультативно разом з існуючими мірами.

. Положення Про міри і ваги і Наказ відкрити 150 установ з мір.

. Г.І.Панафутін (Катеринославський вищий гірничий інститут) заснував кабінет будівельного мистецтва з застосуванням метрологічного обладнання.

1900 р. Міжнародна конвенція впроваджена в Росії.

1901 р. Д.І.Менделєєвим організовано першу в Україні Повірочну палатку мір і ваги в Харкові.

1902 р. Організовано Повірочні палатки у Києві, Катеринославі, Одесі, які було реорганізовано в метрологічні центри України.

1918 р. Введено метричну систему мір і прийнято Декрет РРФСР «Про запровадження міжнародної десяткової системи мір і ваги» (14 вересня).

. В Українській Академії наук організовано відділ метрології в Інституті технічної фізики.

1921 р. Підписано Міжнародну метричну конвенцію в РРФСР.

1918–1927 рр. Створено систему метрологічної організації СРСР.

1922 р. Засновано Українську Головну палату мір і ваги (на базі Харківської палатки 1901 р.).

1925 р. Метрична конвенція 1875 р. стала чинною в СРСР.

. Професор О.Д.Гатцук розробив проект стандарту і створив Комітет стандартизації. Введено загальносоюзний стандарт.

1926 р. Комітет стандартизації ввів перші союзні стандарти на пшеницю, прокат, чавун.

1928 р. Постанова ВУЦВК та РНК УРСР про введення напрямків «метрологія», «стандартизація».

1930 р. В Одесі відкрито бюро стандартизації.

1931 р. У Харкові створено Український комітет стандартизації.

1930–1933 рр. У Харкові створено Український інститут метрології і стандартизації.

1939 р. У Західній Україні реорганізовано округ легалізації засобів вимірювання в Комітет у справах мір (Львів).

1940 р. Створено Всесоюзний комітет стандартизації.

. Введено Державний загальносоюзний стандарт.

1944 р. Організовано Управління у справах мір і ваги УРСР.

1953 р. Організовано Управління мір та вимірювальних приладів УРСР.

1955 р. У Києві відкрито лабораторію вимірювальної техніки при Комітеті стандартів.

IV період – Історія сучасної квантової і прецизійної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в другій половині ХХ ст.

Початок періоду визначається прийняттям системи СІ, відкриттям Комітету стандартів, мір, вимірювальних приладів в УРСР. Кінець періоду характеризується членством України в Організації метрологічних установ

Центральної і Східної Європи, з 1993 р. в Міжнародній організації стандартизації та Міжнародній електротехнічній комісії. У 2004 р. Україна ввійшла до Ради Міжнародної організації стандартизації.

Основні події четвертого періоду [717]:

1960 р. На XI Генеральній конференції з мір і ваги прийнято систему СІ.

1971 р. Створено Українське республіканське управління Держстандарту СРСР.

1972 р. Харківський державний науково-дослідний інститут метрології (сьогодні ННЦ «Інститут метрології») нагороджено орденом «Знак Пошани» Указом Президії ВР СРСР.

1978 р. Організовано Українське управління стандартизації та метрології.

1982 р. Введено в СРСР Міжнародну систему (СІ).

1984 р. Постанова про сертифікацію продукції на експорт.

1991 р. Організовано Державний комітет УРСР зі стандартизації, метрології і якості продукції.

1993 р. У Міжнародній організації стандартизації і Міжнародній електротехнічній комісії Державний споживчий стандарт представляє Україну.

. Вийшов Декрет України «Про стандартизацію і сертифікацію».

1998 р. Вийшов Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

2001 р. Вийшов Закон України «Про стандартизацію».

2004 р. Розроблено і впроваджено Систему управління якістю в Україні.

. Головний науковий метрологічний центр України – Національний науковий центр «Інститут метрології».

. Україна ввійшла до Ради Міжнародної організації стандартизації.

Приведена схема хронології історії прикладної і законодавчої метрології, стандартизації, сертифікації в Україні, дала можливість у поєднанні з фактами, подіями відтворити генезис цих галузей, показати основні концепції, направлення, еволюцію.

Висновки до розділу 6

В шостому розділі «РОЗВИТОК ПРИКЛАДНОЇ, ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.)» досліджено метрологію, стандартизацію, їх законодавчу базу в другій половині ХХ ст., наведено і проаналізовано стан метрологічної, стандартизаційної служби в Україні, її забезпечення, характеристику, а також законодавчу базу з цих питань. Досліджено розвиток інституційних центрів з метрології, стандартизації в Україні, визначено науковий і технічний потенціал України і зв'язок метрології, стандартизації з вітчизняним виробництвом та промисловим дизайном, наведені шляхи можливого вдосконалення законодавчої бази України.

В розділі проаналізовано центри ДП «Укрметртестстандарт» у Києві, ДП «Харківстандартметрологія», ДП «Дніпростандартметрологія», ДП «Одесастандартметрологія», ДП «Львівстандартметрологія», ННЦ «Інститу метрології» і визначено, що вони стали визнаними координуючими центрами з проблем метрологічного забезпечення, стандартизації, сертифікації, оскільки на їх базах регулярно проводяться наради і конференції, готуються кадри вищої кваліфікації. Досліджено метрологію, стандартизацію і їх законодавчу базу в другій половині ХХ ст., наведено і проаналізовано стан метрологічної, стандартизаційної служби в Україні, її забезпечення,

характеристику, а також законодавча базу з цієї проблематики. Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [681–682; 688; 709–710; 717–718; 721–721; 726–728; 731; 733–734].

РОЗДІЛ 7

СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК СЕРТИФІКАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.)

7.1. Передісторія сертифікації в Україні (клейма, штампи, торгові марки)

Сертифікація – це визначена процедура, завдяки якій визнана установа документально доводить відповідність виробів, системи управління якістю встановленим вимогам за законодавством [533, с.714].

Історичні джерела надають безліч прикладів сертифікації з давнини, а саме стародавнього маркування виробів. Наприклад, щоб відрізнити свої речі було винайдено спеціальні знаки, які називали тамгами. Вони видавлювалися на виробках, випалювали на худобі, висікали на камінні біля своєї земельної ділянки для визначення меж. Одним з найбільш ґрунтовних досліджень походження російських мір, стандартів стали роботи І.П.Бабенко і М.Т.Беляєва. У своїх концепціях вони виходили з того впливу, який зробив Стародавній Схід на розвиток наукових знань країн Європи з давнини до сьогодення [29–30; 45].

З останньої чверті IV ст. до н.е. у Херсонесі функціонував інститут астиномів, які таврували стандартну торговельну тару, мірний посуд, черепицю, гирі. Написи на клеймах астиномів містили в собі саме слово «астином», ім'я, іноді по батькові або монограму. Штampi для таврування вирізалися з дерева. У фондах Херсонеського музею зберігається більше 2-х тисяч амфорних ручок з клеймами місцевих астиномів, але не знайдено жодного штампа, що вказував би на те, що вони виготовлялися з крихкого матеріалу. Астиноми запрошувалися в майстерні, де проводилася перевірка мірного посуду й черепиці у відповідності існуючим еталонам. На виробі ставилися клейма, а потім їх обпалювали [763]. Клеймували вироби скіфи, сармати, в зарубинецькій і черняхівських культурах. Особливе значення мали клейма в Київській Русі, де Великим князем встановлювалися державні клейма, які ставилися на міри, ваги і на товари. Клейма були гарантією якості послуг або товарів і за порушення норм якості, порушник отримував покарання згідно з законодавством того часу.

Подальший розвиток ремесла і торгівлі прискорили зростання ролі та значення клейм на товарах і позначення послуг. Цій події почала сприяти поява дворянських гербів як родових позначок, такі знаки виکارбовували на зброї, одязі та інших предметах. Наступними за дворянськими гербами стали клейма цехів, замість клейма на виробі почали проставляти герб або клеймо цеху чи його елемент. Таким чином прибуток ремісників залежав від збуту товару, який зумовлювався якістю. Існував ретельний контроль клеймів, щоб вони не були поставлені на неякісному виробі. З виробництвом паперу постала нагальна необхідність певним чином позначати папір виробника. У XIII ст. ставилися перші позначення паперовиробників, це були водяні знаки, які застосовуються і до сьогодні. Форма знаку індивідуалізувала виробника і це привело до підвищення якості самого паперу [5; 219, с.21]. Початковою формою сертифікації був екслібрис як книжковий знак, художньо виконана етикетка невеликого розміру, де обов'язково вказано, кому належить ця книжка. Попередниками екслібрисів були написи на

книжках їх власників і суперекслібриси як рельєфні зображення на першій сторінці книжки (наприклад, найдавніший в Україні знак – з гербом Львова, 1545). Зародився екслібрис у Німеччині, де зберігався звичай карбувати найбільш цінні речі знаком або клеймом приналежності будь-якій особі. Друковані книжки були теж цінними речами. Спосіб друкування збігся з поширенням гравірування як різновиду мистецтва. Першим володарем екслібрису в Німеччині був рицар Бернгар фон Рорбах (1460). Одні з перших екслібрисів належать німецькому художнику Альбрехту Дюреру (початок XVI ст.). Займалися створенням унікальних екслібрисів такі художники як Лукас Кранах Старший, Ганс Гольбейн Молодший.

В Україні друковані екслібриси датуються початком XVII ст. До XVIII ст. в екслібрисах домінували зображення гербів, а в XX ст. популярними стали екслібриси побутового жанру. В цьому напрямлені працювали Я.Музика, О.Кульчицька, М.Осінчук та інші. У 1960-х рр. екслібрисами займався Є.Удін (Тернопільщина). На сьогоднішній день у цьому напрямлені працюють Я.Омелян, І.Зілінко, О.Федорів, П.Шпорук, М.Харинович та інші художники. Визнаним майстром екслібрису став заслужений художник України М.Стратілат. Більшість сучасних екслібрисів являються книжковими знаками українських письменників, музеїв, видавництв [74, с.588; 179].

У сюжеті екслібриса переважно домінував образ книжки, а деякі з них виконані згідно з літературними і фольклорними творами. Екслібрис періоду Відродження розвивався за двома напрямками, а саме: перший у художньому напрямку, а другий як знак виробника. Наступним етапом у розвитку позначень товарів стали індивідуальні знаки гільдій. Ці знаки зазначали походження товарів. Потім це закріплювалося у законодавчих актах. Статути містили відомості, за якими майстри олов'яних і золотих справ повинні були використовувати свої клейма. Ці клейма вносилися до державних офіційних реєстрів. Підробка або зловживання цими знаками суворо каралася. З моменту появи, клейма встали на охорону власності і у свідомості населення поступово зростала повага і визнання таврованої продукції та послуг.

Інтереси виробничого і торгового підприємництва привели до потреби захищати знак як показник якості продукції. Перші клейма як офіційна форма захисту праці ставилися вже у кінці середніх віків [617, с.8; 631].

Зародження нормативної бази сертифікації, торгового знаку відноситься до XVII ст., з виходом російського законодавчого документу «Новоторгового Уставу» (1667), його дія розповсюдилась і в Україні. Статут мав правові норми і регулював внутрішню, зовнішню торгівлю. В Статуті вперше йдеться і про клеймо. Якщо розглядати нашу історію, то можна знайти відомості, що ще Петро I у 1722 р. наказував доглядати, щоб міри були вірні й вимагав відомостей з магістрату про міри й ваги, а за знаходження мір без клейма вводилися штрафні санкції. У метрології, сертифікація давно відома як діяльність з офіційної перевірки і клеймування обладнання (ваги, гирі). Більше 100 років термін сертифікат використовувався в міжнародній метрологічній практиці. Наприклад, документ, що супроводжував прототип кілограма, отриманий Росією в 1879 р., мав назву: «Міжнародний комітет мір і ваги. Сертифікат Міжнародного бюро для прототипу кілограма № 12, що переданий Міністерству фінансів Російської Імперії» [49, с.417; 767, с.24].

Можливо виокремити такі етапи формування сертифікації й управління якістю [40; 117; 294]:

1. Етап стихійної сертифікації й управління якістю тривав приблизно з 1912 до 1960-х рр.

Прототипами сертифікації в цей час можна вважати:

- а) карбування монет з певною формою й зображеннями;
- б) таврування виробів фірмовими знаками (наприклад, російська ювелірна фірма Фаберже, японська фірма SONY тощо);
- в) підписи знаменитих художників на їхніх картинах (екслібрис) можна розглядати також як прообраз сертифікації й знака відповідності;
- г) видача однією з Німецьких фірм у другій половині XIX ст. посвідчень (сертифікатів) про якісне виготовлення бочок для пива і т.д.

Фахівці, що працюють у Російському морському реєстрі судноплавства, вважають, що етап стихійної сертифікації закінчився в 1912 р., коли, після загибелі лайнера «Титанік», страхова компанія «Ллойд» (Англія) приступила до реєстрації (сертифікації) морських суден, що підтверджувала безпеку їх використання при морських перевезеннях. Однак, масово сертифікація безпеки і якості більшості звичайних товарів, продукції й послуг була впроваджена значно пізніше. Тому більшість фахівців вважають, що етап стихійної сертифікації тривав приблизно до 1960-х рр.

2. Етап організованої національної сертифікації, стандартизації, управління якістю відповідав періоду (1965–1980-х рр.). У ряді країн національні стандарти, сертифікація існували з початку 60-х рр. ХХ ст. У першу чергу вони розроблялися й застосовувалися для забезпечення якості на етапах проектування й виробництва в найважливіших напрямках промисловості, а саме: виробництво військової техніки, ядерна енергетика, авіація, судноплавство, космонавтика тощо. Практичний досвід робіт для підвищення якості продукції привів до необхідності використання систем якості. У Великобританії, наприклад, починаючи із середини 70-х рр. ХХ ст. вимоги із забезпечення якості (для всіх галузей державного сектору економіки) були викладені в стандарті BS 5750. Аналогічні стандарти були прийняті й у багатьох інших розвинених країнах [608].

7.1.1. Основні етапи розвитку управління якістю.

Розглянемо основні етапи історії розвитку управління якістю, а саме [635; 788]:

1. Етап контролю якості. У компаніях створювали бригади контролерів для випробування продукції, порівняння її характеристик із установленими вимогами (технічними умовами) і розбраковування. Високоякісна продукція, природно, надходила на склад і далі до споживача. Недоброякісна продукція або визнавалася остаточним браком і знищувалася, або вважалася не остаточним браком і її переробляли (ремонтували), якщо треба знижували

клас якості, а потім реалізовували за низькою ціною. Якщо була можливість, то продукцію, визнану остаточним браком, намагалися хоча б частково використовувати. Наприклад, якщо готові поршневі кільця не пройшли приймальний (вихідний) контроль, а вони вже пройшли процес хромування, то з них можна було зняти шар хрому гальванічним шляхом (якщо це економічно доцільно).

Існують такі недоліки контролю якості:

а) контролери не завжди виявляли дефектну продукцію й частина її неминуче потрапляла до споживача;

б) відповідальними за якість були контролери, хоч насправді якість забезпечували робітники основного виробництва, а контролери займалися тільки виявленням дефектів й розбраковуванням).

2. Етап технічного управління якістю. Незабаром з'явилися більш професійні контролери, які при збільшенні відсотка браку, відразу ж зверталися до керівників основного виробництва, після чого ті зупиняли виробництво до усунення причин дефектів. На етапі технічного управління якістю, увага приділялася збору інформації, технічним системам і проміжним етапам контролю. Однак остаточний контроль усе ще розглядався як основний захист інтересів споживача. З'явилися так звані контрольні карти, що представляли собою засоби при управлінні процесом. Для цього етапу характерне технічне управління якістю з зворотним зв'язком, а питання про адміністративне управління якістю майже не піднімалися.

3. Етап забезпечення якості. На цьому етапі центр уваги з виявлення дефектів було перенесено на їхнє попередження, на додаток до технічного управління широко впроваджувалося адміністративне управління якістю. На першому й другому етапах робота йшла за виявленими дефектами, з появою яких ухвалювалися коригувальні дії, але заходів для того, щоб не допустити появи дефектів майже не було. Слід сказати, що будь-який професійний робітник не тільки працював над виявленими дефектами, але й попереджав їх появу. У цьому контексті стверджувати, що раніше (до початку третього

етапу) повністю були відсутні попереджувачі дії – було б неправильно. Але в плані адміністративного управління якістю на попередніх етапах попередженню дефектів не приділялося досить уваги, а на третьому етапі це стало вже головним. Не даремно в редакції від 1994 р. у моделі ISO9001:94 елемент системи якості називався «Коригувальні й попереджувачі дії». Типовим для цього етапу був випуск програм якості, технологічних і робочих інструкцій. Таким чином, третій етап відповідав рівню підприємства, що мало сертифіковану систему якості. На першому й другому етапах головна увага була звернена на якість продукції. Для третього етапу характерно, що увага перенесена з виявлення на попередження дефектів.

4. Етап загального управління якістю «Загальний менеджмент якості» або «Остаточний менеджмент якості» [231, с.221; 250].

Один з важелів, що допомагає управлінню якістю є ліцензування. Ліцензія – це документ з певним дозволом, право ліцензіата на впровадження зазначених в цьому документі напрямлень господарської діяльності за визначений термін в умовах виконання ліцензійних норм. Ліцензуванням називається видача, переоформлення і анулювання ліцензії, видача дублікату ліцензії, проведення ліцензійної справи і ліцензійного реєстру, контроль за дотриманням ліцензіатами умов ліцензії, видача розпоряджень про виправлення порушень умов ліцензії, а також розпорядження щодо покращення законодавчої бази в галузі ліцензування. Ліцензування являється необхідною умовою для здійснення багатьох видів підприємницької і виробничої діяльності, що передбачені Законом «Про ліцензування». Де вказується про необхідність отримання ліцензії у встановленому порядку. З часу одержання ліцензії, виробнику або підприємцю надається законне право впроваджувати відповідний вид діяльності, яку можливо реалізовувати в період дії ліцензії. Після закінчення періоду права за ліцензією припиняються [533].

Законодавча влада України визначила базові напрямлення державної політики в галузі ліцензування і законодавчі постулати для її реалізації. Таку

реалізацію в галузі ліцензування виконує Кабмін України як спеціально уповноважений орган з цих питань. Цією проблематикою займаються органи виконавчої влади, уповноважені виконавчі органи Ради, які можуть проводити ліцензування галузей господарської діяльності.

Ліцензію можна класифікувати як одиничну, виключну і невиключну, які характеризуються таким чином [117; 466]:

1. Одиничною ліцензією називається документ, виданий тільки єдиному ліцензіату та виключає можливість видавати ліцензіаром іншим зацікавленим особам ліцензій в галузі, яка обмежується даною ліцензією, але також має можливість використовуватися ліцензіаром даного об'єкта у зазначеній галузі.

2. Виключною ліцензією називається документ який надається тільки єдиному ліцензіату та виключає можливість впровадження ліцензіаром об'єкта в галузі, яка обмежується даною ліцензією і видається ним іншим для використання даного об'єкта у зазначеній галузі.

3. Невиключною ліцензією називається документ, виключаючий можливість ліцензіара використовувати об'єкт в галузі, яка обмежується даною ліцензією і може видаватися ним іншим для використання даного об'єкта у зазначеній галузі.

Оформляється ліцензія як окремий документ частина ліцензійного договору, за основами якого ліцензіар надає ліцензіату дану ліцензію з умовами, що визначені у взаємній згоді сторін з урахуванням законодавчої бази України. Ліцензія зовнішньоекономічна являється письмовим повноваженням і видається державними органами для впровадження зовнішніх торговельних операцій.

В Україні впроваджено характерні види ліцензій, а саме:

1. Генеральна ліцензія відкриває дозвіл на різні операції щодо певної продукції з певною державою або декількома державами за період дії ліцензування з даної продукції.

2. Разова або індивідуальна ліцензія надає разовий дозвіл, який має тільки індивідуальний характер і видається на впровадження кожної операції конкретним індивідом зовнішньоекономічної діяльності на термін, який потрібний для виконання експортної або імпоротної діяльності.

3. Відкрита або індивідуальна ліцензія надає дозвіл на експорт або імпорт продукції з визначеним періодом, але не менше 1 місяця, з зазначенням його обсягу.

4. Антидемпінгова або індивідуальна і компенсаційна або індивідуальна.

5. Спеціальна або індивідуальна ліцензія являється правильно оформленим правом на імпорт до України за встановлений термін, певної продукції, яка є об'єктом спеціальних заходів. За кожний вид продукції встановлюється тільки один вид ліцензії [250].

7.2. Становлення і розвиток сертифікаційної служби в Україні (1965-2000). Всеросійський науково-дослідний інститут сертифікації

7.2.1. Становлення сертифікації в 1970–1980-х рр., аналіз і характеристика.

В 1965 р. у СРСР було засновано Всеросійський науково-дослідний інститут сертифікації (ВНДІС), який займався питаннями сертифікації, стандартизації і метрології. В СРСР сертифікація почала бурхливо розвиватися в 1979 р. з прийняття Постанови ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР «Про поліпшення планування й посилення впливу господарського механізму на підвищення якості роботи». Організацію закладів з випробування основних видів продукції було доручено Держстандарту разом з міністерствами й відомствами. Всі ці дії були розпочаті для забезпечення систематичного контролю над стабільністю якості продукції, яка випускалася. Метою було забезпечення оцінки якості продукції та запобігання виробництва недосконалих виробів. У 1984 р. прийнято

Постанову «Про сертифікацію експортованої продукції». У 1986 р. введено «Тимчасове положення про сертифікацію продукції машинобудування в СРСР. РД 50-598-86», що встановило основні правила робіт в цьому напрямленні, проведених згідно з міжнародною системою сертифікації або двосторонніх (багатосторонніх) угод з сертифікації. В 1988 р. підписана Конвенція створення системи оцінки якості й сертифікації взаємопостачаємої продукції (СЕПРО СЕВ). Система СЕПРО СЕВ проводила сертифікацію з використанням стандартів СЕВ, а також інших міжнародних стандартів. Після введення цієї системи була організована міжнародна акредитація й атестація іспитових лабораторій [40, с.221; 115].

Сертифікація в колишньому СРСР офіційно була затверджена в 80-х рр. ХХ ст. у вигляді державних випробувань, що стало важливим контролем якості продукції, який здійснювався відповідно до Держстандарту 16504-81. На заводах організовувалися відділи технічного контролю (ВТК). Якість продукції підтверджувалася клеймом ВТК заводів, клеймом військового приймання. На заводах працювали представники замовника, що стежили не тільки за якістю готової продукції, але й за якістю сировини, матеріалів, а також за виконанням вимог до виконання технологічних процесів виробництва, за якістю роботи ВТК, дотриманням норм зберігання продукції на складах. У цей період на товарах високої якості ставився знак якості (п'ятикутник) [408; 608].

Існує велика кількість систем сертифікації. Наприклад, у Росії налічується більше 150 систем сертифікації (обов'язкових, добровільних). Серед найпоширеніших слід згадати систему Держстандарт Росії, Систему сертифікації пожежної безпеки (ССПБ), Санітарно-епідеміологічну сертифікацію (СЕС). Деякі системи сертифікації містили у собі обов'язкову, добровільну сертифікацію, інші – тільки добровільну. До 1991 р. у державі функціонувало 14 дослідних центрів, у СРСР здійснювалася оцінка співвідношення продукції встановленим вимогам в інших формах, а саме: атестація за категоріями якості; державний прийом продукції; державні

дослідження (через які проходило 30% товарів); контроль держави за стандартами [466; 617, с.186].

З перетворенням дрібного кустарного виробництва у масове і поширення капіталістичного способу виробництва змінювалися ринки. З розповсюдженням машинної праці, виникло масове виробництво однакової продукції, що зумовило розвиток торгівлі і конкурентної боротьби. Конкуренція примусила виробників шукати свого споживача, а для цього потрібно було підвищити якість товару і позначати його певним знаком. Таким чином, для цього періоду є характерним зростання ролі товарного знаку у двох основних напрямках, а саме: як засобу індивідуалізації продукції і інструменту реклами. Але найкращі умови для маркування продукції були створені ринковою економікою в період планування класичної політичної економії та сформованого в її рамках економічного лібералізму, що привело до зародження і становлення сертифікації і сертифікаційної служби.

7.2.2. Розвиток сертифікації і сертифікаційної служби в 1990-2000-х рр., перспективи цього процесу. Членство України в Міжнародній організації стандартизації.

На початку 1993 р. Україна вже членувала у Міжнародній організації стандартизації і Міжнародній електротехнічній комісії, що дало право разом з іншими державами брати участь у діяльності більше 1000 міжнародних органів установ і комітетів стандартизації та сертифікації, а також можливість використовувати більше 12 тисяч міжнародних стандартів та еталонів. За Декретом України «Про стандартизацію і сертифікацію» №46-93, (1993) зобов'язання щодо створення і забезпечення дії системи сертифікації і стандартизації були доручені Державному комітету України щодо технічного регулювання та політики споживання. Цей Комітет являється національним органом України щодо сертифікації і стандартизації [250].

Обов'язками Державного стандарту являються:

1. Визначення основної структури, принципів, правил систем сертифікації та стандартизації в Україні.
2. Визначення переліку товарів обов'язкової сертифікації з визначенням нормативних, законодавчих актів у відповідності з сертифікацією.
3. Здійснення контролю з дотриманням норм сертифікації і за товарами, які сертифіковані, а також інформація установ і громадськості з результатами цієї сертифікації [608].

На сьогоднішній день в Україні функціонує національна система сертифікації (УкрСЕПРО), основу якої складають державні стандарти України, в основному з 1996 р. Для того, щоб набути максимального зиску і іміджу надійного та постійного партнера на ринку, виробництвам необхідно створити і сертифікувати свою власну систему якості. Ця система відповідно до міжнародного стандарту ISO8402 «Якість. Довідник» є сукупністю структури організації, відповідальності, процесів та ресурсів, які забезпечують управління і контроль якості. Такий рівень системи підтверджується сертифікатами, які видавалися виробництву на визначений термін [635]. Сертифікат системи якості може видаватися національним органом сертифікації, а у деяких ситуаціях ця функція делегується акредитованою для цього організацією. Для того, щоб оцінити систему якості і отримання сертифікату можливо залучити і закордонну фірму, яка б займалася сертифікацією. На виробництвах України необхідно створювати систему якості і ці системи повинні комплексно управляти якістю, яка вимагає колективної діяльності та зусиль.

Виходячи з цього, можливо визначити і окреслити головні принципи системи якості, а саме:

- а) підготовку усіх категорій спеціалістів високого професійного рівня (відповідну якість забезпечують люди, а не пристрої);
- б) зацікавленість першого менеджера і всього керівництва виробництва у постійному розв'язанні питань якості товарів;

в) підпорядкування поставленим задачам для організації якості товарів, організації системи (наприклад, поєднання посади керівника виробництва з якості і керівника відділу з технічного контролю являється недоцільним, оскільки технічний контроль не являється головним у системі);

д) систематичне управління якістю за участю всіх працівників виробництва;

ж) розподіл відповідальності між відділами і їх керівниками;

з) використання спеціалістів у роботі над покращенням якості продукції як це робиться в Японії і США.

В Україні організована Державна система стандартизації, сертифікації і забезпечення та функціонування цієї системи координує Національний орган Державний комітет України стандартизації, метрології і сертифікації (Держстандарт України). Для впровадження розробки, експертизи та затвердження стандартів України за визначеним рішенням Державного стандарту було організовано технічні комітети стандартизації, які функціонують згідно з договором Національного органу. Згідно з сертифікаційними роботами, основними функціями Державного стандарту України являються [115; 220]:

а) точне визначення принципів, правил і структури систем сертифікації;

б) затвердження списку товарів для обов'язкової сертифікації;

в) періодична акредитація установ з сертифікації і лабораторій, які проводять випробування;

г) встановлення і впровадження норм визнання сертифікатів інших держав;

д) встановлення інформаційного забезпечення споживачів товарів завдяки цілеспрямованим інформаційним фондам стандартів, сертифікатів, класифікацій, технічної, економічної інформації і центрів стандартизації [93; 344; 436].

В системі Державної стандартизації та сертифікації України діє державний контроль дотримання якості, що здійснює відповідна установа, яка має визначені форми, а також передбачає визначену відповідальність осіб підприємницької діяльності за недотримання стандартів та інших вимог. Державний контроль за дотриманням норм виконують Державний стандарт України і його територіальні установи, наприклад, Центри стандартизації, метрології і сертифікації. Необхідно зазначити, що керівники цих установ являються одночасно і головними державними інспекторами в Україні, республіці Крим або областях та містах з контролю якості. Інші спеціалісти цих установ являються державними інспекторами з якості.

Органи з державного контролю виконують такі функції [20; 40; 51]:

- а) перевірка дотримання норм;
- б) узагальнюють результати перевірки і інформують відповідні установи державної влади;
- в) забезпечують заходи для припинення недотримання стандартів, норм і правил;
- г) надають пропозиції для підвищення якості товарів.

Державний контроль проводиться за планами установ або за зверненнями приватних осіб у формі перевірки з дотриманням вимог законодавчих і нормативних документів або методом проведення вибіркового контролю стабільності якості сертифікованих товарів, правил їх випробування.

Об'єктом державного контролю можуть бути [50–51; 57; 100]:

- а) товари виробничого призначення, продукти харчування за стандартами і нормами;
- б) товари на експорт згідно стандартів і норм;
- в) імпорتنі товари згідно українських стандартів і норм, які відносяться до безпеки здоров'я, життя, майна людини та навколишньої природи;
- г) атестовані виробництва згідно з установленими вимогами сертифікації товарів [220]. Всі ці правила не виконуються повністю, оскільки

в Україні немає достатньої технічної і вимірювальної бази для виконання цього процесу.

В Україні система сертифікації являється дворядною, а саме:

- а) верхній ряд, який створюється державною системою сертифікації;
- б) нижній ряд, який створюється органами сертифікації, спеціалізованими за видами товарів, а також випробувальними лабораторіями.

За Декретом «Про стандартизацію і сертифікацію», обов'язкова сертифікація проводиться державною системою сертифікації. При такій сертифікації, перевірку проходять такі групи показників як взаємозамінність, безпека, ресурсозбереження і вплив на охорону середовища [117; 163]. Система УкрСЕПРО здійснює сертифікацію, яка проводиться за вимогами, законодавчими актами і іншими документами, міжнародними стандартами, що чинні в Україні, а також добровільну сертифікацію, яка проходить на добровільних засадах за вимогами, які не суперечать обов'язковим нормативним документам.

Знаки відповідності стандартам і сертифікатам вказують на відповідність продукції вимогам сертифікаційних установ. Знаки відповідності класифікуються як національні, міжнародні, галузеві і використовуються відповідно зі спеціальними правилами Державного стандарту України. Наприклад, ДСТУ 2296-93 означає знак відповідності для того, щоб позначити сертифіковану продукцію для інформування споживачів товарів, що продукція сертифікована за правилами УкрСЕПРО [228; 231].

В Україні встановлені такі знаки відповідності (рис. 7.1):

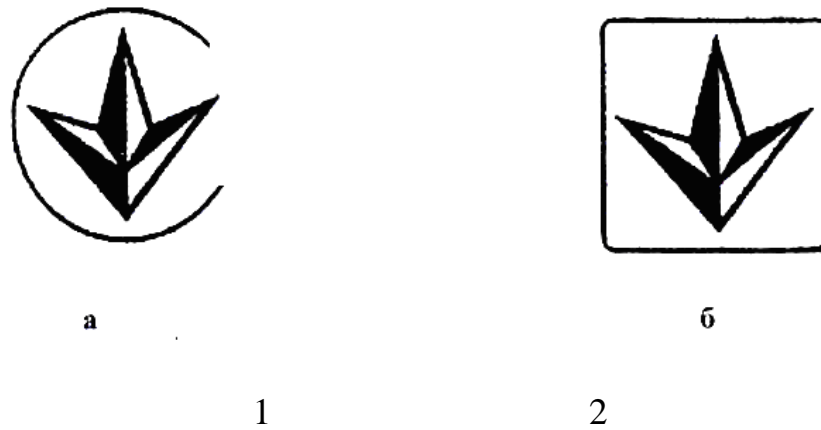


Рис.7.1. Знаки відповідності:

1) для товарів, які відповідають вимогам законодавчих і нормативних актів за законодавством України, за яким встановлюється «обов'язкова» сертифікація;

2) для товарів, які відповідають нормативним документам для даної продукції, а також які не проходять обов'язкової сертифікації але сертифіковані [362, с.54].

Для того, щоб визначити незалежність контролюючих лабораторій необхідно їх акредитувати, тобто офіційно визнати, що такі лабораторії можуть здійснювати випробування. Акредитація лабораторії означає визнання технічної компетентності і об'єктивності лабораторії. Акредитація являється позитивним елементом атестації лабораторії. Атестація – це перевірка лабораторії з метою показу її відповідності акредитації, коли визначається рівень діяльності лабораторії з визначеними параметрами і критеріями, що означає забезпеченість приладами, стандартними методами процедур, приміщенням для іспитів, правила безпеки, відповідність співробітників і їх кваліфікація [231; 294].

Наприклад, в залежності від порушення норм, покарання може бути [294; 323; 478]:

а) на випуск товарів науково-технічного, виробничого, споживчого призначення, які не відповідають стандартам і пройшли сертифікацію виплачується 25% від вартості продукції;

б) на реалізацію небезпечного товару без належного маркування і інструкції стосовно транспортування, експлуатації, а також імпортного товару, який не відповідає стандартам вилучається 50% від вартості;

в) на продаж товарів, які заборонені до випуску органами державного контролю. Товарів, які стали небезпечними через недотримання стандартів при їх виготовленні вилучається 100% від вартості цієї продукції.

Сплата штрафу не звільняє підприємців від відшкодування збитків споживачам товарів, які стали наслідком порушення норм поставки товарів. Серед методів забезпечення виробництва товарів, вагоме місце посідає підприємницький технічний нагляд за якістю. Головним завданням технологічного контролю являється забезпечення якості, який зафіксовано у документах, завдяки безпосередній оцінці продукції і впливу на основні чинники, які її формують. Вирішення цього завдання здійснюється за правильним вибором об'єктів і методів нагляду за якістю. Об'єктами контролю повинна бути вся виробнича система та її елементи (ресурси, виробничий процес, продукція).

Контроль ресурсів, а саме: матеріалів, знарядь праці, енергетики, інформації, обумовлено визначенням за їх якістю конкурентоздатності готової продукції. Якщо у виробничому процесі використовуються хоча б частки ресурсів низької якості, це приводить до непродуктивних витрат, тому контроль ресурсів повинен попереджати це.

Об'єктами контролю на початку виробництва повинні бути:

- а) якість матеріалів, деталей, заготовок, напівфабрикатів;
- б) справність вимірювальних приладів, завдяки яким виготовляється продукція і визначається її якість;
- в) технічна документація для технологічного процесу;
- г) спеціалісти з відповідним рівнем кваліфікації, які забезпечують якість роботи.

Показниками якості товарів являються кількісні характеристики властивостей товарів, які характеризують придатність товарів задовольняти

потреби. Для різних видів товарів однаковий показник може або не може бути показником якості. Показники якості характеризуються найменуваннями і чисельним значенням.

До сукупності одиниць продукції відносяться одиничні показники (швидкість, потужність, кінна сила). Комплексні показники можуть характеризувати декілька властивостей чи одну, що складається з простих. Поділ показників на одиничні та комплексні являється приблизним оскільки розподіл властивостей товарів умовний. Інтегральні показники показують відношення корисної ефективності від використання товарів до сумарних витрат на їх створення та експлуатацію. Широке впровадження при оцінці якості товарів виробничого призначення мають показники, які поєднані за властивостями. Показники призначення надають характеристику властивостям товарів, які визначають функції і обумовлюють галузь їх використання. Вони поділяються на показники: функціональності та технічної ефективності, наприклад, продуктивність верстата; конструктивності, наприклад, габаритні розміри і взаємозамінність; показники структури, наприклад, процентна концентрація домішок у кислотах. Показники надійності характеризуються властивостями довговічності.

Ергономіка характеризує систему «людина-товар-використання», а також враховують систему антропометричних, фізіологічних та психологічних характеристик людини і поділяються на такі групи [21, с.611]:

- а) гігієнічна (світло, температура, вібрація);
- б) антропометрична (конструкція товару відповідає розмірам і формам людини);
- в) фізіологічна (конструкція товару відповідає силі та швидкості людини);
- г) психологічна (товар має можливості сприйняття та переробки інформації).

Показник економічності визначає товар за рівнем матеріальних витрат і зайнятості спеціалістів на виробництві і експлуатації. Це може проявлятися в собівартості, ціні, рентабельності. Естетичний показник характеризує інформаційну і художню властивість виробу, а саме: стильова відповідність, відповідність часу і моді; відповідність форми її конструктивному рішенню, технології виготовлення і впровадження матеріалів; композиція як упорядкованість образотворчих складових. Показник технологічності надає відношення до конструкції продукції, яка визначає оптимальні витрати у виробництві і експлуатації та відновлює показники якості. Одиничними показниками технологічності являються трудомісткість, енергомісткість, експлуатація, ремонт. Показник стандартизації характеризує виріб як систему зі стандартних, уніфікованих елементів, якими являються деталі, агрегати, комплекси. Патентно-правовий показник визначає рівень патентної чистоти і захисту рішень, які використані у товарі, що визначає його конкурентоспроможність на ринку. Екологічний показник визначає ступінь шкідливих впливів на середовище під час експлуатації товару, до яких відносяться: шкідливі домішки, що викидаються в середовище; шкідливі гази і випромінювання, рівень яких не перевищує допустимого рівня. Показник безпеки характеризує особливі риси виробів, які повинні характеризувати безпеку людини. Ці показники повинні відображати вимоги до різних мір в форс-мажорних ситуаціях, не передбаченої правилами експлуатації. Визначальний показник приймає рішення щодо оцінки якості продукції та має такі властивості як характеристика одиничних і комплексних показників якості [57, с.415; 773–775].

Організувати метрологічне забезпечення якості необхідно для виконання процесу єдності, точності вимірювання продукції, матеріалів, процесів і характеристик обладнання. Нормативною і правовою базою метрологічного забезпечення являється Державна система вимірювання. Метрологічне забезпечення виконується і впроваджується відповідно з вимогами ДСТУ1:5-2003, державними і галузевими стандартами. Виконання

контролю і експерименти над продукцією повинні ґрунтуватися на маркуванні, пломбуванні, биркуванні, програмах забезпечення випробування.

Формування якості виробів формується в процесі виробництва і це викликає потребу ретельного контролю технологій виготовлення. Об'єктом контролю є дотримання трудової дисципліни, технології і складання продукції. При цьому операції контролю виконуються не тільки для визначення якості, але і для кількості тому, що порушення технології і трудової дисципліни спричиняє псування матеріалу, деталей і продукції. Контроль виробничої системи, наприклад, підприємства, містить основну задачу, а саме: попередження видачі бракованих виробів споживачу на тому ж підприємстві. Окрім того, такий контроль дає можливість визначати рівень виконання виробничих процесів для економічного результату виробництва. Витрати на контроль якості залежать від визначеного вибору та застосування різних методів використання.

Основними видами контролю якості на підприємстві є: організаційна форма; характер контрольних операцій; стадія виробничого процесу; вплив на технологічний процес; засоби контролю; місце здійснення. Характеристика контролю якості визначається відповідними термінами. Активним являється контроль якості, коли в процесі технологічного режиму виготовлення продукції, за допомогою контрольних технічних приладів, що вмонтовані в устаткування, а саме: автоматичних індикаторів, індукційних приладів, вимірювальних головок. Впровадження активного контролю попереджає появу і вихід заготовок і готових видів товару.

Міжнародною організацією зі стандартизації було опубліковано результати дослідження у 2008 р. стосовно кількості сертифікованих систем управління якістю (СУЯ), систем екологічного управління (СЕУ) на відповідність.

На кінець грудня 2008 р. нараховувалося 982832 сертифікати в 176 країнах. За 2008 р. їхня загальна кількість збільшилася на 31346 (3%) порівняно з 2007 р. Основні результати наведені в табл. 7.1, 7.2 [117; 635].

Таблиця 7.1

Кількість приросту сертифікатів в 176 країнах за 2004-2008 рр.

Світові результати	Грудень 2004	Грудень 2005	Грудень 2006	Грудень 2007	Грудень 2008
Загальна кількість	660132	773867	896929	951486	982832
Приріст	162213	113735	123062	54557	31346
Кількість Країн	154	161	170	175	176

Таблиця 7.2

Кількість СУЯ та СЕУ у розрізі деяких галузей промисловості в 176 країнах за 2004-2008 рр.

Галузь	2004 (СУЯ/ СЕУ)	2005 (СУЯ/ СЕУ)	2006 (СУЯ/ СЕУ)	2007 (СУЯ/ СЕУ)	2008 (СУЯ/ СЕУ)
Техніка і обладнання	39023/ 2900	44787/ 3868	46296/ 4554	54432/ 6018	30334/ 4990
Електричне та оптичне обладнання	51623/ 5074	57161/ 7218	59138/ 9423	73139/ 12420	42601/ 9339
Кораблебудування	972/45	1030/88	1192/90	1917/130	1526/130
Авіаційно-космічна промисловість	1045/84	967/99	1161/135	1113/170	1399/202
Продукти, напої, тютюнові	22036/	25737/	26879/	31060/	21608/

вироби	2388	3099	3331	4068	3662
Будівництво	71652/ 3551	82669/ 4660	80432/ 9095	95076/ 15060	76043/ 9696

Загальні результати сертифікації СУЯ у Європі та вибіркові дані за окремими країнами ЄС наведено в табл. 7.3, 7.4 [117; 635].

Таблиця 7.3

Кількість сертифікованих СУЯ у Європі за роками

	Грудень 2004	Грудень 2005	Грудень 2006	Грудень 2007	Грудень 2008
Кількість в Європі	320748	377196	414232	431479	455332
Частина у відсотках	48,59	48,74	46,18	45,35	46,33
Кількість країн	48	48	49	49	50

Таблиця 7.4

Приріст СУЯ за 2004-2008 рр.

Європа	2004	2005	2006	2007	2008
Україна	934	1375	1808	2150	2453
Російська Федерація	3816	4883	6398	11527	16051
Італія	84485	98028	105799	115359	118309

На кінець грудня 2008 р. було видано 188815 сертифікатів у 155 країнах. За 2008 р. їхня загальна кількість збільшилася на 34243 порівняно з 2007 р., коли кількість СЕУ становила 154572 в 148 країнах. Статистичні дані щодо сертифікованих СЕУ показані в табл. 7.5, 7.6 [250; 635].

Таблиця 7.5

Кількість сертифікованих СЕУ у світі за 2006-2008 рр.

Світові результати	2006	2007	2008
--------------------	------	------	------

Загальна кількість	128211	154572	188815
Приріст	17049	26361	34243
Кількість країн	140	148	155

Таблиця 7.6

Кількість сертифікованих СЕУ в деяких країнах за 2008 р.

Країна	Кількість сертифікованих СЕУ
Україна	123
Польща	1544
Франція	3482
США	4974
Німеччина	5709
Велика Британія	9455
Італія	12922
Японія	35573
Китай	39195

В Україні станом на 31.12.2009 р. СУЯ діють на 2600 підприємствах та організаціях, на 132 підприємствах діють СЕУ, на 112 підприємствах сертифіковане управління безпеки харчової продукції, а Держспоживстандартом щороку проводиться конкурс «100 кращих товарів України». Наприклад, у 2009 р. на його регіональному етапі взяли участь понад 1500 підприємств й організацій, у загальнодержавному – близько 200. Починаючи з 2006 р., Україна бере участь у конкурсі на здобуття премії Співдружності незалежних держав (СНД) за досягнення в якості. Конкурс має національний та міждержавний етапи. У національному етапі 2-го Конкурсу СНД 2008–2009 рр. взяли участь 26 підприємств та організацій з усіх регіонів України, у міждержавному – 8 підприємств, 6 з яких стало лауреатами: ТОВ «ДСД», ВАТ «Одеський кабельний завод «Одесакабель», ЗАТ «Севродонецьке об'єднання «Азот», ВАТ «Компанія «Полісся», «ДП

Центр сертифікації та контролю якості будівництва об'єктів нафтогазового комплексу національного науково-дослідного інституту промисловості безпеки праці» та Оздоровчо-лікувальний центр-пансіонат «Северный». Для впровадження Постанови Кабміну «Про затвердження Програми запровадження системи управління якістю в органах виконавчої влади» №614, (2006), Держспоживстандартом, Центрами стандартизації, метрології, сертифікації Державного споживчого стандарту, Головдержслужбою, Українською асоціацією якості надається постійна консультаційна й методична допомога стосовно впровадження і функціонування Системи якості. Держспоживстандартом спільно з Українською асоціацією якості розроблено Постанову для впровадження ДСТУ ISO9001-2001 «Система управління якістю». У 2009 р. Держспоживстандартом розроблено та введено в дію ДСТУ ІВА 4:2009 «Система управління якістю». Зважаючи на Постанови Міжнародної організації стандартизації щодо впровадження міжнародного стандарту ISO9001:2008, Держспоживстандартом затверджено стандарт ДСТУ ISO9001:2009 «Система управління якістю. Вимоги» (ISO9001:2008, IDT). Цей стандарт чинний з 01.09.2009 р [117; 250]. Україна значно відстає за кількістю запроваджених та сертифікованих СУЯ та інших систем, тому на сьогоднішній день є наявна потреба в активації науково-дослідницької роботи з підвищення якості української продукції. В дослідженні показані дані 2004–2009 рр., оскільки тільки у 2004 р. прийняли закони щодо управління якістю в Україні, а в 2009 р. затверджено ДСТУ ISO9001:2009 [635].

7.2.3. Формування законодавчої бази сертифікації.

Зародження законодавства в сфері сертифікації, промислового торгового знаку впроваджувалося вже з XVII ст. Наприклад, 22 квітня 1667 р. вийшов законодавчий документ «Новоторговий Устав» Московського князівства. Статут містив правові норми, які регулювали торгівлю і саме там вперше згадувалося клеймо. Яке у XVII ст. мало функцію митного знаку для розрізнення російських та інших товарів, а також для підтвердження оплати

збору. З впровадженням реформ царя Петра I, які сприяли швидкому зростанню промисловості, на товарах клеймо відіграло роль, яку виконує зараз товарний знак у нашому сприйнятті. У 1774 р. було видано перший Наказ «Про обов'язок клеймування всієї російської продукції особливими фабричними знаками» для відокремлення однієї від іншої, таким чином клеймо виконувало теперішню функцію знака. В 1830 р. в Росії затверджено правила клеймування, відповідальність за якість [29; 34].

В Російській імперії Закон «Про охорону товарних знаків» було прийнято у 1896 р., він діяв до 1917 р., а потім питання про товарні знаки знайшло відображення у Декреті Ради Народних Комісарів «О пошлине на товарные знаки», який було прийнято 15.08.1918 р. Декрет зобов'язував зареєструвати товарні знаки, які отримали правову охорону. В Україні в теперішній час охорона прав на товарні знаки зазначена в Законі «Про охорону прав на знаки для товарів», (1993). Паризькою конвенцією з охорони знаків, Угодою щодо міжнародної реєстрації знаків, що підписані у 1991 р., (чинні в Україні з 25 грудня 1991 р.). А також ряд законів і підзаконних актів, які регулюють сумлінне використання знаків з врахуванням національних інтересів, у тому числі Закон «Про мови», «Про наукову технічну експертизу» і інші нормативні акти [617, с.32].

В 1984 р. прийнято Постанову про сертифікацію продукції на експорт. Потім у 1986 р. Держстандарт увів порядок сертифікації для продукції машинобудування. У 1988 р. державами СЕВ підписано Конвенцію про затвердження системи якості продукції. Сертифікація в Росії почала проводитися в 1993 р. з прийняття закону «Про захист прав споживачів», який встановив обов'язок сертифікації безпеки товарів народного вжитку [516].

Закон України «Про захист прав споживачів», (1992) запровадив декілька принципово нових введень і положень, встановив права споживачів, які визначаються в багатьох розвинутих державах, а саме:

- а) право використовувати безпечні товари, послуги;

- б) право на отримання належної якості придбаної продукції, роботи, послуг;
- в) право на отримання відшкодування збитків, які були завдані товарами низької якості;
- г) право на надання судового захисту прав споживача;
- д) право на отримання достовірної інформації щодо продукції, послуг.

Закон «Про захист прав споживачів» забезпечує обов'язкову сертифікацію товарів. На продукцію, законодавством встановлюються вимоги безпеки життя людей, навколишньої природи. Реалізація продукції, послуг без сертифіката, що повинен підтверджувати відповідність стандартам, забороняється законодавством. З 1992 р. до цього Закону внесено зміни. Нова його редакція набула чинності у 2006 р. Потім цей Закон було адаптовано з Директивами Євросоюзу, що привело український захист прав людини до відповідності існуючим економічним і соціальним вимогам. Згідно Закону, передбачається відповідальність за порушення вимог до безпеки продукції. Якщо споживачу при дотриманні правил використання або транспортування продукції може завдатися шкода життю, майну, тоді виробник зобов'язаний припинити виробництво цієї продукції до уникнення причин шкоди, а у деяких випадках впроваджувати заходи щодо вилучення продукції з виробництва і відкликати продані товари. Виробник повинен буде відшкодувати збитки у повному обсязі. Виробник завжди зобов'язаний надавати інформацію про ризик і безпечність продукції знаками, що прийняті у міжнародній практиці. Закон України передбачає право людини на достовірну інформацію про виробника і виробництво, яке приймає претензії від споживача і виконує ремонтні роботи, обслуговування. Інформація повинна доводитися до споживача виробником у документації, яка надається разом з продукцією. Наприклад, на етикетці або іншим способом, що не завжди дотримується на сьогоднішній день в Україні і приводить до багатьох проблем в галузі захисту прав людей. Продукція харчування, яка була

упакована або розфасовані на території України, повинна теж забезпечуватися інформацією походження даного товару.

Висновки до розділу 7

В сьомому розділі «СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК СЕРТИФІКАЦІЇ В УКРАЇНІ (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ.)» показано зародження законодавства в сфері сертифікації, промислового торгового знаку, що походить ще з XVII ст., коли 22 квітня 1667 р. вийшов законодавчий документ «Новоторговий Устав» у Росії. Статут містив правові норми, які регулювали торгівлю і вперше згадувалося клеймо. Лише з впровадженням реформ Петра I, які сприяли швидкому зростанню промисловості, а клеймо відіграло роль товарного знаку. У 1774 р. було видано перший Наказ про клеймування всієї російської продукції особливими фабричними знаками» для відокремлення однієї від іншої, таким чином клеймо виконувало теперішню функцію. 1830 р. зазначалися точні правила клеймування і відповідальність за підробку. В Російській імперії Закон про охорону товарних знаків було прийнято у 1896 р., який діяв до революції 1917 р. Потім питання про товарні знаки знайшло відображення у Декреті Ради Народних Комісарів «О пошлине на товарные знаки», який було прийнято 1918 р. В 1965 р. у СРСР було засновано Всеросійський науково-дослідний інститут сертифікації (ВНДІС), який займався питаннями сертифікації, стандартизації і метрології. В СРСР сертифікація почала розвиватися в 1979 р. з прийняття Постанови ЦК КПРС про поліпшення планування й посилення впливу господарського механізму на підвищення і якості. В 1984 р. прийнято Постанову про сертифікацію продукції на експорт. Контроль стандартів виконує Державний стандарт України.

Закон про захист прав споживачів, (1992) запровадив декілька принципово нових введень і положень, встановив права споживачів, які визначаються в багатьох розвинутих державах. У 2004 р. прийнято закон

управління якістю, а в 2009 р. затверджено ДСТУ ISO9001:2009. В Україні функціонує національна система сертифікації (УкрСЕПРО), основу якої складають державні стандарти України, в основному з 1996 р. Для того, щоб набути іміджу надійного партнера на ринку обумовлено перехід на ЕА.

Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [689; 703; 707; 716; 719; 725].

ВИСНОВКИ

У висновках узагальнено результати дослідження, зазначено наукове та практичне значення одержаних результатів:

1. Вперше проаналізовано ступінь вивченості та стан наявної джерельної бази досліджуваної проблеми. Аналіз зроблено на основі історико-наукового підходу, а джерела вивчено за типолого-видовою класифікацією. Історіографію метрології, стандартизації і сертифікації умовно було поділено на: літературу до ХХ ст., літературу 1900–1959 рр., літературу 1960–1982 рр. та літературу з 1983 р. до сьогодення. Цей розподіл проведено відповідно до розробленої періодизації історії метрології, стандартизації та сертифікації.

2. Вперше проаналізовано поняття, зміст та завдання метрології, стандартизації і сертифікації на протязі століття. Виявлено, що у ранніх визначеннях метрологією називали зібранням відомостей про міри, ваги і монети. У пізніх працях переважно стверджувалося, що метрологія є наукою про вимірювання або вчення про міри. Проведений аналіз цих визначень привів до висновку, що поняття «метрологія» необхідно розглядати в широкому та вузькому значеннях. В широкому значенні метрологію можна визначити як розділ фізики про вимірювання різних фізичних величин, методи і засоби, які забезпечують їх повсюдну єдність та відповідну точність, про утворення одиниць вимірювання фізичних величин і їх систем, створення еталонів цих одиниць, уточнення фундаментальних фізичних сталих. Всі основні результати в метрології одержано в основному фізиками і в рамках фізики, це підтверджує, що метрологія є розділом фізики. Метрологію у вузькому значенні визначено як технічну дисципліну, що займається створенням еталонів і зразкових вимірювальних засобів та їх перевіркою.

3. Вперше розроблено періодизаційну схему метрології, стандартизації і сертифікації в хронологічних межах з III тис. до н.е. – XX ст., в якій виділено наступні періоди: період донаукової метрології, або передісторія метрології (III тис. до н. е.– 1582 р.); становлення метрології як науки, перші уявлення про стандартизацію і сертифікацію (1583–1686); період класичної метрології, становлення прикладної стандартизації і сертифікації (1687–1899); період некласичної метрології (1900–1924); період квантової метрології, становлення і розвиток стандартизації та становлення сертифікації (1925–до сьогодні).

4. Вперше в контексті світової науки відтворено передісторію метрології в Україні до XVIII ст., перші еталони, клейма, вавилони, досліджено передісторію стандартизації в XVIII–XIX ст.ст., а також становлення прикладної метрології. З'ясовано значення підписання Міжнародної метричної конвенції для Російської імперії і внесок

Д.І.Менделєєва в метрологію. Встановлено, що підґрунтям розгортання досліджень у галузі метрології стали праці А.І.Ламберті «О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с иностранными» (1827) і Ф.І.Петрушевського «Общая метрология» (1849), концепції яких були сприйняті і набули подальшого розвитку в Російській імперії.

5. Вперше систематизовано існуючі фрагментарні дані з історії прикладної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні і Росії, зокрема з праць І.П.Бабенка, Б.І.Барановського, М.П.Бауера, Л.М.Брянцева, Г.Д.Бурдуна, О.Д.Гатцука, Б.А.Грицька, О.О.Гурштейна, М.Н.Гутера, Г.Г.Деметца, О.М.Доброхотова, Е.Е.Зульфугарзаде, О.І.Каменцевої, І.І.Кауфмана, М.Ф.Котляра, Ю.В.Павленка, М.Г.Паукера, О.О.Пілецького, Д.І.Прозоровського, Б.О.Рибакова, В.С.Савчука, Я.Г.Сеника, О.Ф.Сидоренко, О.Д.Хвольсона, Ю.О.Храмова, Л.В.Черепніна, В.М.Шарапова, В.А.Шендеровського, М.О.Шостіна, В.Л.Яніна та інших.

6. Вперше до наукового обігу введено нові та маловідомі імена і факти з метрології, стандартизації і сертифікації, зокрема матеріали про діяльність учених А.І.Зволинського, І.Ф.Зубарева, І.М.Долбенкіна, Г.І.Джапарідзе, В.А.Дмітрієва, Є.О.Давидовича, Х.А.Каюмової, О.Намжила та ін. Виявлено розробки, які вплинули на розвиток прикладної метрології – мікроелектронний датчик тиску і температури, який забезпечує оперативний контроль, діагностику характеристик чутливих елементів і вимірювальних модулів (П.Г.Михайлов); п'єзоелектричні датчики вимірювання будь-яких фізичних величин (В.М.Шарапов); метод лазерної обробки для операцій контурного різання (В.П.Котляров та ін.); конструкції сканерів, що дозволили опромінювати ділянки тіла будь-якої форми (В.П.Котляров, Хамідреза Салаваті) тощо.

7. Вперше реконструйовано становлення та розвиток метрології, стандартизації, сертифікації в Україні в XVIII–XX ст., показано роль регіональних науково-дослідних метрологічних осередків в Україні в кінці

XIX – на початку XX ст. у започаткуванні досліджень з метрології, створенні еталонів, стандартів і нормативної бази, виготовлення еталонних мір – Повірочних палаток мір і ваги в Харкові, Києві, Катеринославі та Одесі, Повірочної камери в Одесі (А.І.Зволинський, І.Ф.Зубарєв, 1882), фізичної лабораторії в Київському політехнічному інституті (Г.Г.Де-Метц, 1901).

8. Вперше проаналізовано розвиток метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в складі СРСР в межах запропонованої хронології: передісторія прикладної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні (IV ст. до н.е. – XVII ст.); становлення прикладної метрології, перші уявлення зі стандартизації і сертифікації в Україні (XVIII – перша чверть XIX ст.); запровадження, розвиток і інституціоналізація прикладної та законодавчої метрології, становлення стандартизації і сертифікації в Україні з 30-х років XIX до 1950-х рр.; історія сучасної квантової і прецизійної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в другій половині XX ст. Доведено, що завершальний етап становлення стандартизації відбувся у 1920-х р., показано роль у цьому процесі О.Д.Гатцука А.Н.Баха, І.М.Губкіна, Г.М.Кржижановського, Д.М.Прянішнікова, проведено аналіз законодавчих основ стандартизації та висвітлено процес становлення сертифікації в Україні (1965–1980-х рр.). Визначено етапи цього процесу в XX ст.: стихійна сертифікація (до 1960-х рр.), організація національної сертифікації й управління якістю (1965-1980-х рр.).

9. Вперше відтворено розвиток метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в період її Незалежності. Показано роль прийняття в 1993 р. України в члени Міжнародної організації зі стандартизації ISO та Міжнародної електротехнічної комісії ІЕС. Це дало право Україні брати активну участь у міжнародній метрологічній діяльності, організувати державну систему стандартизації і сертифікації. Показано, що основні метрологічні центри України «Укрметртестстандарт», «Харківстандартметрологія», «Дніпростандартметрологія», «Одесастандартметрологія», «Львівстандартметрологія» стали визнаними

координуючими центрами з проблем метрологічного забезпечення, стандартизації та сертифікації.

10. Вперше проаналізовано та узагальнено законодавчу базу прикладної метрології, стандартизації і сертифікації в Україні – від указів, торговельних, сошних і митних книг, клейм до стандартів, еталонів, норм і сертифікатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрагамсон А. Киевский политехнический институт императора Александра II / А. Абрагамсон. – М., 1898. – 54 с.
2. Агабатов Х. А. История физики / Агабатов Х. А. – М. : Учпедгиз, 1960. – 208 с.
3. Агапов А. Б. Административное право / А. Б. Агапов. – [6-е изд., перераб. и доп]. – М. : Издательство Юрайт, 2009. – 813 с.
4. Азизов А. М. Точность измерительных преобразователей / А. М. Азизов, А. Н. Гордов. – Л. : Энергия, ЛО, 1975. – 256 с.

5. Aures A. Mémoire, rédigé pour compléter la détermination des mesures agraires de longueur et de superficie autrefois en usage chez les Assiriens / Aures A. – Nîmes, 1891. – 371 p.
6. Airy W. On the origin of the British measures of capacity weight and length, "Minutes of proceedings of civil engineers" / W. Airy. – L., 1909. – v. 177.
7. Анохин А. В. Монетное дело Херсонеса / А. В. Анохин. – Киев : Наукова думка, 1977. 206 с.
8. Alexandrov U. I. On the definition of Freezing Point in the ITS-90 / U. I. Alexandrov, A. G. Ivanova, A. I. Pokhodun // Metrologia. – 1993. – № 30. – P. 49–52.
9. Алексеев С. С. Философия права : история и современность, проблемы, тенденции, перспективы / С. С. Алексеев. – М. : Норма, 1999. – 329 с.
10. Алиева Ф. З. Новый платиновый термометр сопротивления для измерения высоких температур / Ф. З. Алиева // Измерительная техника. – 1964. – № 6. – С. 21–22.
11. Алиев Т. М. Измерительная техника : [учеб. пособие для техн. вузов] / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
12. Ализаде М. Ф. История использования контрольно-измерительных приборов на предприятиях нефтедобычи, нефтепереработки и нефтехимии Апшерона : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 07.00.10., 02.00.13. / М. Ф. Ализаде. – Уфа, 2003. – 21 с.
13. Аматауни А. Н. Методы и приборы для определения температурных коэффициентов линейного расширения материалов / Аматауни А. Н. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 140 с.
14. Ананьич Б. В. Власть, предпринимательство и наука в России в конце 19 - начале 20 веков : к истории развития производительных сил / Б. В. Ананьич // Власть и наука, ученые и власть : 1880-е – начало 1920-х годов. СПб. : Дм. Буланин, 2003. – С. 13–25.
15. Андриевский К. Н. История и методология физики / К. Н. Андриевский, Э. Г. Шипатов. – Ульяновск, 2000. – 204 с.

16. Ансельм А. И. Очерки развития физической теории в первой трети XX века / А. И. Ансельм. – М. : Наука, 1986. – 244 с.
17. Антонович В. В. О промышленности Юго-Западного края в XVIII столетии / Антонович В. В. – М., 1873. – Компакт № 8. – 13 с.
18. Аристотель. Физика / Аристотель ; [пер. В. Карпова]. – [2-е изд.]. – М. : Соцэкгиз, 1937. – 230 с.
19. Аронов И. З. Почему знак обращения на рынке – не маркировка СС? / И. З. Аронов // Стандарты и качество. – 2005. – № 1. – С. 32–33.
20. Артемьев Б. Г. Справочное пособие (для работников метрологических служб) : в 2-х кн. / Б. Г. Артемьев, С. М. Голубев. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 582 с.
21. Артемьев Б. Г. Справочное пособие для специалистов метрологических служб / Б. Г. Артемьев, Ю. Е. Лукашев. – М. : Издательство стандартов, 2004. – 648 с.
22. Архив Д. И. Менделеева. Автобиографические материалы. Сборник документов / [сост. Менделеева М. Д., Кудрявцева Т. С.]. – Л : Изд-во ЛГУ, 1951. – 206 с.
23. Архимед. Сочинения / Архимед ; [пер., вступ. стат. и коммент. И. Веселовского]. – М. : Физматгиз, 1962. – 640 с.
24. Ахиезер А. И. Элементарные частицы / А. И. Ахиезер, М. П. Рекало. – М. : Наука, 1986. – 256 с.
25. Ахиезер А. И. Исаак Ньютон : величие научного подвига / А. И. Ахиезер, Д. П. Белозоров, А. С. Филоненко // Наука і наукознавство. – К., 1998. – № 3. – С. 58–72.
26. Ахиезер А. И. От квантов света до цветных кварков / А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский. – К. : Наук. думка, 1993. – 121 с.
27. Ахиезер А. И. Развивающаяся физическая картина мира / Ахиезер А. И. – Харьков : ННЦХФТИ, 1998. – 338 с.
28. Ахієзер О. І. Еволюція фізичної картини світу / Ахієзер О. І. – Київ : Наук. думка, 1973. – 90 с.

29. Бабенко И. П. Метрология (Мероведение) / Бабенко И. П. – СПб. – 1905. – 89 с.
30. Бабенко И. П. Монеты, меры и веса всех стран и народов (в сравнении русскими) / Бабенко И. П. – СПб, 1905. – 59 с.
31. Базаров И. П. Методологические проблемы статистической физики и термодинамики / И. П. Базаров. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 87 с.
32. Базаров И. П. О дополнителности в квантовой механике и статистической физике / И. П. Базаров // История и методология естественных наук. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – Вып. XXVI. – С. 44–46.
33. Бездробний Ю. Видатні українські вчені у світовій науці : Стислий довідник / Ю. Бездробний, В. Козирський, В. Шендеровський. – К. : ТОВ «Праймдрук», 2012. – 107 с.
34. Базилевич К. В. Таможенные книги как источник экономической истории СССР / К. В. Базилевич // Проблемы источниковедения. – 1933. – № 1. – С. 5–12.
35. Барановська Н. П. Соціальні та економічні наслідки Чорнобильської катастрофи / Барановська Н. П. – К. : Ін-т історії України НАН України, 2001. – 95 с.
36. Барановська Н. П. Суспільний вимір чорнобильської катастрофи / Н. П. Барановська // Український історичний журнал. – К. : Дієз-продукт, 2006. – № 2. – С. 129–145.
37. Барановська Н. П. Чорнобильська катастрофа в публікаціях / Барановська Н. П. – К. : Ін-т історії України НАН України, 2004. – 207 с.
38. Барановський Б. И. Эталонная база Украинской ССР в одиннадцатой пятилетке / Б. И. Барановський, Г. Г. Топольницкий // Измерительная техника. – 1982. – № 12. – С. 23–24.
39. Баринов В. А. Современное состояние эталонов длины и методы точного измерения длины / Баринов В. А. – Л. : Изд-во ВНИИМ, 1941. – 120 с.

40. Басаков М. И. Основы стандартизации, метрологии, сертификации : 100 экзаменационных ответов / Басаков М. И. – М. – Ростов-на-Дону : Издательский центр «МарТ», 2003. – 256 с.

41. Бас В. Н. Концептуальные основы контрольно-надзорной деятельности / В. Н. Бас, С. Ю. Лосев, В. А. Такташов // Стандарты и качество. – 2004. – № 6. – С. 21–24.

42. Бауэр Н. П. Денежный счет в духовной новгородца Климента и денежное обращение в Северо-Западной Руси XIII в. / Н. П. Бауэр // Проблемы источниковедения / Н. П. Брауэр. – М. – Л., 1940. – Вып. III. – С. 175-203.

43. Бахрах Д. Н. Административное право / Бахрах Д. Н., Россинский Б. В., Стариков Ю. Н. – [3-е изд., пересмотр. и доп.]. – М. : Норма, 2007. – 816 с.

44. Белоусов Ю. М. Курс квантовой механики. Нерелятивистская теория / Белоусов Ю. М. – М. : МФТИ, 2006. – 408 с.

45. Беляев Н.Т. О древних и нынешних русских мерах протяжения и веса / Н. Т. Беляев // Seminarium Kondakovianum. – Прага, 1917. – Т. 1. – С. 258-260.

46. Беклемишев А. В. Меры и единицы физических величин / Беклемишев А. В. – М. : Гос изд-во технико-теоретической литературы, 1954. – 283 с.

47. Березенко М. П. Метрологія : історія і сьогодення / Березенко М. П., Головка Д. Б., Савчук Н. Г. – К. : Київ. нац. ун-т технолог. і диз., 2002. – 174 с.

48. Берков В. И. Технические измерения (альбом) : [учеб. пособие] / Берков В. И. – М. : Высшая школа, 1977. – 232 с.

49. Бернал Дж. Наука в истории общества / Дж. Бернал. – М. : Изд-во иностр. лит., 1956. – 735 с.

50. Берновский Ю. Н. Стандарт организации – нестандартный стандарт / Ю. Н. Берновский // Стандарты и качество. – 2007. – № 5. – С. 32–35.

51. Берновский Ю. Н. Технические условия в условиях технического регулирования / Ю. Н. Берновский // Стандарты и качество. – 2003. – № 1. – С. 44–46.

52. Буйских А. В. О стандартах линейных мер в строительно-каменетесном деле Херсонеса IV – II вв. до н. э. / А. В. Буйских // Античный мир и археология. – Саратов, 1999. – Вып. 10. – С. 95–100.

53. Бесов Л. М. Історія науки і техніки з найдавніших часів до кінця ХХ ст. / Бесов Л. М. – [2-е вид. перероб. і доп.]. – Харків : ХДПУ, 2000. – 251 с.

54. Бесов Л. М. Історія науки і техніки / Бесов Л.М. – Харків : НТУ «ХП», 2005. – 376 с.

55. Бесфамильная Л. В. Оценка экономической эффективности метрологических служб / Л. В. Бесфамильная, И. Б. Курников. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 234 с.

56. Биргер И. А. Принципы построения норм прочности и надежности в машиностроении / И. А. Биргер // Весник машиностроения. – 1988. – № 7. – С. 3–5.

57. Бичківський Р. В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / Р. В. Бичківський, П. Г. Столярчук – Львів : Львівська політехніка, 2004. – 560 с.

58. Birch J. Benefit of Legal Metrology for the Economy and Society : A study for the International Committee of the Legal Metrology / Birch J. – Report. – OIML. – 2004. – 83 p.

59. Блаватский В. Д. Греческая скульптура / Блаватский В. Д. – М.–Л. : Искусство, 1939. – 212 с.

60. Бланк М. В. История компьютерной индустрии США (1945-2002): дис. ... кандидата ист. наук : 07.00.10 / Бланк М. В. – Томск, 2003. – 165 с.

61. Блохинцев Д. И. Пути развития теоретической физики в СССР / Д. И. Блохинцев // Успехи физических наук. – 1947. – № 33. – С. 285–293.

62. Блумбах Ф. И. Данные о выверке мер и весов в Сибири / И. Ф. Блумбах // Временник Главной палаты мер и весов. – 1897. – Ч. 3. – С. 124–132.

63. Богданов В. В. Истории обыкновенных вещей / Богданов В. В. – М. : Педагогика-Пресс, 1992. – 208 с.

64. Боголюбов А. Н. Высшее техническое образование / А. Н. Боголюбов, С. М. Великая // История механики в России. – К. : Наук. думка, 1987. – С. 228–231.
65. Боголюбов Н. Н. Лекции по квантовой статистике / Боголюбов Н. Н. – К. : Наук. думка, 1949. – 298 с.
66. Богорош А. Т. Влияние физических воздействий на скопление и миграцию примесных кластеров / А. Т. Богорош // ДНАНУ. – 1999. – № 3. – С. 75–79.
67. Богорош О. Т. Моделирование магнитного контроля гетероструктур / О. Т. Богорош, П. О. Стеблянко // Математические проблемы технической механики – 2006 : Международ. науч. конф., 17-20 апр. 2006 г. : материалы. – Днепропетровск, Днепродзержинск, 2006. – С. 81–82.
68. Боднер В. А. Измерительные приборы : в 2-х т. / В. А. Боднер, А. В. Алферов. Т. 1. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 392 с.
69. Боднер В. А. Измерительные приборы : в 2-х т. / В. А. Боднер, А. В. Алферов. Т. 2. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 224 с.
70. Большая Российская энциклопедия : [в 30 т.] / [науч. ред. Осипов Ю. С., отв. ред. Кравец С. Л.]. – М. : науч.изд., 2004 – . –
Т. 13 : Канцелярия конфискат – Киргизы, 2009. – 782 с.
Т. 17 : Лас-Тунас – Ломоносов, 2010. – 788 с.
71. Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / [ред. Прохоров А. М.]. – 3-е изд. – М. : «Советская энциклопедия», 1969–1978 – . –
Т. 16 : Мезия – Моршанск, 1974. – 615 с.
Т. 23 : Сафлор – Соан, 1976. – 638 с.
Т. 24 (Кн. 1) : Собаки – Струна, 1976. – 607 с.
72. Большая советская энциклопедия : [в 66 т.] / [ред. Шмидт О. Ю.]. – 1-е изд. – М. : «Советская энциклопедия», 1926–1947 – . –
Т. 39 : Мерави – Момоты, 1938. – 751 с.
73. Большой академический словарь русского языка : [в 20 т.] / [ред. Горбачевич К. С.]. – М.–СПб. : Наука, 2004– . –

Т.9 : Медяк–Мячик. – 2008. – 658 с.

74. Большой толковый словарь официальных терминов : более 8 000 терминов / [сост. Фединский Ю. И.]. – М. : ООО «Издательство Астрель» : ООО «Издательство АСТ», ООО «Транзиткнига», 2004. – 1165 с.

75. Большой толковый словарь русского языка / [ред. С. Кузнецов]. – СПб. : Норинт, 2001. – 1536 с.

76. Боплан Г. де В. Опис України / Боплан Г. де В. ; [пер. з франц. В. Косинка]. – Львів : НВП “Мета”, 1998. – 180 с.

77. Борисенко В. Г. Метрологическое обеспечение строительного производства : справочник строителя / В. Г. Борисенко, Ф. В. Андреев. – М. : Стройиздат, 1990. – 160 с.

78. Борисюк І. Історія розвитку найдавніших українських назв професій / Іван Борисюк // Київська старовина. – 2000. – № 2. – С. 135–140.

79. Бор Н. Избранные научные труды : в 2-х т. / Н. Бор. – М. : Наука, 1971. – Т.2. – С. 30–53.

80. Борн М. Физика в жизни моего поколения / М. Борн. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 535 с.

81. Bortolotti P. Del primitivo Cubito Egizio e de suoi geometrici rapporti colle altre unità di misura e di peso egiziane e straniere / Bortolotti P. – Modena, 1878. – 214 p.

82. Böckh A. Metrologische Untersuchungen über Gewichte Münzfüsse und Masse des Alterthums in ihrem Zusammenhange / Böckh A. – В., 1838. – 248 p.

83. Бояринцев В. И. Проблема причинности в физике / В. И. Бояринцев // Тр. Донецк. Политехн. ин-та. – 1960. – Т. 57. – Вып. 1. – С. 21–39.

84. Брегель Ю. Материалы по метрологии средневековой Средней Азии / Брегель Ю. ; [пер. с немец. Е. А. Давидович]. – М., 1970. – 79 с.

85. Бреди Р. А. Промышленная стандартизация / Бреди Р. А. – Л.–М. : Стандартизация и рационализация, 1932. – 145 с.

86. Бржезицький В. О. Характеристики вимірювача напруженості електричного поля / В. О. Бржезицький, Я. В. Неділько, В. І. Хомініч // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 5. – С. 41–44.

87. Бриллюэн Л. Термодинамика, статистика и информация / Л. Бриллюэн // Успехи физических наук. – 1962. – Т. 77. – С. 338.

88. Brush S. G. Kinetic theory. 1. The nature of gases and heat / S. G. Brush. – N.Y. : Pergamon press, 1965. – 181 p.

89. Brush S. G. Kinetic theory. 2. Irreversible processes / S. G. Brush. – N.Y. : Pergamon press, 1966. – 243 p.

90. Brush S. G. Kinetic theory : The Chapman-Enskog solution for moderately dense gases / S. G. Brush. – 1972. – Oxford : Pergamon press. – Vol. 3. – 283 p.

91. Brooks Nathan M. Mendeleev and Metrology / Nathan Brooks // Ambix. The journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry. – 1998. – Vol. XLV. – P. 116–128.

92. Брукс Н. Д. И. Менделеев как экономический советник российского правительства / Н. Брукс // Власть и наука, ученые и власть : 1880-е – начало 1920-х годов. – СПб. : Дм. Буланин, 2003. – С. 26–40.

93. Брюханов В. А. Проблемы нормирования погрешности измерений в документах, регламентирующих измерительные процедуры / В. А. Брюханов, У. В. Маркова // Законодательная и прикладная метрология. – 1997. – № 6. – С. 42–48.

94. Брянский Л. История Бретейского павильона / Л. Брянский // Журнал наука и жизнь. – 2000. – № 7. – С. 14–16.

95. Брянский Л. Н. Краткий справочник метролога : справочник / Л. Н. Брянский, А. С. Дойников. – М. : Издательство стандартов, 1991 – 79 с.

96. Брянский Л. Н. Метрология и сертификация / Л. Н. Брянский // Законодательная и прикладная метрология. – 1997. – № 1. – С. 38–39.

97. Брянский Л. Н. Непричесанная метрология / Брянский Л. Н. – М. : Менделеево. – 2008. – 276 с.

98. Брянцев Л. Н. Российская метрология эпохи Романовых / Л. Н. Брянцев // Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2006. – № 1. – С. 8–11.
99. Буравльов Є. Сума технологій як передумова сталого розвитку / Є. Буравльов // Вісник НАН України. – 2001. – № 5. – С. 26–33.
100. Бурдун Г.Д. Основы метрологии. – [3-е изд.] / Г. Д. Бурдун, Б. Н. Марков. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 256 с.
101. Бурдун Г.Д. XI Генеральная конференция по мерам и весам / Г. Д. Бурдун // Успехи физических наук : Совещания и конференции. – Т. LXXVI. - Вып. 2. – 1962. – С.383–390.
102. Бурдун Г. Д. Современные международные метрологические работы / Г. Д. Бурдун // Успехи физических наук. – Т. LXII. - Вып. 3. – 1957. – С.357–366.
103. Вайскопф В. Физика в XX столетии / Вайскопф В. – М. : Атомиздат, 1977. – 269 с.
104. Вальдгауер О. Ф., Античная скульптура / Вальдгауер О. Ф. – П. : . Брокгауз-Ефрон, 1923. – 171 с.
105. Вамбери А. Путешествие по Средней Азии / А. Вамбери // Рос. акад. наук Институт востоковедения. – М., 1970. – С. 29–36.
106. Васильев В. Н. Организационно-экономические основы гибкого производства / В. Н. Васильев, Т. Г. Садовская. – М. : Высшая школа, 1988. – 272 с.
107. Введенский А. А. Фальсификация документов в Московском государстве XVI-XVII вв. / А. А. Введенский // Проблемы источниковедения. – М. – Л., 1933. – Вып. 1. – С. 100–107.
108. Величко О. Всесвітня історія метрології: від давнини до кінця XIX століття / Олег Величко. – К. : «Основа», 2005. – 416 с.
109. Величко О. М. Оптимізація багаторівневої системи стандартизації національного рівня в галузі метрології (теорія і практика): дис. ... доктора техн. наук : 05.01.02 / Величко Олег Миколаєвич. – К., 2007. – 286 с.

110. Величко О. М. Основи метрології, стандартизації та контролю якості / О. М. Величко, І. І. Дудич. – Ужгород : Видавничий центр УЖДУ, 1998. – 284 с.
111. Величко О. Сучасний стан гармонізації національних стандартів України з документами і рекомендаціями OIML / О. Величко, С. Проненко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 4. – С. 18–23.
112. Веселовский С. Б. Сошное письмо / Веселовский С. Б. – М., 1915. – 112 с.
113. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление / Вернадский В. И. ; [Отв. ред. А.Л.Яншин, АН СССР]. – М.: Наука, 1991. – 270 с.
114. Витте С. Ю. Воспоминания / Витте С. Ю. – М. : Изд-во социально-экономической литературы, 1960. – 555 с.
115. Віткін Л. Європейська стандартизація. Погляд у майбутнє / Л. Віткін, О. Сирота // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 3. – С. 8–15.
116. Віткін Л. Інфраструктура якості Німеччини як приклад формування сучасної системи технічного регулювання України / Л. Віткін, Б. Баласинович // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 1. – С. 45–50.
117. Віткін Л. Світовий досвід упровадження та сертифікації систем управління / Л. Віткін // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 2. – С. 43–49.
118. Власов А. Д. Единицы физических величин в науке и технике : справочник / А. Д. Власов, Б. П. Мурин. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
119. ВНИИМС 100 лет. Сборник очерков и воспоминаний / [ред. Асташенкова А. И.]. – М., 2000. – 304 с.
120. Володарский В. Я. Об идеологии метрологической терминологии / В. Я. Володарский // Законодательная и прикладная метрология. – 2004. – № 6. – С. 26–35.
121. Володарский В. Я. Что такое «средства измерений»? / В. Я. Володарский // Законодательная и прикладная метрология. – 2004. – № 3. – С. 31–34.

122. Woolhouse W. S. Measures, weights and moneys of all nations / Woolhouse W. S. – L., 1890. – 189 p.
123. Воронина В. Л. К вопросу о древней метрологии в Средней Азии / Воронина В. Л. – К. : КСИИМК, 1951. – 57 с.
124. Временные правила для поверки водомеров мер и весов // Временник Главной палаты мер и весов. – 1903. – Ч. 6. – С. 117–118.
125. Wyrozumski J. Kwartalnik historii kultury materialnej / Wyrozumski J. – Warszawa, 1968. – S. 185–186.
126. Вчені Інституту історії України : біобібліографічний довідник / [авт.-уклад. С.І. Білокінь, П.М. Бондарчук, Г.С. Брега та ін.]. – К. : НАН України. Ін-т історії України : Серія «Українські історики», 1998. – Вип. 1. — 424 с.
127. Гаджиев С. Н. Бомбовая калориметрия : научно-популярная литература / Гаджиев С. Н. – М. : Изд-во Химия, 1988. – 188 с.
128. Галилей Г. Избранные труды : Звездный вестник : в 2 т. / Галилей Г. – [сост. У. И. Франкфурт]. – М. : Наука, 1964. – Т. 1. – 645 с.
129. Ганчо В. Суднобудування в Україні: сучасний стан стандартизації та сертифікації / Ганчо В. // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 2. – С. 17–19.
130. Гапеева Т. Ф. Музей истории метрологии в метрологическом центре Д.И.Менделеева / Т. Ф. Гапеева // Научное и педагогическое наследие Д. И. Менделеева и его роль в истории культуры страны : материалы Первой Всесоюзной конференции по менделеевоведению. – Тюмень-Тобольск, 1991. – С. 233.
131. Гастев А. Стандартизация, как наука / Гастев А. // Вестник стандартизации. – 1934. – № 6. – С. 4.
132. Гейзенберг В. Шаги за горизонт / В. Гейзенберг. – [пер. с нем. А.В.Ахутин ; общ. ред. и вступ. ст. Н.Ф.Овчинникова]. – М. : Прогресс, 1987. – 368 с.

133. General conference on weight and measures – Режим доступу : http://en.wikipedia.org/wiki/General_conference_on_weight_and_measures.

134. German standardization strategy // Ruksaldruck Gmbn&Co. – Berlin, 2004. – 31 p.

135. Герц Г. Из первых лет квантовой физики / Г. Герц // Успехи физических наук. – 1977. – Т. 122. – С. 497–511.

136. Ginak E.B. Collection of Foreign Reference Measures and Its Role in the History of Metrology / E. B. Ginak // XVIII International Scientific Instrument Symposium. Abstracts and materials. – Moscow, 1999.

137. Гинак Е. Б. Метрологическая реформа Д. И. Менделеева : конец XIX-начало XX вв.: дис. ... кандидата ист. наук : 07.00.10 / Гинак Елена Борисовна. – Москва, 2008. – 190 с.

138. Герасименко Н. Проблеми історичної метрології у науковій спадщині Б. Рибаківа / Н. Герасименко // Спеціальні історичні дисципліни. – К. : Інститут історії України, 2011. - № 19. – С. 184.

139. Гинзбург В. Л. К истории открытия и изучения сверхпроводимости / В. Л. Гинзбург // Вопросы истории естествознания и техники. – 1980. – № 1. – С. 44–56.

140. Гинзбург В. Л. Современная астрофизика / Гинзбург В. Л. – М. : Наука, 1970. – 192 с.

141. Gunter R. M. Messteuerung an NC Werkzeugmaschinen / R. M. Gunter // TZ Metallbearbeitung. – 1984. – № 5. – S. 21–28.

142. Гінзбург М. Досвід Республіки Білорусь з технічного регулювання та стандартизації / М. Гінзбург // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 1. – С. 23–27.

143. Глебова А. М. Перший український академік-фізик / А. М. Глебова, Ю. О. Храмов // Вісник Національної академії наук України. – 1999. – № 1. – С. 59–66.

144. Глушкова О. Г. Метрологическое обеспечение / О. Г. Глушкова, Н. Я. Медовикова, Н. Н. Рейх. – Режим доступа до книги : <http://quality.eur.ru/METROL/mo.htm>.

145. Голінка І. Розвиток стандартизації на міжнародному, регіональному та національному рівнях / Голінка І. // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 1. – С. 11–17.

146. Гольдгаммер Д. Столетие физики / Гольдгаммер Д. – Санкт-Петербург, 1902. – 16 с.

147. Гольдман О. Г. Наукові праці з фізики радянської України / О. Г. Гольдман // Українські фізичні записки. – 1928. – № 1. – С. 59–65.

148. Гольдман О. Г. Фізика на Україні у 10-ту річницю радянської України / О. Г. Гольдман // Вісник природознавства. – 1927. – № 5–6 (листопад-грудень). – С. 257–272.

149. Горбоконенко В. Д. Метрология в вопросах и ответах / В. Д. Горбоконенко, В. Е. Шикина. – Ульяновск, УлГТУ. – 2005. – 196 с.

150. Gordin M. D. Making Newtons: Mendeleev, Metrology and the Chemical Either I I Ambix / M. D. Gordin // The journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry. – 1998. – Vol. XLV. – P. 96–115.

151. Гордов А. Н. О точности воспроизведения термодинамической шкалы температур в области выше 1063°C / А. Н. Гордов // Сб. трудов ВНИИМ : Исследования в области тепловых измерений. – М.–Л. : Стандартгиз, 1949. – Вып. 5(65).

152. Городецкий Ю. Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов / Городецкий Ю. Г. – М. : Машиностроение, 1971. – 376 с.

153. Государственная система обеспечения единства измерений : ГОСТ Р8.000-2000. – М. : Издательство стандартов, 2000. – 5 с.

154. Государственная система обеспечения единства измерений : Государственный первичный эталон, государственная поверочная схема для средств измерений теплопроводности твердых тел от 0,1 до 5 Вт/(м.К) в

диапазоне температур 90-500 К и от 5 до 20 Вт/(м.К) – в диапазоне температур 300 – 1100 К : ГОСТ 8.140-82 – Режим доступа : www.gosthelp.ru/gost/gost13439.html

155. Государственная система обеспечения единства измерений : Государственная поверочная схема для средств измерений энергии сгорания и удельной энергии сгорания (калориметров сжигания) : ГОСТ 8.026-96. – Режим доступа : www.gosthelp.ru/gost/gost9187.html.

156. Государственная система обеспечения единства измерений : Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений теплопроводности твердых тел в диапазоне температур от 90 до 300 К : ГОСТ 8.177-85. – Режим доступа : www.gosthelp.ru/gost/gost29193.html.

157. Государственная система обеспечения единства измерений : Единицы величин : ГОСТ Р 8.417-2002. – [Введ. от 01.09.2003]. – М. : Издательство стандартов, 2003. – 28 с.

158. Государственная система обеспечения единства измерений : Методики выполнения измерений : ГОСТ Р 8.563-96. – М. : Издательство стандартов, 1996 – 19 с.

159. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология : термины и определения : ГОСТ 16263-70 / Госстандарт Союза ССР. – Офиц. Изд. М, 1970. – 57 с.

160. Государственная система обеспечения единства измерений : Нормируемые метрологические характеристики средств измерений : ГОСТ 8.009-84. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 23 с.

161. Государственная система обеспечения единства измерений : Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения : ГОСТ 15.001-88. – М. : Издательство стандартов, 1989. – 7 с.

162. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В. А. Грановский, Т. Н. Сирая. – Л. : Энергоатомиздат ЛО, 1990. – 288 с.
163. Грановский В. А. Системная метрология: метрологические системы и метрология систем / Грановский В. А. – СПб., 1999. – 360 с.
164. Греков Б. Д. Киевская Русь / Греков Б. Д. – М. : Госполитиздат, 1953. – 569 с.
165. Григорьева Л. И. В защиту и развитие стандартизации / Л. И. Григорьева, И. К. Григорьев // Стандарты и качество. – 1997. – № 12. – С. 18–24.
166. Гриневич Ф. Б. Измерение невидимок / Гриневич Ф. Б. – К. : Наукова думка, 1988. – 144 с.
167. Грицко Б. А. Нариси з історії метрології на теренах України (від найдавніших часів до сучасності) / Грицко Б. А. – Львів : Афіша, 2005. – 267 с.
168. Грицко Б. А. Развитие метрологических служб в западных областях Украины / Б. А. Грицко, В. Е. Довгопол // Измерительная техника. – 1982. – № 12. – С. 25–26.
169. Грушевський М. С. Історія України-Руси : в 11 т., 12 кн. / М. С. Грушевський. – К. : Наукова думка. – Т. 2 : IX-XIII ст. – 1991. – 633 с.
170. Грядовой Д. И. Концепции современного естествознания / Грядовой Д. И. – М. : Единство, 2003. – 237 с.
171. Гудмен Д. Статистическая оптика / Гудмен Д. – М. : Мир, 1988.
172. Гуров К. П. Основания кинетической теории. Метод Н.Н.Боголюбова / К. П. Гуров. – М. : Наука, 1966. – 351 с.
173. Гурштейн А. А. Анализ эволюции размеров русских сажень 11-17 вв. / А. А. Гурштейн // Вопросы истории естествознания и техники. – М. : Академия наук СССР, Институт истории естествознания и техники. – 1985. - № 1. – С. 64–75.

174. Гутер Р. Н. Сравнительные таблицы. Изложение монетных, меровых и весовых соотношений всех стран света / Гутер Р. Н. – Рига-Лейпциг, 1911. – 29 с.
175. Гюйгенс Х. Три мемуара по механике / Гюйгенс Х. – М. : Изд-во АН СССР, 1951. – 378 с.
176. Давыдов А. С. Квантовая механика / Давыдов А. С. – М. : Наука, 1973. – 704 с.
177. Давидович Е. А. История монетного дела Средней Азии XVII- XVIII веков / Давидович Е. А. – Душанбе, 1964. – 317 с.
178. Давидович Е. А. Материалы по метрологии средневековой Средней Азии / Давидович Е. А. – М., 1970. – 143 с.
179. Даниленко В. Я. Основы дизайну / Даниленко В.Я. – К., 1996. – 224 с.
180. Дайсон Ф. Релятивистская квантовая механика / Ф. Дайсон. – Ижевск : РХД, 2009. – 248 с.
181. Декреты Советской власти : в 13 т. / [ред. Г.Д.Обичкин и др.]. – М. : Политиздат, 1964. – Т. 3. – 623 с.
182. Де-Метц Г. Г. Описание сооружения и оборудования физической лаборатории при Киевском политехническом институте императора Александра II. 1898-1903 / Де-Метц Г. Г. – К., 1903. – 39 с.
183. Де-Метц Г. Г. Столетие метрической системы 1799-1899 / Г. Г. Де-Метц. – Варшава, 1901. – 27 с. (Отдельный оттиск из «Физического обозрения». – 1901. – Т. 2. – 28 с.)
184. Де-Метц Г. Г. Физические институты и мастерские физических приборов за границей / Г. Г. Де-Метц // Журнал «Инженер». – К., 1899. – 39 с. (Отдельный оттиск).
185. Де-Метц Г. Г. Физические институты и мастерские физических приборов за границей / Де-Метц Г. Г. – К., 1900. – 66 с.
186. Джапаридзе Г. И. Очерк по истории грузинской метрологии (IX-XIX вв.) / Джапаридзе Г. И. – Тбилиси, 1973. – 177 с.

187. Д. И. Менделеев и метрология : [сб. статей / изд-во комитета стандартов мер и измерительных приборов при совете министров СССР / ред. Арутюнова В. О. и др.]. – М. : Стандартгиз, 1969. – 92 с.

188. Д. И. Менделеев и наука об измерениях : в 3 т. / [ред. Г. И. Элькин и др.]. – СПб. : «Гуманистика», 2007. – Т. 2. : Избранные работы по метрологии Д.И.Менделеева. – 576 с.

189. Д. И. Менделеев – основоположник современной метрологии : [сб. статей / ред. Бойцова В. В.]. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 240 с.

190. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация / Димов Ю. В. – М., 2004. – 432 с.

191. Дирак П. А. Принципы квантовой механики / Дирак П. А. – [2-е изд.]. – М. : Наука, 1979. – 440 с.

192. Дмитриев В. А. Традиционная метрология народов Северного Кавказа : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. ист. наук : спец. 07.00.10 «История науки и техники» / В. А. Дмитриев. – М., 1987. – 24 с.

193. Дмитриев И. С. Человек эпохи перемен. Очерки о Д.И.Менделееве и его времени / Дмитриев И. С. – СПб : Химиздат, 2004. – 576 с.

194. Доброхотов А. Н. Гамбургская и Германская пурка / А. Н. Доброхотов // Временник Главной палаты мер и весов. – 1907. – Ч. 8. – С. 112–130.

195. Доброхотов А. Н. Измерение вместимости винных бочек по их линейным размерам / А. Н. Доброхотов // Временник Главной палаты мер и весов. – 1899. – Ч. 4. – С. 122–137.

196. Доброхотов А. Н. Исследование пурки или хлебных весов, как прибора, служащего для определения «натуры» зерновых хлебов / А. Н. Доброхотов // Временник Главной палаты мер и весов. – 1899. – Ч. 4. – С. 1–30.

197. Доброхотов А.Н. К вопросу об определении торгового достоинства зерна / А. Н. Доброхотов // Временник Главной палаты мер и весов. – 1907. – Ч. 8. – С. 108–111.

198. Доброхотов А. Н. Научно-метрологические работы Д. И. Менделеева в Главной палате мер и весов // Д. И. Менделеев. Его научное творчество и работы в Главной палате мер и весов : сб. статей / А. Н. Доброхотов. – М.–Л., 1926. – С. 36–42.
199. Довнар-Запольский М. В. Торговля и промышленность Москвы XVI–XVII вв. / М. В. Довнар-Запольский // Москва в ее прошлом и настоящем. – М., 1910. – Вып. 6. – С. 55–56.
200. Доклад правления Южно-русского общества технологов экстренному собранию 26 марта 1905 г. – Харьков, 1905. – 11 с. (Отд. оттиск).
201. Долбенкин И. Н. Институт метрологии в административном праве: дис. ... кандидата юр. наук : 12.00.14 / Долбенкин Игорь Николаевич . – Москва, 2009. – 222 с.
202. Долина Л. Ф. Стандартизація та метрологія у сфері охорони довкілля / Долина Л. Ф. – К. : Знання, 2007. – 199 с.
203. Допуски і посадки : довідник / [ред. В. Д. Мягкова]. – Л. : Машинобудування, 1982. – Ч. 1. – 543 с.
204. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики (с древнейших времен до конца 18 в.) / Дорфман Я. Г. – М. : Наука, 1974. – 352 с.
205. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики (с начала 19 в. до середины 20 в.) / Дорфман Я. Г. – М. : Наука, 1979. – 317 с.
206. Драган Н. Львів : Народний музей метрології / Н. Драган // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 4. – С. 59–61.
207. Драган Н. НКМЗ : статті рівним серед найкращих / Н. Драган // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 2. – С. 54–55.
208. Драган Н. 100 років Першій повірочній палатці в Україні / Н. Драган // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 2. – С. 64–65.
209. Драхсел Р. Основы электроизмерительной техники / Драхсел Р. ; ред. Кончаловский В. Ю. – М. : Энергоиздат, 1982. – 296 с.

210. Droting W. R. Development of a Laser Interferometric Dilatometer / Droting W. R. // Thermal Expansion – 7, Plenum Press., N.J.Lon. – 1982. – P. 55–65.

211. Dr. Clemens Sanetra. The answer to the global quality challenge : A National Quality Infrastructure / Dr. Clemens Sanetra, Rocio M. Marban. – 2001. – 136 p.

212. ДСТУ 3651.0-97 «Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви позначення» від 01.01.1999. www.budinfo.org.ua/doc/1816815.jsp

213. Дягилев Ф. М. Из истории физики и жизни ее творцов / Дягилев Ф. М. – М. : Просвещение, 1986. – 254 с.

214. Егоров Н. Г. Термометрические и барометрические измерения в Главной палате мер и весов. Современное состояние термометрии / Н. Г. Егоров // Временник Главной палаты мер и весов. – 1895. – Ч. 2. – С. 55–76.

215. Экономическая эффективность станков с числовым программным управлением / [П. С. Мирошников, Л. П. Мирошников, А. В. Курьянов и др.]. – К. : Изд-во «Наукова думка», 1976. – 176 с.

216. English W. John Kay – The Man, Who Started it all / W. English // Textile Manufacturer. – 1966. – № 1056. – P. 174–179.

217. Энциклопедический словарь. Воспроизведение издания Ф.А.Брокгауза и И.А.Ефрона / Ф.А.Брокгауз, И.А.Ефрон ; [под ред. Д.И.Менделеева и др.]. – М. : Терра, 1990-1994 в 82 т. – :

Т. 37 : Мекенен – Мифу-баня. – 1991. – 476 с.

Т. 58 : Семь озер – Симфония. – 1992. – 469 с.

Т. 61 : София – Статика. – 1992. – 472 с.

218. Энциклопедія Британіка : Режим доступу : <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/378845/metrology>. The New Encyclopaedia Britannica in 30 Volume. – Volume VI. – 1978. – p. 843.

219. Ермаков В. В. Рекламное дело / Ермаков В. В. – М. : изд. Московского психолого-социального института, 2004. – 184 с.

220. Етапи міжнародного співробітництва Держстандарту України // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 2. – С. 3.
221. Жарковский Б. И. Приборы автоматического контроля и регулирования (устройство и ремонт) / Жаровский Б. И. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Высшая школа, 1983. – 312 с.
222. Jaspers K. Lionardo als Philosoph / Jaspers K. – Bern, 1953. – 185 s.
223. Жигалов Ю. И. Концепции современного естествознания / Жигалов Ю. И. – М. : Гелиос АРВ, 2002. – 272 с.
224. John G. B. Computer Control of Machines and Processes / G. B. John , A. D. Neil. – USA. – 1989. – 354 s.
225. Завадский Ф. П. Отчет о командировке в различные города России по вопросу о системах водомеров / Ф. П. Завадский, В. А. Мюллер // Временник Главной палаты мер и весов. – 1905. – Ч. 7. – С. 161–166.
226. Завельский Ф. С. Время и его измерение / Ф. С. Завельский. – М. : Наука, 1987. – 256 с.
227. Заслужені винахідники та раціоналізатори України / [Азарський І. М., Компанець В. С., Азарська О. О. та ін.]. – Вінниця-Хмельницький : Поділля, 2001. – 360 с.
228. Засоби вимірювальної техніки, занесені до Державного реєстру України / [Савченко І., Базик Л., Молева І. та ін.]. – Київ, Держспоживстандарт України, 2004. – 356 с.
229. Зевелев А. И. Историографическое исследование : методологические аспекты / Зевелев А. И. – М. : Высшая школа, 1987. – 160 с.
230. Земварис Я. К. Метрология Латвии в период феод. раздробленности и развитого феодализма (XIII-XVI вв.) / Земварис Я. К. – ПИ, 1955. – кн. 4. – 181 с.
231. Зіміна М. М. Стандартизація систем управління якістю згідно стандартів серії ISO 9000-2000 (у схемах) / Зіміна М. М. – К. : ШАУЗ, 2003. – 256 с.

232. Зоммерфельд А. Пути познания в физике / Зоммерфельд А. – М. : Наука, 1973. – 318 с.
233. Зоммерфельд А. Термодинамика и статистическая физика / Зоммерфельд А. – М. : Изд-во иностр. лит., 1955. – 479 с.
234. Зубарь В. М. Херсонес Таврический и распространение христианства на Руси / В. М. Зубарь, Ю. В. Павленко. – К. : Наукова думка, 1988. – 208 с.
235. Зубов В. П. Леонардо да Винчи / Зубов В. П. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1962. – 218 с.
236. Зубов В. С. Развитие атомистических представлений до начала XIX в. – М. : Наука, 1965. – 371 с.
237. Зульфугарзаде Э. Э. Законодательная метрология : отечественный и зарубежный опыт / Э. Э. Зульфугарзаде, Х. О. Маликова // Измерительная техника. – 1990. – № 10. – С. 62–66.
238. Иванов А. А. История метрологии. Выступление на торжественном собрании, посвященном Всемирному дню метрологии. – Режим доступа до книги : http://www.gov.cap.ru/list2/view/02SV_SPEECH_OV/form.asp?id=437&pos=3&GO_ID=97.
239. Иванов А. А. Менделеев как метролог / Иванов А. А. – М.–Л. : Государственное издательство стандартизации и рационализации, 1934. – 79 с. С. 46–79.
240. Иванов В. В. Методологические основы исторического познания / Иванов В. В. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1991. – 151 с.
241. Измерение электрических и неэлектрических величин: [учеб. пособие для вузов] / [Евтихийев Н. Н., Купершмидт Я. А., Папуловский В. Ф., Скугоров В. Н. ; ред. Евтихийев Н. Н.]. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
242. Измерение массы, объёма и плотности / [Гаузнер С.И., Кивилис С. С., Осокина А. П., Павловский А. Н.]. – М. : Издательство стандартов, 1972. – 664 с.
243. Илизаров С. С. Москва в науке и культуре России 18 века: дис. ... доктора ист. наук : 07.00.10 / Илизаров С. С. – М., 2004. – 378 с.

244. Ипатьевская летопись / [под ред. А. А. Шахматова] // ПСРЛ. – Т. 2. – СПб, 1908. – XVI в. – 938 стб. – 87 с. (всего 638 с.)
245. Исаев И. И. 100 лет на службе измерений и качества / И. И. Исаев, Т. Ф. Гапеева, Е. Б. Гинак, Л. А. Крот. – СПб. : Издательский Дом «Измайловский», 2000. – 239 с.
246. Испытания сооружений : справочное пособие / [ред. Золотухина Ю. Д.]. – Минск : Высшая школа, 1992. – 272 с.
247. История механики в России / [ред. А. Н. Боголюбова и др.]. – К. : Наук. думка, 1987. – 392 с.
248. История механики с древнейших времен до конца XVIII ст. / [ред. А. Т. Григорьяна и др.]. – М. : Наука, 1971. – 297 с.
249. История отечественной математики : [в 4 т.] / [под ред. И.З.Штокало]. – К. : Наукова думка, 1966-1970. – (Институт истории естествознания и техники АН СССР и Сектор истории техники и естествознания Института истории АН УССР).
- Т. 1. – К. : Наукова думка, 1966. – 492 с.
- Т. 2. – К. : Наукова думка, 1967. – 616 с.
- Т. 3. – К. : Наукова думка, 1968. – 725 с.
- Т. 4., Кн. 1. – К. : Наукова думка, 1970. – 883 с.
- Т. 4., Кн. 2. – К. : Наукова думка, 1970. – 664 с.
250. ISO 9001:2000 (просто и доступно о стандартах ISO серии 9000). – Нижний Новгород : СПЦ «Приоритет», 2003. – 40 с.
251. Історія Київського університету : 1834-1959 / [за ред. О.З.Жмудського]. – К. : Наукова думка, 1959. – 630 с.
252. Історія Національної Академії наук України в суспільно-політичному контексті. 1918-1998 / [Кульчицький С. В., Павленко Ю. В., Руда С. П., Храмов Ю. О.] – Київ : «Фенікс», 2000. – 527 с.
253. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті (1918–1998) : Наукове видання / [ред. Ю. О. Храмова]. – К. : Фенікс, 2000. – 528 с.

254. Йоффе А. Ф. Советская физика за 20 лет / А. Ф. Йоффе // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1937. – 7. – № 1. – С. 1189–1193.

255. Источниковедение. Теоретические и методические проблемы : сборник / [отв. ред. С. О. Шмидт]. – М. : Наука, 1969. – 511 с.

256. Калинин М. И. Переопределение единицы термодинамической температуры в Международной системе единиц (СИ) / М. И. Калинин, С. А. Кононогов // Теплофизические свойства веществ : 12-я россий. конф., 7-10 окт. 2008 г. : тезисы докл. – М., 2008. – С. 92.

257. Кальве Э. Микрокалориметрия / Э. Кальве, А. Прат. – М. : Иностранная литература, 1963. – 477 с.

258. Каменцева Е. И. К истории создания образцовых мер веса в первой пол. XVIII в. (по материалов Комиссии весов и мер 1736-1742 годов) / Е. И. Каменцева // Археографический ежегодник за 1958 г. – М., 1960. – С. 114–123.

259. Каменцева Е. И. Метрологические комиссии 20-30-х годов XIX в. и их роль в организации системы мер и поверочного дела в России / Е. И. Каменцева // Археографический ежегодник. Отдельный оттиск. – М., 1968. – С. 87–104.

260. Каменцева Е. И. Русская метрология / Е. И. Каменцева, Н. В. Устюгов. – [2-е изд.]. – М. : Высшая школа, 1975. – 328 с.

261. Камке Д. Физические основы единиц измерения / Камке Д. ; [пер. с нем. К. Кремер ; ред. А. Н. Матвеев]. – М. : Мир, 1980. – 208 с.

262. Капіца П. Л. Про надтекучість рідкого гелію – II : Доповідь на загальних зборах Академії наук СРСР у Москві 27 вересня 1943 р. / П. Л. Капіца // Досягнення радянських фізиків. Хрестоматія. – К. : Рад. школа, 1950. – 322 с.

263. Карамзин Н. М. История государства Российского : полное собрание сочинений в 18 т. / Н. М. Карамзин. – М. : Терра, Книжный клуб «МАРЛИ», 1998 – . –

Т. 1. : История государства Российского (начальный период отечественной истории). – 1998. – 576 с.

- Т. 2. : История государства Российского (1015–1169). – 1998. – 512 с.
- Т. 3. : История государства Российского (1169–1238). – 1998. – 416 с.
- Т. 4. : История государства Российского (1238–1361). – 1999. – 480 с.
- Т. 5. : История государства Российского (1363–1462). – 1999. – 544 с.
- Т. 6. : История государства Российского (1462–1505). – 1999. – 464 с.
- Т. 7. : История государства Российского (1505–1533). – 2000. – 304 с.
- Т. 8. : История государства Российского (1533–1560). – 2000. – 336 с.
- Т. 9. : История государства Российского (1560–84). – 2001. – 624 с.
- Т. 10. : История государства Российского (1584–98). – 2001. – 352 с.
- Т. 11. : История государства Российского (1598–1606). – 2002. – 432 с.
- Т. 12. : История государства Российского (1606–1612). – 2002. – 480 с.
264. Каранкевич В. П. Современные лазерные интерферометры / В. П. Каранкевич, В. А. Ханов. – Новосибирск : Наука, 1985. – с.
265. Карпеев Э. П. О вкладе М. В. Ломоносова в развитие русской и мировой науки и культуры / Э. П. Карпеев // Вопросы истории естествознания и техники. – М. : Издательство Наука. – № 4. – 1986. – С. 3–11.
266. Карслоу Г. С. Теплопроводность твердых тел. / Г. С. Карслоу, Д. Егер ; [пер. с англ. ; под ред. Помаранцева А. А.]. – М. : Наука, 1964. – 487 с.
267. Cartarius G. Qualitätssicherung durch Einbezug flexibler Messzentren / G. Cartarius // Zeitschrift für industrielle Fertigung. – 1985. – № 3. – S. 61–164.
268. Кауфман И. И., Русский вес, его развитие и происхождение / Кауфман И. И. – [2-е изд.] – СПб, 1911. – 55 с.
269. Кацман К. Н. Прикладная метрология в Советском Союзе за 40 лет. Метрологические работы за 40 лет / К. Н. Кацман. – М. : ВНИИМ, 1958. – Вып. 33 (93) – 128 с.
270. Кац М. Вероятность и смежные вопросы в физике / М. Кац. – М. : Мир, 1965. – 407 с.
271. Каюмова Х. А. Народная метрология и хронология таджиков Каратегина, Дарваза и западного Памира XIX – начала XX вв. : автореф. дис. на

соискание науч. степени канд. ист. наук : спец. 07.00.10 «История науки и техники» / Х. А. Каюмова. – Худжанд, 2009. – 19 с.

272. Каяк Л. К. Эталоны длины и результаты их сечений / Л. К. Каяк // Труды институтов комитета . – М.–Л. : Стандартгиз, 1961. – Вып. 47 (107).

273. Квантовая метрология и фундаментальные константы : [сборник статей / пер. с англ. ; под ред. Фаустова Р. Н. и др.]. – М. : Изд. Мир, 1981 – 368 с.

274. Квасников В. П. Анализ влияния дестабилизирующих факторов на работу биканальной координатно-изерительной машины / В. П. Квасников, А. Г. Баранов // Научно-технический журнал «Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы». – Херсон, 2006. – № 2 (18). – С. 52–57.

275. Квасников В. П. Метрологическая аттестация биканальной координатно-измерительной машины на основе новых измерительных технологий / В. П. Квасников, А. Г. Баранов // Київ, 2009. – № 2. – С. 249–254.

276. Келдыш М. В. Баллистические возможности составных ракет / М. В. Келдыш, С. С. Камынин, Д. Е. Охочимский // Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика. – М. : Наука, 1988. – С. 39–140.

277. Келдыш М. В. Точечный взрыв в атмосфере / М. В. Келдыш, Д. Е. Охочимский, З. П. Власова // Избранные труды. Механика. – М. : Наука, 1985. – С. 536–563.

278. Киевский политехнический институт : краткий исторический очерк (1898–1973). – К. : КПИ, 1973. – 35 с.

279. Киевский университет. 1834–1984 / [ред. Белов М.]. – К. : Вища школа, 1984. – 203 с.

280. Київський політехнічний інститут. Нарис історії (КПІ – 100 років) / [авт. Г. Ф. Беляков та ін. ; гол. ред. Згуровський М. та ін.]. – Київ : Наукова думка, 1995. – 320 с.

281. Киренков И. И. Метрологические основы оптической пирометрии / Киренков И. И. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 140 с.

282. Киренков И. И. Точные фотоэлектрические пирометры / И. И. Киренков, Г. А. Крахмальникова // Сб. трудов метрол. ин-тов СССР : ВНИИМ. – 1977. – Вып. 207. – С. 27–40.
283. Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / Кириллин В. А. – М. : Наука, 1986. – 511 с.
284. Кирпичев В. Л. Значение фантазии для инженеров / В. Л. Кирпичев // Изв. Киев. политехн. ин-та. – 1903. – Т. 4. – Вып. 3. – Кн. 3. – С. 62–96.
285. Kitzinger E. Art Byzantine and medieval West Bloomington / Kitzinger E. - Bloomington and London, 1976. – 394 p.
286. Клевлеев В. М. Метрология, стандартизация и сертификация / В. М. Клевлеев, И. А. Кузнецова. – М. : ФОРУМ – ИНФРА, 2004. – 256 с.
287. Клименко М. О. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології / М. О. Клименко, П. М. Скрипчук. – К. : Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.
288. Ключевский В. О. Русский рубль XVI–XVIII вв. в его отношении к нынешнему / В. О. Ключевский // Сочинения. – М., 1959. – С. 170–236.
289. Коломийцев В. Ф. Методология истории : от источника к исследованию / Коломийцев В. Ф. – М. : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2001. – 191 с.
290. Козирський В. Метрична система у часі і просторі / В. Козирський, А. Лень, В. Шендеровський // Вісник НАН України. – 2000. – № 1. – С. 28–33.
291. Козлова Л. Г. Хранители точности. Очерк истории Павловской метрологической лаборатории / Козлова Л. Г. – Павлово : ООО «Риком», 2000. – 128 с.
292. Козлов Б. И. Возникновение и развитие технических наук: опыт историко-теоретического исследования / Козлов Б. И. – Л. : Наука ЛО, 1988. – 247 с. (АН СССР Ин-т истории естествознания и техники).
293. Козлов Б. И. Метрологическая реформа в СССР (1917-1927 гг.) / Б. И. Козлов // Вопросы истории естествознания и техники. – М. : Изд. Наука. – 1981. – № 1. – С. 24–33.

294. Койфман Ю. І. Міжнародні та європейські системи сертифікації і акредитації: організація діяльності, норми та правила // Ю. І. Койфман, Т. М. Кисельова. – Львів-Київ, 1995. – 348 с.
295. Кок У. Е. Лазеры и голография : Введение в когерентную оптику / Коко У. Е. ; [пер. с англ. Г. И. Кузнецова]. – М. : Мир, 1971. – 136 с.
296. Колесов В. П. Основы термохимии / Колесов В. П. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 206 с.
297. Колпинский Ю. Искусство Греции эпохи рассвета / Колпинский Ю. М. : Госизогиз, 1937. – 152 с.
298. Компан Т. А. Автоматизированная система высокого разрешения для обработки изображений при интерференционных дилатометрических измерениях / Т. А. Компан, А. С. Коренев, А. Я. Лукин // Физмет – 98 : 2-я международ. конф., 7–8 октября 1998 г. : труды. – СПб., 1998. – С. 38.
299. Компан Т. А. Государственный первичный эталон единицы ТКЛР твердых тел / Т. А. Компан // Российская Метрологическая Энциклопедия. – СПб. : изд-во «Лики России», 2001. – С. 461–463.
300. Kompan T. A. High Precision Thermal Expansion Measurements with data Acquisition from the total field of Interference Pattern / T. A. Kompan, A. S. Korenev, A. Ya. Lukin // TEMPMEKO – 2001 : 8th International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science, VDE VERLAG GMBH, 10 october 2001 : doc. – Berlin, 2001. – V. 2. – P. 1157–1161.
301. Кондратьев Г. М. Об основных положениях теории регулярного режима. О тепловой инерции эталонных платиновых термометров сопротивления / Г. М. Кондратьев // Сб. трудов ВНИИМ : Исследования в области тепловых измерений. – М.–Л. : Стандартгиз, 1947. – Вып. 4(59).
302. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Кондратьев Г. М. – М. : Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408 с.
303. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения / Кондратьев Г. М. – М. : Машгиз, 1957. – 244 с.

304. Колпак Б. Д. Вдосконалення методології вимірювання, контролю та обліку нафтопродуктів автозаправних станцій / Б. Д. Колпак, М.Ф. Наталюк, С.О. Андрусак, Б. М. Гордєєв // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2002. - № 460.

305. Кононогов С. А. Вариации констант расширенной стандартной модели. I. Определение констант и оценки величин возможных вариаций / С. А. Кононогов, В. Н. Мельников, В. В. Хрущев // Измерительная техника. – 2008. – № 8. – С. 3–8 .

306. Кононогов С. А. Вариации констант расширенной стандартной модели. II. Определение констант и оценки величин возможных вариаций / С. А. Кононогов, В. Н. Мельников, В. В. Хрущев // Измерительная техника. – 2008. – № 10. – С. 3–7 .

307. Кононогов С. А. Методика измерений геометрических параметров трехмерной шероховатости поверхности / С. А. Кононогов, В. Г. Лысенко // Метрология и метрологическое обеспечение : международ. науч.-техн. конф., 26-27 апр. 2007 г. – Минск, 2007. – С. 51.

308. Кононогов С. А. Метрология и фундаментальные физические константы / Кононогов С. А. – М. : Стандартинформ, 2008. – 272 с.

309. Кононогов С. А. Современные методы определения числа Авогадро / С. А. Кононогов, М. Ю. Константинов // Законодательная и прикладная метрология. – 2005. – № 6. – С. 12–18.

310. Кононогов С. А. Проблемы и задачи в области законодательной метрологии на современном этапе / С. А. Кононогов / Законодательная и прикладная метрология. – 2003. – № 4. – С. 2–8.

311. Координатные измерительные машины и их применение / [Гапшиц В.-А. А., Каспарайтис А. Ю., Модестов М. Б. и др.] – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

312. Корнейчук Н. П. Сплайны в теории приближения / Корнейчук Н. П. – М. : Наука, 1984. – 352 с.

313. Коробко І. В. Тепловий метод вимірювання витрат рідин / І. В. Коробко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2005. – № 5. – С.101-106.
314. Котляр М. Ф. Монета й грошова лічба на Лівобережній Україні XVIII ст. / М. Ф. Котляр // Український історичний журнал. – Київ : Наукова думка, 1972. – № 2. – С. 29–40.
315. Котляр М. Ф. Русская метрология / Котляр М. Ф., Каменцева Е. И., Устюгов Н. В. – М. : Высшая школа, 1965. – 255 с.
316. Котляр М. Ф. Торгівля на Україні в XIV–XV ст. / М. Ф. Котляр // Український історичний журнал. – Київ : Наукова думка, 1975. – № 1. – С. 38–47.
317. Котляров В. П. Особливості проектування операцій лазерної обробки деревини / В. П. Котляров, П. Аламалходай, Є. В. Ярмоленко, М. І. Анякін // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – № 1. – С. 47–55.
318. Котляров В. П. Технічне забезпечення процедур лазерної терапії / В. П. Котляров, С. Хамідреза // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – № 1. – С. 96–103.
319. Кравченко Ю. В. 20 мая – профессиональный праздник метрологов / Ю. В. Кравченко // Мир измерений. – 2004. – № 8. – С. 104–105.
320. Краєв В. Дніпропетровськ : 100 років на варті точності та якості / В. Краєв // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – № 4. – С. 61–63.
321. Krautheimer R. Early Christian and Byzantine architecture, Harmondsworth, 1965 : Delvoye Ch, L'art byzantin / Krautheimer R. – Paris, 1967. – 311 p.
322. Кремлев А. М. Исследование колориметров, применяемых в нефтяном деле / А. М. Кремлев // Временник Главной палаты мер и весов. – 1911. – Ч. 10. – С. 66–87.
323. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии / Крылова Г. Д. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 711 с.
324. Крутиков В. Н. Навстречу всемирному дню метрологии / В. Н. Крутиков // Главный метролог. – 2006. – № 2. – С. 2.

325. Кудрявцев П. С. Курс истории физики / Кудрявцев П. С. – М. : Просвещение, 1982. – 448 с.
326. Кузнецов Б. Г. Очерки физической атомистики XX века / Кузнецов Б. Г. – М. : Наука, 1966. – 192 с.
327. Кузнецов Б. Г. Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна в свете современной науки / Кузнецов Б. Г. – М. : Наука, 1966. – 519 с.
328. Кузнецов В. А. Метрология / Кузнецов В. А., Исаев Л. К., Шайко И. А. – М. : ФГУП : Стандартиформ, 2005. – 300 с.
329. Кузнецов В. А. Основы метрологии / В. А. Кузнецов, Г. В. Ялунина. – М. : Издательство стандартов, 1995. – 280 с.
330. Кузнецов О. В. Атомистическая концепция строения вещества в XIX веке / Кузнецов О. В. – М. : Наука, 1983. – 160 с.
331. Кузнецов С. К. Древнерусская метрология / Кузнецов С. К. – Малмыж-на-Вятке, 1913. – 138 с.
332. Куликовский К. Л. Методы и средства измерений / К. Л. Куликовский, В. Я. Купер. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
333. Кулишер И. М. История русской торговли и промышленности / Кулишер И. М. – Челябинск, Социум, 2003. – 557 с.
334. Курганов Н. Г. Универсальная арифметика / Курганов Н. Г. – СПб : при императорской Академии наук, 1757. – 411 с.
335. Кухаренко Ю. В. Зарубинецька культура / Ю. В. Кухаренко // Свод археологических источников. – М., 1964. – С. 1–19.
336. Кухаренко Ю. В. К вопросу о происхождении зарубинецкой культур / Ю. В. Кухаренко // Советская археология. – 1960. – № 1. – С. 289–290.
337. Кучеренко О. К. Моделювання роботи лазерного інтерферометра для вимірювання лінійних переміщень об'єктів / О. К. Кучеренко, А. М. Чуча // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2007. – № 4. – С. 90–94.
338. Лакур П. Историческая физика : [в 2 т.] / П. Лакур, Я. Аппель. – М., Л. : ГИЗ, 1929. – Т.1. – 470 с.

339. Ламанский С. И. Данные о выверке мер и весов, собранные в некоторых таможенных учреждениях и городских управах по западной границе Империи / С. И. Ламанский // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб, 1894. – Ч. 1. – С. 108–123.

340. Ламанский С. И. Из отчета, представленного и. д. инспектора Главной палаты мер и весов С. И. Ламанского / С. И. Ламанский // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб, 1897. – Ч. 3. – С. 119–124.

341. Ламберти А. И. О первоначальном происхождении и нынешнем состоянии российской линейной меры и веса и о сравнении оных с иностранными / А. И. Ламберти // Военный журнал. – СПб, 1827. – № 3. – С. 108–136.

342. Ландау Л. Д. Теоретическая физика : Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – [3-е изд., испр.]. – М. : Наука, 1976. – Т.V. – Ч. 1. – 584 с.

343. Лаплас П. С. Изложение системы мира / Лаплас П. С. – Л. : Наука, 1982. – 376 с.

344. Лаппо І. М. Стандартизація, сертифікація, метрологія, акредитація, управління якістю : метод. вказівки для самостійної роботи для студентів навчального напрямку «Гірництво» / І. М. Лаппо, Л. М. Масюк. – Донецьк : Донецький національний технічний університет. – 2008. – 80 с.

345. Лауэ М. История физики / М. Лауэ. – М. : Гостехиздат, 1956. – 229 с.

346. Лауреаты Нобелевской премии по физике. Биографии, лекции, выступления : в 3-х т. / [отв. ред. Б. П. Захарченя, Э. А. Тропп]. – СПб. : Наука, 2005. – Т. 1 : 1901–1950. – 687 с.

347. Лауреаты Нобелевской премии по физике. Биографии, лекции, выступления : в 3-х т. / [отв. ред. Э. А. Тропп]. – СПб. : Наука, 2009. – Т. 2 : 1951–1980. – 1090 с.

348. Лебедев И. Водородный термометр Главной палаты мер и весов / И. Лебедев // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб., 1899. – Ч. 4.

349. Лебедев С. А. Электронно-вычислительные машины / Лебедев С. А. – [2-е изд.]. – М., 1956. – 48 с.
350. Ленинградский государственный архив научно-технической документации (ЛГАНТД) : 4282, оп.1, Д. 143, л. 1, л. 3.
351. Ленинградский государственный архив научно-технической документации (ЛГАНТД) : Ф. 4282, оп. 1, Д. 143, л. 25-26.
352. Leonardo da Vinci. Das Buch von der Malerei. Nach dem Codex Vaticanus (Urbinas) 1270, von Heinrich Ludwig / Leonardo da Vinci. – Wien, 1882. – vol. 3. – № 832. – 177 p.
353. Леонардо да Винчи. Избранные естественнонаучные произведения / [ред., пер., статья и комментарии В. П. Зубова]. – М., 1955. – 574 с.
354. Леонидов В. Я. Фторная калориметрия / В. Я. Леонидов, В. А. Медведев. – М. : Изд-во Наука, 1978. – 296 с.
355. Леонтьева Г. А. Вспомогательные исторические дисциплины / Леонтьева Г. А., Шорин Н. А., Кобрин В. Б. – М. : Просвещение, 2000. – 368 с.
356. Летопись Нестора со включением поучения Владимира Мономаха : [Текст летописи по Лаврентьевскому списку] / [сост. Ю.В.Кривошеев]. – СПб, 1903. – 200 с.
357. Lehmann C. F. Ober die babylonischen metrischen Systeme und deren Verbreitung / C. F. Lehmann // Vernaldungen der Phisikalischen Gesellschaft in Berlin. – 1889. – v. 8. – S. 81–101.
358. Лыков А. В. Теория теплопроводности / Лыков А. В. – М. : Высшая школа, 1967. – 599 с.
359. Литаврин Г. Г. Налоговая политика Византии в Болгарии в 1018-1185 гг. : в 10 т. / Г. Г. Литаврин. – 1956. – (Византийский временник). – Т. 10. – М., 1998. – С. 81–110.
360. Литвинко А. С. Становлення статистичної фізики в Україні (30–40 рр. ХХ ст.) / А. С. Литвинко.— К.: Фенікс, 2009. – с.
361. Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии и сертификации : [учеб. пособ.] / Лифиц И. М. – М. : ООО Юрайт, 2000. – 285 с.

362. Лифиц И. М. Стандартизация, метрология и сертификация / Лифиц И. М. – [8-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Юрайт-Издат, 2008. – 412 с.
363. Ложников В. Я. Введение в специальность «Информационно-измерительная техника» : [учеб. пособие.]. – Омск : Изд-во ОмПИ, 1987. – 83 с.
364. Ломоносов М. В. Избранные сочинения : [текст] / М. В. Ломоносов ; [сост., авт. предисл. Т. П. Аранзон]. – Москва : Фонд поддержки экономического развития стран СНГ, 2008. – 303 с. – (Ломоносовская библиотека / ред. кол. : С. М. Миронов (пред.) [и др.]).
365. Лопатин В. В. Русский толковый словарь / В. В. Лопатин, Л. Е. Лопатина. – М. : Изд-во Эксмо, 2006. – 928 с.
366. Лопатто А. Э. Основы строительной механики и строительных конструкций / А. Э. Лопатто, В. Ф. Майборода. – К. : Вища школа, 1982. – 368 с.
367. Лоренц Г. Старые и новые проблемы физики / Лоренц Г. – М. : Наука, 1970. – 372 с.
368. Львівський центр метрології, стандартизації і сертифікації. Режим доступу : www.semesta.lviv.ua.
369. Льюис М. История физики / Льюис М. – М. : Мир, 1970. – 464 с.
370. Любимов Л. Искусство Древней Руси / Любимов Л. – [2-е изд.]. – М. : Просвещение, 1981. – 336 с.
371. Любимов Л. И. Поверка средств электрических измерений: справочная книга / Л. И. Любимов, И. Д. Форсилова ; ред. Т. Б. Рождественская. – Л. : Энергия, 1979. – 192 с.
372. Магницкий Л. Ф. Арифметика / Магницкий Л. Ф. – Москва, 1703. – 669 с.
373. Макаров О. Якість виробництва авіаційної техніки / О. Макаров, О. Балевський // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2000. – № 3. – С. 50–51.
374. Максвелл Дж. Статьи и речи / Максвелл Дж. – М. : Наука, 1968. – 423 с.

375. Маликов М. Д. Основы метрологии / Маликов М. Д. – М. : Коммерприбор, 1949. – 479 с.

376. Марков Н. Н. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов / Н. Н. Марков, Г. М. Гневский. – М. : Машиностроение, 1993. – 416 с.

377. Марфенко І. В. Електромагнітний витратомір для трубопроводів великих діаметрів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. Техн. наук : спец. 05.11.15 «Метрологія та метрологічне забезпечення» / І. В. Марфенко. – Харків, 2000. – 20 с.

378. Матеріали до історії Острозької академії (1576-1636) : Бібліографічний довідник / [упор. І. З. Мицько]. – Київ : Археологічна комісія АН УРСР, 1990. – 216 с.

379. Махов И. Введение в Японии мер, весов и монет и сравнение их с русскими / Махов И. – СПб, 1862. – 72 с.

380. Международный словарь по метрологии : основные и общие понятия и соответствующие термины / Всерос. науч.-исслед. ин-т метрологии им. Д. И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологи : пер. с англ. и фр. Под ред. В.С. Александрова, Н. А. Жагора – [2-е изд., испр.] – СПб. : НПО «Профессионал», 2010. – 82 с.

381. Меморандум о взаимопонимании между правительствами Великобритании и Британской организации по стандартизации (BSI) // Мир стандартов. – 2005. – № 1. – С. 46.

382. Менделеев в воспоминаниях современников / [сост. : А. А. Макареня, И. Н. Филимонова, Н. Г. Карпило]. – М. : Атомиздат, 1973. – 272 с.

383. Менделеев Д. И. Заветные мысли : полное изд. (впервые после 1905 г.) / Менделеев Д. И. – М. : Мысль, 1995. – 413 с.

384. Менделеев Д. И. Заявление о метрической системе : сочинения в 25 т. / Д. И. Менделеев. – Л. – М., 1950. – Т. 22. – С. 25–27.

385. Менделеев Д. И. Познание России. Заветные мысли / Менделеев Д. И. – М. : Эксмо, 2008. – 688 с. : ил. – (Энциклопедии России).

386. Менделеев Д. И. Предложения по предмету дальнейшего (с 1902 г.) устройства и распределения в Империи местных поверочных учреждений и потребных для сего кредитов : сочинения в 25 т. / Д. И. Менделеев. – Л. – М., 1950. – Т. 22. – С. 791–813.

387. Менделеев Д. И. О дальнейшем развитии деятельности Главной палаты : сочинения в 25 т. / Д. И. Менделеев. – Л. – М., 1952. – Т. 25. – С. 546–554.

388. Менделеев Д. И. Речь о введении метрической системы (9 августа 1896 г.) : сочинения в 25 т. – Л. – М., 1950. – Т. 22. – С. 325–330.

389. Менделеев и метрология / [ред. В. О. Арутюнов]. – М. : Издательство стандартов, 1969. – 146 с.

390. Менделеев – метролог / [науч. ред. В. В. Бойцов]. – М. : Издательство стандартов, 1969. – 115 с.

391. Мережко В. В. Сертифікація продукції та послуг / Мережко В. В. – К. : Київ. нац. торг.–екон. ун-т, 2002. – 298 с.

392. Мерзон А. Ц. Таможенные книги XVII в. / А. Ц. Мерзон. / [отв. ред. А. Г. Николаева]. – М., 1997. – 68 с.

393. Мессиа А. Квантовая механика : в 2-х т. / Мессиа А. – М. : Наука, 1978. – Т. 1. – 478 с.

394. Методы определения экономической эффективности метрологических работ : МИ 412-86. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 128 с.

395. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / [Шашков А. Г., Волохов Г. М., Абраменко Т. Н., Козлов В. П.]. – М. : Энергия, 1973. – 336 с.

396. Метрологические работы за 40 лет / [ред. В. О. Арутюнов]. – М. – Л. : Стандартгиз, 1958. – 177 с.

397. Метрологическое обеспечение электронных средств измерений электрических величин : справочная книга [сост. А. М. Федоров и др.]. – Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1988. – 208 с.

398. Метрология в лазерной дальнометрии : [сб. науч. трудов / НПО «Метрология» / ред. Купко В. С.]. – Х., 1991. – 105 с.
399. Метрология. Стабильность и метрологическая надежность средств измерения. Термины и определения : СЭВ МС 48-77 (методические указания). – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 114 с.
400. Метрология. Термины и определения [Текст]. – Переизд. Дек. 1990. – Введ. 01.01.71. – М. : Изд. Стандартов, 1991. – 54 с.
401. Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляду результатів : ДСТУ 3400-2000. – К. : Держстандарт, 2001. – 127 с.
402. Meyer S. J. Searching for the small-shop CMM / S. J. Meyer // Tooling and production. – 1989. – № 4. – P. 101–103.
403. Мымрин Ю. Н. Техничко-экономический анализ машин и приборов / Мымрин Ю. Н. – М. : Машиностроение, 1985. – 248 с.
404. Микуцкис Ю. Ю. Координатно-измерительная машина НММ965 / Ю. Ю. Микуцкис, Р. Ю. Микуцкис, А. А. Минетас, А. В. Сакалаускас // Измерительная техника. – 1990. – № 2. – С. 24–25.
405. Михайлов П. Г. Микроэлектронный датчик давления и температуры / П. Г. Михайлов // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2003. – № 11. – С. 29–31.
406. Михайлов П. Г. Пьезопленочные датчики, состояние и перспективы развития / П. Г. Михайлов // Микросистемная техника. – 2003. – № 3. – С. 7–9.
407. Мишин В. М. Управление качеством / Мишин В. М. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 303 с.
408. Мищенко С. В. История метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством / Мищенко С. В., Пономарев С. В., Пономарева Е. С. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2004. – 112 с.
409. Младенцев М. Н. Учреждение Главной палаты мер и весов и ее деятельность / М. Н. Младенцев // Время главной палаты мер и весов. – СПб, 1907. – Ч. 8. – С. 42–90.

410. Мнение Государственного Совета об учреждении новых поверочных палаток и об изменениях в действующих узаконениях о мерах и весах от 18 марта 1902 г. // Временник Главной палаты мер и весов. – Ч. 7. – СПб, 1905. – С. 31–33.

411. Молодченко Г. А. Метрологія і стандартизація / Г. А. Молодченко, В. М. Попельнух. – Харків : ХДАМГ, 2001. – 76 с.

412. Момот О. І. Менеджмент якості та елементи системи якості : навч. посібник / Момот О. І. – К. : Центр учбової літератури, 2007 – 368 с.

413. Музей-архив Д. И. Менделеева при Санкт-Петербургском университете (МAM СПбГУ) : 1-й альб. писем. Д. 60.

414. Музей-архив Д. И. Менделеева при Санкт-Петербургском университете (МAM СПбГУ) : 1-й альб. писем. Д. 490.

415. Музей-архив Д. И. Менделеева при Санкт-Петербургском университете (МAM СПбГУ) : 1-й альб. писем. Д. 500.

416. Музей-архив Д. И. Менделеева при Санкт-Петербургском университете (МAM СПбГУ) : 3-й альб. писем. Д. 654.

417. Мухаровський М. До 100-річчя державної метрологічної служби у Києві / М. Мухаровський // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – № 1. – С. 37–40.

418. Назаренко Л. А. Математичне моделювання інтегруючого фотометра / Л. А. Назаренко, С. А. Рева // Український метрологічний журнал. – 2011. – Вип. 4. – С. 20–23.

419. Намжил О. История службы стандартизации и метрологии : монография / О. Намжил, Б. Равдансамбу. – [2-е изд.]. – Улан-Батор, 2003. – 189 с.

420. Намжил О. Развитие системы стандартизации и управления качеством в Монголии : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. экономич. наук : спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (стандартизация и управление качеством продукции)» / О. Намжил. – СПб., 2010. – 20 с.

421. Намжил О. Стандартизация и оценка соответствия в Монголии / О. Намжил // Стандарты и качество. – 2002. – № 10. – С. 86–88.
422. Нариси історії Київського національного університету імені Тараса Шевченка / [уклад. В. В. Різун]. – К. : Наша культура і наука, 2004. – 437 с.
423. Наука и техника СССР. 1917-1987 : Хроника / Ин-т истории естествознания и техники / [сост. П. В. Волобуев и др.]. – М. : Наука, 1987. – 759 с.
424. Национальная стратегия стандартизации США // Режим доступа : www.rgtr.ru/nav/foreign-experience/stand/.
425. Національний університет «Львівська політехніка» / [під ред. Ю.Рудавського]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 160 с.
426. Нейгебауер О. Лекции по истории античных математических наук / Нейгебауер О. – М. – Л., 1937. – Т. 1. : Догреческая математика. – 243 с.
427. Немецкая стратегия стандартизации // Режим доступа : www.rgtr.ru/presentations/DIN%20-%20stratagy%20of%20standartization_rus.pdf.
428. Низкотемпературная калориметрия / [пер. с англ. под ред. С. А. Улыбина]. – М. : «Мир», 1971. – 264 с.
429. Николаенко Г. М. Метрология Херсонеса Таврического в эллинистический период (по материалам IV – II вв. до н. э.) : автореферат дис. ... кандидата ист. наук / Николаенко Г. М. – Киев, 1983. – 20 с.
430. Никифоров А. Д. Метрология, стандартизация и сертификация / А. Д. Никифоров, Т. А. Бакиев. – М. : Высшая школа, 2005. – 422 с.
431. Nicholson E. Men and measures, a history of weights and measures, ancient and modern / Nicholson E. – L., 1912. – 258 p.
432. Новый политехнический словарь / [под ред. А. П. Горкина, А. М. Прохорова]. – М. : Науч.изд. «Большая Российская энциклопедия». – 2000. – 672 с.
433. Новый закон о мерах и весах. Сборник всех законоположений и циркуляров, относящихся до мер и весов и практическое руководство в выверке

мер и весов со справочным отделом / [сост. И. П. Жолцинский]. – М., 1902. – 244 с.

434. Новикова С. И. Тепловое расширение твердых тел. / Новикова С. И. – М. : Наука, 1974. – 291 с.

435. Новицкий П. В. Методика нормирования, оценки и контроля метрологической надежности электроизмерительных приборов / П. В. Новицкий, А. В. Екимов // Метрология. – 1977. – № 2. – С. 9–25.

436. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат : Ленингр. отделение, 1985. – 248 с.

437. Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Ньютон И. – [3-е изд.]. – М. : Наука, 2008. – 704 с.

438. Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон России № 103-ФЗ. – [от 26-06-2008] // Российская газета. – № 140. – 2008. – 2 июля.

439. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – [4-е изд., дополн.]. – М. : ООО «ИТИ ТЕХНОЛОГИИ», 2003. – 944 с.

440. Озаровская О. Э. Д. И. Менделеев по воспоминаниям О. Э. Озаровской / Озаровская О. Э. – М. : Федерация, 1929. – 168 с.

441. Oishi I. Thermal Expansion of Fused Quartz / Oishi I., Kimura T. // Metrologia. – 1969. – № 5. – P. 2.

442. Окрепилов В. В. Менделеев и метрология / В. В. Окрепилов // Сочинения. – СПб. : Издательский дом «Измайловский», 2003. – 192 с.

443. Олейник Б. Н. Точная калориметрия / Олейник Б. Н. – [2-е изд.]. – М. : Изд-во Стандартов, 1973. – 208 с.

444. Ольшки Л. История научной литературы на новых языках / Ольшки Л. – М.–Л. : ГПИ, 1933. – Т. 1. – 178 с.

445. Оноприенко В. И. Становление высшего технического образования на Украине / В. И. Оноприенко, Т. А. Щербань. – К. : Наук. думка, 1990. – 140 с.

446. Онсагер Л. Электрические свойства льда / Л. Онсагер, М. Дюпюи // Термодинамика необратимых процессов. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – С. 317–340.

447. Oppert J. L'Étalon des mesures assyriennes fixe par les textes cunéiformes / Oppert J. – P., 1875. – 90 p.

448. Осипов Б. В. Новое в информационном обеспечении подтверждения соответствия / Б. В. Осипов // Сертификация. – 2003. – № 3. – С. 8–10.

449. Основы метрологии и электрические измерения / [Авдеев Б. Я., Автонюк Е. М., Душин Е. М. и др. ; ред. Душина Е. М.]. – Л. : Энергоатомиздат Ленинград. отделение, 1987. – 480 с.

450. Основные термины в области метрологии: словарь-справочник / [сост. М. Ф. Юдин и др. ; ред. Ю. В. Тарбеев]. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 113 с.

451. О стандартах и техническом регулировании : Федеральный закон России. – [от 2002-12-15]. – Режим доступа : www.rospromtest.ru/content.php?id=38.

452. О стандартизации : закон Республики Беларусь от 05.09.1995 № 3847-ХІІ. – Режим доступа : <http://pravo.kulichki.com/zak/year1995/doc39413.htm/>.

453. О техническом нормировании и стандартизации : закон Республики Беларусь от 05.01.2004 № 262-3 (в ред. законов Республики Беларусь от 19.07.2005 № 42-3, от 20.07.2006 162-3. от 09.07.2007 № 247-3, от 15.07.2008 № 407-3) – Режим доступа : <http://www.levonevski.net/pravo/norm2009/num26/d26177.html>.

454. Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х годов XIX века / [ред. Остольского В. И.]. – М. : Наука, 1978. – 375 с.

455. Павленко Ю. Ф. Перспективи квантової метрології / Ю. Ф. Павленко, Н. М. Маслова // Український метрологічний журнал. – 2011. – № 3. – С. 22–26.

456. Павленко Ю. В. Природознавство в Україні до початку XX ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах / [Павленко Ю. В., Руда С.

П., Хорошева С. А., Храмов Ю. О.]. – К. : Видавничий дім “Академперіодика”, 2001. – 420 с.

457. Павленко Ю. В. Цивілізаційні трансформації та фундаментальні зрушення в розвитку природознавства / Ю. В. Павленко // Наука та наукознавство. – 2004. – № 2. – С. 80–94.

458. Парвицкий В. И. Экстраполяция температур от точки плавления золота при помощи оптического пирометра и установления шкалы высоких температур от 1063 до 3000 °С. / В. И. Парицкий // Сб. трудов ВНИИМ : Исследования в области тепловых измерений. – М.–Л. : Стандартгиз, 1941. – Вып. 2 (47).

459. Partington J. R. A history of Greek fire and gunpowder / Partington J. R. – Cambridge, 1960. – P. 105–108.

460. Патерик Києво-Печерський / [упоряд. І.Жиленко] ; відп. ред. В. М. Колпакова. – [2-е вид]. – К., 2001. – 348 с.

461. Патрухин В. А. Обзор деятельности местных поверочных учреждений за 1902 г. / В. А. Патрухин // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб, 1905. – Ч. 7. – С. 154–160.

462. Патрухин В.А. Обзор деятельности местных поверочных учреждений за 1900 и 1901 гг. / В. А. Патрухин // Временник Главной Палаты мер и весов. – СПб, 1903. – Ч. 6. – С. 129–133.

463. Паукер М. Г. Метрология России и немецких ее провинций / Паукер М. Г. – М., 1832. – 82 с.

464. Перелік ЗВТ, які занесені до Державного реєстру України // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 2. – С. 67–69.

465. Перелік ЗВТ, які занесені до Державного реєстру України // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 3. – С. 8 (вклад. №3).

466. Петров Д. Ю. О добровольной и обязательной сертификации / Д. Ю. Петров // Партнеры и конкуренты. – 2006. – № 2. – С. 4–7.

467. Петров И. К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности / Петров И. К. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 344 с.
468. Петрушевский В. Ф. Описание берегового гальванического дальномера / Петрушевский В. Ф. – СПб., 1883. – 14 с.
469. Петрушевский Ф. Общая метрология : в 2 ч. / Петрушевский Ф. – СПб, 1849. – 824 с.
470. Пилецкий А. А. Система размеров и их отношений в древнерусской архитектуре / А. А. Пилецкий // Сборник. Естественнонаучные знания в древней Руси. – М. : Наука, 1980. – 69 с.
471. Пиотровский Я. Теория измерения для инженеров / Пиотровский Я. – М. : Мир, 1989. – 335 с.
472. Писаржевский О. Н. Дмитрий Иванович Менделеев / Писаржевский О. Н. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 392 с.
473. Пильчиков Н. Д. Курс физики / Пильчиков Н. Д. – Харьков : Харьковский технологический институт императора Александра III, 1902.
474. Планк М. Единство физической картины мира / Планк М. – М. : Наука, 1966. – 286 с.
475. Планк М. Избранные труды / Планк М. ; под ред. А. П. Виноградова. – М. : Наука, 1975. – 788 с.
476. Погорелов В. В. Геометрия / Погорелов В.-А. В. – М. : Просвещение, 1988. – 304 с.
477. Погребысская Е. И. К истории спектроскопии XIX века / Е. И. Погребысская // Исследования по истории физики и механики. – М. : Наука, 1986. – С. 94–109.
478. Політика адаптації вітчизняного законодавства в галузі норм і стандартів до європейських вимог / [уклад. О.Сафін та ін.] // Біла книга. – Київ : Держспоживстандарт України. – 2006. – 128 с.
479. Положение о Главной палате мер и весов, 1893 г. // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб, 1894. – Ч. 1. – С. 3–5.

480. Положение о мерах и весах, 1899 г. // Временник Главной палаты мер и весов. – СПб, 1900. – Ч. 5. – С. 3–16.

481. Походун А. И. Экспериментальные методы исследований. Измерения теплофизических величин / А. И. Походун, А. В. Шарков. – СПб : СПб ГУ ИТМО, 2006. – 87 с.

482. Походун А. И. Новая мера эталонного назначения для интерполяции и передачи температурной шкалы в диапазоне 800 – 1600 °С / А. И. Походун, М. С. Матвеев, Ю. А. Сильд // Измерительная техника, 2000. – № 10. – С. 45–48.

483. Походун А. И. Стандартная функция платинового термометра сопротивления при температуре выше точки затвердевания серебра / А. И. Походун, М. С. Матвеев, Н. П. Моисеева // Измерительная техника, 1993. – № 9. – С. 39–42.

484. Правда Русская : комментарии / [сост. Б. Александров и др.] ; ред. Б. Д. Греков. – М. – Л., АН СССР. – 1947. – 862 с.

485. Пригожин И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : УРСС, 2003. – 240 с.

486. Пригожин И. Неравновесная статистическая механика / Пригожин И. – М. : Мир, 1964. – 312 с.

487. Пригожин И. От существующего к возникающему / Пригожин И. – М. : Наука, 1985. – 327 с.

488. Пригожин И. Порядок из хаоса : Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. – 431 с.

489. Пипуниров В. Н. История часов с древнейших времен до наших дней / Пипуниров В. Н. – М. : Изд-во Наука, 1982. – 502 с.

490. Применение фотоэлектрического метода для точных работ в области оптической пирометрии / Л. А. Боярский, А. Н. Гордов, Г. Л. Иосельсон [и др.] // Сб. трудов ВНИИМ : Исследования в области тепловых измерений. – М.–Л. : Стандартгиз, 1958. – Вып. 36 (96).

491. Про авторське право й змішані права : закон України № 3794 [Чинний від 23-12-1993] // Бізнес. – 1994. – № 6. – С. 3–8 (вклад).

492. Проблемы борьбы с теневой экономикой методами нанотехнологий / А. Т. Богорош, С. А. Воронов, В. Д. Шкилев [и др.] // Актуальные проблемы научно-технологической и инновационной политики в контексте формирования общеевропейского научного пространства : опыт и перспективы : XXIII Киевский междунар. симпоз. по науковед. и науч.-тех. прогноз., 16–17 июн. 2010 г. : материал. – К., 2010. – С. 26–28.

493. Про вдосконалення порядку ціноутворення на метрологічні роботи : постанова Кабінету Міністрів України № 1405. – [Чинний від 26-10-2001] // Урядовий кур'єр. – 2001. – 1 листопада. – С. 8.

494. Про визнання бронетанкової галузі однією з пріоритетних у промисловості України та заходи щодо надання їй державної підтримки : закон України № 2211. - [Чинний від 11-01-2001] // Голос України. – 2001. – 13 лютого. – С. 8.

495. Про внесення змін до Декрету Кабінету Міністрів України “Про державний нагляд за додержанням стандартів, норм і правил та відповідальність за їх порушення” : закон України № 2439. - [Чинний від 24-05-2001] // Голос України. – 2001. – 19 червня. – С. 4.

496. Про внесення змін до деяких законів України з метою стимулювання інвестиційної діяльності : закон України № 977-14. - [Чинний від 15-06-1999] // Урядовий кур'єр. – 1999. – 21 серпня. – С. 14.

497. Про внесення змін до деяких законів України з питань інтелектуальної власності : закон України № 2188. - [Чинний від 21-12-2000] // Голос України. – 2001. – 6 лютого. – С. 4–7.

498. Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо посилення відповідальності за порушення прав на об'єкти інтелектуальної власності : закон України № 2362. - [Чинний від 5-04-2001] // Праця і зарплата. – 2001. – № 18. – С. 3.

499. Про внесення змін до Закону України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі” : закон України № 1771. - [Чинний від 1-06-2000] // Голос України. – 2000. – 11 липня. – С. 4–7.

500. Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо відповідальності за порушення у сфері метрологічної діяльності : закон України № 898-14. - [Чинний від 9-07-1999] // *Голос України*. – 1999. – 4 серпня. – С. 3.

501. Про державну підтримку космічної діяльності : закон України № 1559. - [Чинний від 16-03-2000] // *Голос України*. – 2000. – 25 квітня. – С. 5.

502. Про державну підтримку літакобудівної промисловості в Україні : закон України № 2660. - [Чинний від 12-07-2001] // *Урядовий кур'єр*. – 2001. – 15 серпня. – С. 14–15 (Орієнтир).

503. Про державну підтримку підприємств науково-дослідних інститутів і організацій, які розробляють та виготовляють боєприпаси, їх елементи та вироби спец хімії : закон України № 1991. - [Чинний від 21-09-2000] // *Голос України*. – 2000. – 2 листопада. – С. 5.

504. Про затвердження плану першочергових заходів щодо реформування системи технічного регулювання : розпорядження Кабінету Міністрів України № 1070-р. - [Чинний від 19-10-2010]. – Режим доступу : www.licasoft.com.ua/component/blog_calendar/%3Fyear%3D2010%26month%3D11%26modid%3D93%26start%3D12&sa=U&ei=HZ-XTZOIENCwhQfk1K3pCA&ved=0CA0QFjAB&usg=AFQjCNEON1YLUaHrVRv euvd44yV5tsSbfQ.

505. Прозоровский Д. Древнерусские меры жидкостей / Прозоровский Д. // *Журнал министерства народного просвещения*. – М., 1854. – Ч. 81. – № 3. – С. 230–268.

506. Прозоровский Д. И. О старинных русских мерах протяжения / Д. И. Прозоровский // *Изв. Русского археолог. общества*. – СПб, 1872. – Т. 8. – Вып. 3. – С. 258–274.

507. Про інвестиційну діяльність : закон України № 1560-ХІІ. - [Чинний від 18-09-1991] / *Закони України : 1990-1991 рр. Із змінами та доповненнями за станом на 1 січня 1996 р: в 2 т. / [упоряд. Н. Глух та ін.]*. – К. : Українська правнича фундація, 1996. – Т. 2. – С. 248–258.

508. Про метрологію та метрологічну діяльність : закон України № 113/98-ВР. - [Чинний від 11-02-1998] // Голос України. – 1998. – 13 березня. – С. 5–7.

509. Промышленная робототехника / [Бабич А. В., Баранов А. Г., Калабин И. В. и др.] ; под ред. Я. А. Шифрина. – М. : Машиностроение, 1982. – 415 с.

510. Про надання згоди на обов'язковість для України угоди про створення Українського науково-технологічного центру : закон України № 2296. - [Чинний від 15-03-2001] // Голос України. – 2001. – 10 квітня. – С. 2.

511. Проненко В. И. Метрология в промышленности / В. И. Проненко, Р. В. Якирин. – Киев : Техника, 1979. – 284 с.

512. Про приєднання України до Договору Всесвітньої організації інтелектуальної власності про авторське право : закон України № 2733. - [Чинний від 20-09-2001] // Урядовий кур'єр. – 2001. – 17 жовтня. – С. 8.

513. Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки : закон України № 2623. - [Чинний від 11-07-2001] // Урядовий кур'єр. – 2001. – 7 серпня. – С. 14.

514. Про стандартизацію : закон України № 2408. - [Чинний від 17-05-2001] // Голос України. – 2001. – 20 червня. – С. 8–9.

515. Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності : закон України № 3164-IV (з останніми змінами згідно із Законом України від 15.01.2009 № 882-VI). - [Чинний від 1-12-2005] // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2006. – № 12. – ст.101.

516. Про утворення Українського інституту якості : Постанова Кабінету Міністрів України № 800. – [Чинний від 11-07-2001] / Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 2. – С. 5.

517. Пуанкаре А. О науке / Пуанкаре А. ; под ред. Л. С. Понтрягина. – [2-е изд.] – М. : Наука, 1990. – 736 с.

518. Пуш В. Э. Конструирование металлорежущих станков / Пуш В. Э. – М. : Машиностроение, 1997. – 504 с.

519. Реєстр державних первинних і вторинних еталонів одиниць вимірювань // Режим доступа : www.metrology.kharkov.ua/ukr/etalon.

520. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения : РМГ 29 – 99. – ГСИ. – М. : Издательство стандартов, 2000 – 46 с.
521. Рекомендации по метрологии : Р 50.2.057-2007. – ГСИ. – М. : Стандартиформ, 2008. – 48 с. (Органы Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов).
522. Рыбаков Б. А. Архитектурная математика древнерусских зодчих / Б. А. Рыбаков // Советская археология. – 1957. – № 1. – С. 84–113.
523. Рыбаков Б. А. Из истории культуры Древней Руси: исследования и заметки / Рыбаков Б. А. – М. : Изд-во МГУ, 1984. – 240 с.
524. Рыбаков Б. А. Русские системы мер длины 11-15 вв. / Б. А. Рыбаков // Советская этнография. – 1949. – № 1. – С. 68–75.
525. Richard C. Dorf. Modern control systems / Richard C. Dorf. – USA. – 1990. – 629 p.
526. Рожанский И. Д. История естествознания в эпоху эллинизма и Римской империи / Рожанский И. Д. – М. : Наука, 1988. – 448 с.
527. Рожанский И. Д. Развитие естествознания в эпоху античности. Ранняя греческая наука о природе / Рожанский И. Д. – М. : Наука, 1979. – 485 с.
528. Розвиток західних областей УРСР, 1939-1989 : збірник документів і матеріалів / [відп. ред. Ю.Сливка]. – К. : Наук. думка, 1989. – 455 с.
529. Розенберг Ф. История физики : в 3 ч. / Ф. Розенберг. – М.–Л. : Государственное технико-теоретическое издательство, 1934. – Ч. 1. – 130 с.
530. Розова Н. К. Управление качеством / Розова Н. К. – СПб. : Питер, 2003. – 224 с.
531. Романова М. Ф. Интерференция света и ее применение/ Романова М. Ф. – М.–Л. : Объединенное научно-техническое издательство, 1937. – 95 с.
532. Roca P. Sul sistema metrico e numismatico dei Merovingi retormato da Carlomagno / Roca P. – Crémone, 1889. – 112 p.

533. Российская метрологическая энциклопедия / [ред. Ю. В. Тарбеев]. – СПб : Лики России, 2001. – 840 с.
534. Российский государственный военно-исторический архив в Москве : РГВИА. Ф. 18., оп. 1. Д. 127.
535. Российский государственный военно-исторический архив в Москве : РГВИА. Ф. 826. оп. 2. Д. 122.
536. Российский государственный военно-исторический архив в Москве : РГВИА. Ф. 826. оп. 2. Д. 423.
537. Российский государственный военно-исторический архив в Москве : РГВИА. Ф. 826. оп. 2. Д. 440.
538. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 20. Оп. 1. Д. 466.
539. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 20. Оп. 4. Д. 2925.
540. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 20. Оп. 5. Д. 810.
541. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 186.
542. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 201
543. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 258.
544. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 300.
545. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 304.
546. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 334.
547. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 379.

548. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 482. (482 – 888 - переписка Главной палаты мер и весов при Менделееве)

549. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 540.

550. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 686.

551. Российский государственный исторический архив в Москве: РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 717.

552. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 764.

553. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 869.

554. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 888.

555. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 1044.

556. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 28. Оп. 1. Д. 1058.

557. Российский государственный исторический архив в Москве:РГИА. Ф. 1152. Оп. 11. Д. 218.

558. Рябовол А. А. Ресурсосберегающие технологические процессы и средства технологического оснащения. Концепции развития базовых технологических направлений машиностроения / А. А. Рябовол // Материалы выставки–семинара “Днепротехномаш-95”. – Днепропетровск, 1995. – 8 с.

559. Савченко М. М. Гордость и слава России / М. М. Савченко // Наука в России. – 2003. – № 4. – С. 36–41.

560. Савченко М. М. Он мечтал о России процветающей / М. М. Савченко // Вестник Российской академии наук. – 2004. – № 3. – С. 228–245.

561. Савчук В. С. Нариси з історії фізичних досліджень на Дніпропетровщині (1917–1945) / Савчук В. С. – Дніпропетровськ : ДДУ, 1997. – 68 с.
562. Савчук В. С. У истоков Украинской ассоциации физиков (из переписки А. Г. Гольдмана и Г. Г. Де-Метца) / В. С. Савчук // Очерки истории естествознания и техники. – 1991. – Вып. 39. – С. 72–77.
563. Саєнко І. Ф. Основні аспекти визначення стандартів в дизайні та екології культури / І. Ф. Саєнко, О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 39. – С. 180–185.
564. Салганик Б. Метрологія: шляхи становлення та розвитку / Б. Салганик // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2001. – № 2. – С. 59–60.
565. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю: підручник / Саранча Г. А. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 672 с.
566. Свечников Г. С. Элементы интегральной оптики / Свечников Г. С. – М. : Радио и связь, 1987. – 102 с.
567. XIX Світовий Конгрес ІМЕСО «Фундаментальна і прикладна метрологія» // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 5. – С. 31.
568. Sedláček A. Paměti a doklady o staročeských mírách a váhách / Sedláček A. – Praha, 1923. – 498 s.
569. Самойленко О. М. Геодезичні методи визначення геометричних параметрів динамічних об'єктів : автореф. ... доктора тех. наук : 05.13.07 / Самойленко О. М. – Харків : НТУ ХПІ, 2007. – 35 с.
570. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Сена Л. А. – [3-е изд.]. – М. : Наука, 1988. – 336 с.
571. Сенік Я. Г. З історії метрології 16 – першої половини 19 ст. / Я. Г. Сенік // На док. матеріалах ЦДІА УРСР. – Львів, 1973. – С. 57–63.
572. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация / Сергеев А. Г., Латышев М. В., Терегеря В. В.. – М. : Логос, 2005. – 560 с.

573. Сергеев А. Г. Метрология / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. – М. : Логос, 2000. – 408 с.
574. Сергеев О. А. Метрологические основы теплофизических измерений / Сергеев О. А. – М. : Издательство стандартов, 1972. – 156 с.
575. Серков Н.А. Классификация координатных измерительных машин / Н. А. Серков // Научно-техн. реф. сб. НИИмаш, 1981. – № 10 : Оборудование с числовым программным управлением. – С. 8–10.
576. Седишев Є. С. Метрологія і стандартизація : [конс. лекц. для студ. 2 - 4 курс. ден. і заоч. форм навч. за напр. підг. 0921 – «Будівництво»] / Седишев Є. С. – Харків : ХНАМГ, 2008. – 84 с.
577. Сидоренко О. Ф. З давньої української метрології ("відро") / О. Ф. Сидоренко // Український історичний журнал. – Київ : Наукова думка, 1971. - № 4. – С. 74–77.
578. Сидоренко О. Ф. Історична метрологія Лівобережної України XVIII ст. / Сидоренко О. Ф. – К. : Наук. думка, 1975. – 159 с.
579. Сидоренко О. Ф. Про стан вивчення української метрології / О. Ф. Сидоренко // Український історичний журнал. – Київ : Наукова думка, 1970. - № 5. – С. 106–111.
580. Сидоренко О. Ф. Про упорядкування мір на Лівобережжі у XVIII ст. / Сидоренко О. Ф. // Історичні джерела та їх використання. – К., 1971. – Вип. 6. – С. 154–165.
581. Сидоренко Г. С. Тенденции развития метрологической системы в Украине / Г. С. Сидоренко, Б. Ф. Марков // Український метрологічний журнал. – 2003. – Вип. 4. – С. 11–15.
582. Ситкарьова О. Б. З історії будівництва оборонних споруд в Україні військовим інженером Д. Дебоскетом у середині XVIII ст. / О. Б. Ситкарьова // Український історичний журнал. – 1998. – № 1. – С. 132–137.
583. Сиу М. Новый прибор НБС для измерения эффективной теплопроводности теплоизоляционных материалов / М. Сиу, С. Булик // Приборы для научных исследований, 1981. – № 11. – С. 115–123.

584. Сквородников В. А. Нужна ли метрологам конкуренция? / В. А. Сквородников // Советник метролога. – 2007. – № 2. – С. 16–18.

585. Скворцов А. В. Отчет о деятельности поверочных палаток за 1914 г. / А. В. Скворцов // Поверочное дело. – СПб, 1916. – Вып. 1. – С. 71–92.

586. Словарь иностранных слов, вошедших в состав русского языка / [ред.-упоряд. А. Чудинов]. – 3-е изд., исправ. и доп. – СПб. : Изд-во В.И.Губинского, 1910. – 485 с.

587. Словарь русского языка: [в 4 т.] / [АН СССР, Институт русского языка ; ред. А. Евгеньева]. – 4-е изд., стереотипное. – М. : Русский язык, Полиграфресурсы, 1999– . –

Т. II. : К–О. – 1999. – 736 с.

588. Словарь русского языка / [сост. Ожегов С. И. ; ред. чл.-корр. АН СССР Шведова Н. Ю.]. – 18-е изд. – М. : Русский язык, 1987. – 797 с.

589. Смирнова Н. А. Единицы измерений массы и веса в международной системе единиц / Смирнова Н. А. – М. : Изд-во стандартов, 1966. – 60 с.

590. Смирнов Г. В. Под знаком необратимости / Г. В. Смирнов. – М., 1977. – 121 с.

591. Смирнов И. И. К вопросу о мерах в Московском государстве XVI в. / И. И. Смирнов // Ученые записки ЛГУ : Серия исторических наук, 1939. – Вып. 5. – С. 4–11.

592. Смит И. Высокотемпературная камера Дебая – Шерера / И. Смит // Приборы для научных исследований. – 1968. – № 39. – С. 88.

593. Соглашение по техническим барьерам в торговле. Всемирная торговая организация. Генеральное соглашение по тарифам и торговле // Стандарты и качество. – 1997. – № 10. – С. 2–14.

594. Создание комплекса эталонных средств измерений ТКЛР на основе применения ОКГ, автоматики и вычислительной техники / А. Н. Амануни, Т. А. Компан, Т. И. Малютин [и др.] // Метрология и точные измерения. – 1981. – № 12. – С. 10–13.

595. Соколова И. В. Монеты и печати византийского Херсонеса / Соколова И. В. – Л., 1983. – 176 с.
596. Соколовская З. К. 400 биографий ученых / Соколовская З. К. – М. : Наука, 1988. – 458 с.
597. Сокульський А.Л. З історії судноплавства в Україні: козацька «чайка» / А. Л. Сокульський // Український історичний журнал. – 2001. – № 5. – С. 75–80.
598. Соловьев В. И. Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева / Соловьев В. И. – Л. : Энергия, 1960. – 114 с.
599. Соловьев Ю. И. История химии. Развитие химии с древнейших времен до конца XIX века / Соловьев Ю. И. – М. : Просвещение, 1976. – 367 с.
600. Cohen E. The 1986 adjustment of the fundamental physical constants / Cohen E., Taylor B. // Rev. Mod. Phys., 1987. – v. 59. – p. 1121.
601. Сорокин Е. П. Не стоит забывать о национальных интересах / Е. П. Сорокин // Стандарты и качество. – 2005. – № 7. – С. 18–23.
602. Сорокин Е. П. Стандарты организаций / Е. П. Сорокин // Стандарты и качество. – 2004. – № 4. – С. 78–83.
603. Сорочан С. Б. Херсонес – Херсон – Корсунь. Путешествие через века без экскурсовода / Сорочан С. Б., Зубарь В. М., Марченко Л. В. – К. : Стилос, 2003. – 240 с.
604. Спектор С. А. Электрические измерения физических величин / Спектор С. А. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 131 с.
605. Справочник металлиста [Текст] ; [пер. с нем. Шухард и Шютте ; ред. А. Д. Гатцук и др.]. – Л. : Изд-во Сев.-Зап. Промбюро ВСНХ, 1927. – 592 с.
606. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / [сост. Варгафтик Н. Б., Филиппов Л. П., Тарзиманов А. А., Тоцкий Е. Е.]. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 350 с.
607. Стандартизация в России 1925-2000 гг. / [ред. Г. П. Воронин]. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 344 с.

608. Стандартизація і метрологія в Україні. Режим доступу : www.standartmetrol.od.ua.
609. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления / Г. Стенли. – М. : Мир, 1973. – 424 с.
610. Степанов И. Электрификация РСФСР в связи с переходной фазой мирового хозяйства / Степанов И. – М. – Л. : Гос. изд-во, 1923. – 12 с.
611. Стратегия национальной стандартизации Японии // Мир стандартов. – 2005. – № 1. – С. 48–49.
612. Стратегия французской системы стандартизации 2002-2005 гг. // Режим доступа : www.rgtr.ru/presentations/AFNOR%20-%20stratagy%20of%20standartization_rus.pdf.
613. Стрелков П. Г. Дилатометр для образцов малых размеров / П. Г. Стрелков, Г. И. Косоуров, В. Н. Самойлов // Известия АН СССР : Сер. физическая, 1953. – Т. 17. – № 3. – С. 383.
614. Строителев В. Н. Метрологическое обеспечение машиностроительных отраслей народного хозяйства / В. Н. Строителев // Труды 4-й Всесоюзной науч.-техн. конф. – Одесса, 1987. – С. 76.
615. Струмилин С. Г. Очерки экономической истории России / С. Г. Струмилин. – М., 1960. – С. 7–28.
616. Таможенные книги Московского государства XVII в. / [ред. А. И. Яковлев]. – М. – Л., 1950. – 886 с.
617. Танычин В. А. Основы стандартизации и управления качеством продукции / Танычин В. А. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 214 с.
618. Таннери П. Исторический очерк развития естествознания в Европе. 1300–1900 гг. / Таннери П. – М. – Л. : Гос. техн.-теор. изд-во, 1934. – 235 с.
619. Тарасова В. В. Метрологія, стандартизація і сертифікація / Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. ; під ред. В. В. Тарасової. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с.

620. Тарбеев Ю. В. Научно-технические перспективы обеспечения метрологической надежности средств измерений / Ю. В. Тарбеев, В. Н. Иванов, П. В. Новицкий // Измерительная техника. – 1982. – № 5. – С. 17–19.

621. Татарашвили Д. А. Государственный первичный эталон единицы теплопроводности твердых веществ / Д. А. Татарашвили, О. А. Сергеев, Ю. А. Чистяков // Измерительная техника, 1975. – № 4. – С. 18–21.

622. Тэйлор Б. Фундаментальные физические постоянные / Тэйлор Б., Лангенберг Д., Паркер У. // УФН. – 1971. – Т. 105. – С. 575–595.

623. Тэйлор Б. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика / Тэйлор Б., Паркер В., Лангенберг Д. – М. : Атомиздат, 1972. – 327 с.

624. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц : ПР 50-732-93. ГСИ. – М. : Издательство стандартов, 2007. – 20 с.

625. Tissot P. Etude historique et Juridique sur la condition des agrimensores dans l'ancienne Rome / Tissot P. – P., 1879. – 174 p.

626. Тойнби Дж. Постыжение истории. 1934-1961 гг. / Тойнби Дж. – М. : Прогресс, 1991. – 736 с.

627. Толковый словарь живого великорусского языка (1863-1866): в 4 т. / [сост. Даль В. И. ; ред. Бодуэна Куртене А. И.]. – СПб.–М. : Изд.: товарищество М.О.Вольфа. – 1903– . –

Т. II. : И–О, 1905. – 1017 с.

628. Толковый словарь по метрологии, измерительной техники и управлению качеством : основные термины / [сост. Корнеева Т. В.] – М. : Рус. яз., 1990. – 464 с.

629. Толковый словарь русского языка : [в 4 т.] / [под ред. Д.Ушакова]. – М. : Сов. энцикл. : ОГИЗ, 1935– . –

Т. 1 : А – Кюрины / [сост. Винокур Г. О., Ларин Б. А., Ожегов С. И., Томашевский Б. В., Ушаков Д. Н. ; ред. Ушаков Д. Н.]. – М. : Гос. Ин-т «Сов. Энцикл.» ; ОГИЗ, 1935. – 1567 с.

Т. 2 : Л – Ояловеть / [гл. ред. Волин Б. В., Ушаков Д. Н. ; сост. Виноградов В. В., Винокур Г. О., Ларин Б. А., Ожегов С. И., Томашевский Б. В., Ушаков Д. Н. ; ред. Ушаков Д. Н.]. – М. : Гос. Ин-т «Сов. Энцикл.» ; ОГИЗ, 1938. – 1040 с.

Т. 3 : П – Ряшка / [гл. ред. Волин Б. В., Ушаков Д. Н. ; сост. Виноградов В. В., Винокур Г. О., Ларин Б. А., Ожегов С. И., Томашевский Б. В., Ушаков Д. Н. ; ред. Ушаков Д. Н.]. – М. : Гос. Ин-т «Сов. Энцикл.» ; ОГИЗ, 1939. – 1424 с.

Т. 4 : С – Ящурный / [гл. ред. Волин Б. В., Ушаков Д. Н. ; сост. Виноградов В. В., Винокур Г. О., Ларин Б. А., Ожегов С. И., Томашевский Б. В., Ушаков Д. Н. ; ред. Ушаков Д. Н.]. – М. : Гос. Ин-т «Сов. Энцикл.» ; ОГИЗ, 1940. – 1503 с.

630. Толковый словарь служебных частей речи русского языка / [авт.-сост. Ефремова Т. Ф.]. – 2-е изд., испр. – М. : ООО «Издательство Астрель» : ООО «Издательство АСТ», 2004. – 814 с.

631. Толково-понятийный словарь русского языка : более 16 500 слов и устойчивых выражений / [сост. Шушков А.А.]. – М. : ООО «Издательство Астрель» : ООО «Издательство АСТ» : ООО «Транзиткнига», 2003. – 768 с.

632. Толмачев В. В. Сказ о том, как добровольная сертификация может помочь законодательной метрологии обеспечить единство измерений / В. В. Толмачев // Законодательная и прикладная метрология. – 2003. – № 5. – С. 11–13.

633. Томилин К. А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах / Томилин К. А. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 368 с.

634. Туз Ю. М. Еталонні перетворювачі змінної напруги / Ю. М. Туз, О. В. Рахмаїлов, М. В. Добролюбова // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2008. – № 1. – С. 74–80.

635. The ISO Survey of Certification 2008 // ISO Central Secretariat. – 2008. – 71 p.

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

637. Тюрин Н. И. Введение в метрологию / Тюрин Н. И. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 248 с.

638. Угода про технічні бар'єри у торгівлі від 15.04.1994 – Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=981_008.

639. Українська минувшина / [Пономарьов А., Артюх Л., Бетехтіна Т. та ін.]. – [2-е вид.]. – К. : Либідь, 1994. – 256 с.

640. Український центр стандартизації і метрології. Режим доступу : www.ukrcsm.kiev.ua.

641. Украинская Советская энциклопедия : [в 12 т.] / [ред. Антонов О.К.]. – К. : Сов. Энциклопедия. – Т. 6 : Лахтак – Молдовеняска. – 1981. – 552 с.

642. Урванцев Б. А. Диалектика стандарта / Урванцев Б. А. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 120 с.

643. Устюгов Н. В. Очерк древнерусской метрологии / Устюгов Н. В. // Кн. 19 : Серия «Исторические записки». – М., 1946. – С. 320–322.

644. Ушаков И.Е. Прикладная метрология / И. Е. Ушаков, И. Ф. Шишкин. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – СПб : СЗТУ, 2002. – 116 с.

645. Фарзани Н. Г. Технологические измерения и приборы : [учеб. для студ. вузов по спец. «Автоматизация технологических процессов и производств»] / Фарзани Н. Г., Илясов Л. В., Азимзаде А. Ю. – М. : Высшая школа, 1989. – 456 с.

646. Фефелов Н. П. Введение в измерительную технику : [учеб. пособ. для студ. вузов] / Фефелов Н. П. – Томск : Изд-во Томского университета, 1976. – 204 с.

647. Фейнман Р. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Р. Фейнман // Химия и жизнь. – 2002. – № 12. – С. 21–26.

648. Физическая энциклопедия : [в 5 т.] / [под ред. А.М.Прохорова]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1988-1998. –

- Т. 1. : Ааронова-Длинные. – 1988. – 704 с.
- Т. 2. : Добротность-Магнитооптика. – 1990. – 704 с.
- Т. 3. : Магнитоплазменный-Пойнтинга теорема. – 1992. – 672 с.
- Т. 4. : Пойнтинга-Робертсона стримеры. – 1994. – 704 с.
- Т. 5. : Стробоскопические приборы-Яркость. – 1998. – 691 с.
649. Физический энциклопедический словарь : [в 5 т.] / [под ред. Б. А. Введенского]. – М. : Гос. научное изд. «Советская Энциклопедия», 1963. – Т. 3 : Литосфера – Пи-мезоны. – 624 с.
650. Физический энциклопедический словарь / [под ред. А. М. Прохорова]. – М. : Советская энциклопедия. – 1983. – 928 с.
651. Філіпчук Г. Історичні коріння стандартизації / Г. Філіпчук, О. Цициліано, В. Дерев'яно // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 2. – С. 29–32.
652. Флоранц Н. Стандартизація і економічні системи / Флоранц Ніколя, Тьєррі Кринью // Стандарти і якість. – 2000. – № 7. – С. 28–31.
653. Фльори П. Фазові переходи / П. Фльори // Успехи фізических наук. – 1982. – № 138. – С. 129–150.
654. Фок В. А. Квантова фізика і строєння матерії / Фок В. А. – [2-е изд. испр.] – М. : Изд-во Книжний дом «Либриком». – 2010. – 72 с.
655. Фок В. А. Квантова фізика і філософські проблеми / В. А. Фок // Вопросы философии. – М., 1970. – № 4. – 55–65 с.
656. Фомин В. И. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация : [учеб. пособие] / Фомин В. И. – М., 2002. – 384 с.
657. Фонди національного Києво-Печерського історико-культурного заповідника, КПЛ-Ф-5515.
658. Форостяна Н. П. Історичні аспекти у вивченні молекулярної фізики в середніх загальноосвітніх навчальних закладах України : Дис... канд. пед. наук : 13.00.02 / Форостяна Нінель Петрівна, Національний педагогічний ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2002. – 225 с.

659. Френкель Я. И. На заре новой физики / Френкель Я. И. – Л. : Наука, 1970. – 384 с.
660. Френкель Я. И. Теоретическая физика в СССР за 30 лет / Я. И. Френкель // Успехи физических наук. – 1947. – № 33. – С. 294–317.
661. Фридман А. Э. Основы метрологии. Современный курс / Фридман А.Э. – СПб : НПО «Профессионал». – 2008. – 284 с.
662. Фрумкин В. Д. Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике / В. Д. Фрумкин, Н. А. Рубичев. – М. : Машиностроение, 1987. – 168 с.
663. Хамханова Д. Н. Прикладная метрология / Хамханова Д. Н. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2006. – 160 с.
664. Хартли Дж. ГПС в действии / Хартли Дж. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
665. Харт Х. Введение в измерительную технику / Харт Х.; [пер. с нем.]. – М. : Изд-во «Мир», 1999. – 391 с.
666. Хвольсон А. Д. О Метрической системе мер и весов и о ее введении в России / Хвольсон А. Д. – СПб., 1884. – 152 с.
667. Химмингер В. Калориметрия / В. Химмингер, Г. Хене. – М. : «Химия», 1989. – 175 с.
668. Хэнш Т. Страсть к точности (Нобелівська лекція з фізики 2005 р.) / Т. Хенш // УФН. – 2006. – № 176. – С. 1368–1380.
669. Ходжаева Р. Б. Исторические аспекты возникновения и развития процессов контроля качества технологий и материалов: дис. ... кандидата техн. наук : 07.00.10 / Ходжаева Р. Б. – Уфа, 2006. – 137 с.
670. Хокинг С. Краткая история времени : От большого взрыва до черных дыр / Хокинг С. ; [пер. с англ. Н. Я. Смородиной]. – СПб. : Амфора, 2001. – 268 с.
671. Хокс П. Электронная оптика и электронная микроскопия / Хокс П. ; [пер. с англ. под ред. И. Г. Стояновой]. – М. : Мир, 1974. – 319 с.

672. Холл Дж. Определение и измерение оптических частот (Нобелівська лекція з фізики 2005 р.) / Дж. Холл // УФН. – 2006. – № 176. – С. 1353–1367.

673. Хоменко Л. Г. Історія кібернетики та інформатики: дис. ... доктора іст. наук : 07.00.07 / Хоменко Л. Г. – К., 2000. – 377 с.

674. Hoffmann P. Zeitschrift fur Geschtwissen – schaft / Hoffmann P. – Berlin, 1965. – Heft 8. – 1472 s.

675. Хохлов Ю. Измерение, контроль и диагностика с помощью компьютера / Ю. Хохлов, А. Литвин // Компьютеры + программы. – 1996. – № 2. – С. 42–45.

676. Хохлянський Л. М. Дизайн : [учеб. пособие] / Л. М. Хохлянський, А. С. Щипанов. – М., 1985. – 289 с.

677. Храмова-Баранова Е. Л. Метрология в России и Украине (конец XIX–начало XX в.) / Е. Л. Храмова-Баранова // Проблемы и перспективы развития современной гуманитаристики : история, филология, философия, искусствоведение, культурология : I Международ. дистанцион. науч.-практ. конф., 30 июня 2012 г. : сбор. трудов. – Ростов-на-Дону : Изд-во «Научное сотрудничество», 2012. – С. 54–59.

678. Храмова-Баранова Е. Л. Развитие метрологии в Российской империи (XIX–начало XX в.) / Е. Л. Храмова-Баранова // Научная дискуссия : инновации в технических, естественных, математических и гуманитарных науках : II Международ. заочная науч.-практ. конф., 25 июня 2012 г. : сбор. материалов. – Москва : Изд-во «Международный центр науки и образования», 2012. – С. 99–103.

679. Храмова-Баранова Е. Л. Становление исторической метрологии в России и Украине / Е. Л. Храмова-Баранова // Научные итоги 2011 года : достижения, проекты, гипотезы : I Международ. науч.-практ. конф., 26 декабря 2011 г. : сбор. материалов – Ч. 1. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – С. 51–56.

680. Храмова-Баранова Е. Л. Становление метрологии в России и Украине (XVI–XVII в.) / Е. Л. Храмова-Баранова // Многоликий дискурс : заоч.

международ. науч. конф., январь 2012 р. : монография. Россия-Мексика. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, Изд-во НОЦ «КНОП», 2012. – С. 642–650.

681. Храмова-Баранова О. Л. Аналіз необхідності симбіозу архітектурної і дизайнерської творчості як стандарту сучасного етапу і його перспективи / О. Л. Храмова-Баранова, Т. О. Рудакова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 44. – С. 226–231.

682. Храмова-Баранова О. Л. Аналіз розвитку інституційних центрів з метрології в Україні / О. Л. Храмова-Баранова // Наукові праці : Науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во МФ НаУКМА, 2003. – Вип. 14 : Історичні науки. – С. 165–168.

683. Храмова-Баранова О. Л. Внесок Д.І.Менделєєва в становлення метрології та метрологічних установ на початку ХХ ст. / О. Л. Храмова-Баранова // Історія розвитку науки, техніки та освіти : ІХ міжнарод. мол. наук.-практ. конф., 17 травня 2011 р. : зб. праць. – К., 2011. – С.109–111.

684. Храмова-Баранова О. Л. Внесок родини Бобринських у культурну спадщину України в національних тенденціях візуальної комунікації / О. Л. Храмова-Баранова, Є. Д. Вовченко // Візуальність в контексті культурних практик : ІІ всеукр. наук.-практ. конф., 13-14 жовтня 2011 р. : матеріали – Черкаси : Брама-Україна, 2011. – С. 201–203.

685. Храмова-Баранова О. Л. Внесок родини Бобринських у культурну спадщину України: минуле і сьогодення / О. Л. Храмова-Баранова, Є. Д. Вовченко, В. А. Афонін // Дизайн-освіта 2011 : VI Міжнародний форум, 30 жовтня – 4 листопада 2011 р. : зб. наук. пр. – Х. : ХДАДМ, 2011. – С. 8–10.

686. Храмова-Баранова О. Л. Деякі аспекти розвитку метрології, стандартизації і сертифікації в Україні / О. Л. Храмова-Баранова // Сучасна наука та технології : від фундаментальних досліджень до комерціалізації результатів НДДКР : матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., 10 березня 2010 р. : тези доп. – К. : Феникс, 2010. – С. 241–242.

687. Храмова-Баранова О. Л. Деякі нариси з розвитку метрології і стандартизації на початку ХХ ст. / О. Л. Храмова-Баранова // Завдання кафедр суспільних наук в умовах реформування гуманітарної освіти в Україні : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 11-12 травня 2010 р. : тези доп. – Одеса : Одеський національний політехнічний університет «Пальміра», 2010. – С. 78–82.

688. Храмова-Баранова О. Л. Деякі сторінки з історії розвитку дизайну в ХХ сторіччі / О. Л. Храмова-Баранова, І. Ф. Саєнко // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 26. – С. 213–219.

689. Храмова-Баранова О. Л. Деякі сторінки історії розвитку графічного дизайну в Україні у ХХ ст. та його періодизація / О. Л. Храмова-Баранова // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П.Могили, 2006. – Т. 48. – Вип. 35 : Історичні науки. – С. 131–134.

690. Храмова-Баранова О. Л. Деякі сторінки історії становлення сертифікації від клейма і торгової марки / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв: Зб. наук. праць. – Харків: ХДАДМ, 2011. – № 1. – С. 68–71.

691. Храмова-Баранова О. Л. Д. І. Менделєєв у становленні та розвитку метрології в Україні / О. Л. Храмова-Баранова // Історичні і політологічні дослідження : Науковий журнал. – Донецьк, 2004. – № 3 (21). – С. 81–83.

692. Храмова-Баранова О. Л. До історії метрології та інституційних метрологічних центрів в Україні (друга половина ХІХ – поч. ХХ століть) / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – К., 2007. – Вип. 31. – С. 220–224.

693. Храмова-Баранова О. Л. До історії становлення і розвитку стандартизації / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 37. – С. 229–235.

694. Храмова-Баранова О. Л. Загальна концепція науки і мистецтва в творчості Леонардо да Вінчі / О. Л. Храмова-Баранова, Т. О. Рудакова, В. Г.

Барон // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2009. – № 14. – С. 151–156.

695. Храмова-Баранова О. Л. Метрологія: еволюція змісту та завдань (новий погляд) / О. Л. Храмова-Баранова // Наука та наукознавство. – 2012. – № 4. – С. 118-128.

696. Храмова-Баранова О. Л. Зародження метрології як науки від Галілея і Ньютона / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – К., 2009. – Вип. 40. – С. 230–235.

697. Храмова-Баранова О. Л. Значення метрологічних уявлень в розвитку технічної естетики на початку її формування / О. Л. Храмова-Баранова, Т. О. Рудакова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2010. – № 2. – С. 105–109.

698. Храмова-Баранова О. Л. Історико-культурний контекст розвитку метрологічних уявлень на території України / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – К., 2008. – Вип. 35. – С. 214–219.

699. Храмова-Баранова О. Л. Історичні етапи становлення і розвитку комп'ютеризації в контексті світового розвитку / О. Л. Храмова-Баранова, А. Ю. Більбот // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2005. – Вип. 18. – С. 206–211.

700. Храмова-Баранова О. Л. Історіографія метрології, стандартизації і сертифікації як складова історії культури / О. Л. Храмова-Баранова // Пріоритети української науки і техніки : XVII всеукр. наук. конф. мол. іст. наук., техн. та освіти та спец., 20 квітня 2012 р. : матеріали. – К., 2012. – С. 288–291.

701. Храмова-Баранова О. Л. Історіографія та періодизація вітчизняної метрології як науки у світовому контексті / О. Л. Храмова-Баранова // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. П.Могили, 2005. – Т. 37. – Вип. 24 : Історичні науки. – С. 115–117.

702. Храмова-Баранова О. Л. Історіографія та періодизація метрології як науки в Україні в світовому контексті / О. Л. Храмова-Баранова // Наукові праці історичного факультету Запорізького державного університету. – Запоріжжя : Просвіта, 2005. – Вип. ХІХ. – С. 386–389.

703. Храмова-Баранова О. Л. Історія метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в другій половині ХХ ст. / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : Історія науки і техніки. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2012. – № 42. – С. 165–171.

704. Храмова-Баранова О. Л. Історія метрології і стандартизації в Україні в складі СРСР до 1940-х років / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : Історія науки і техніки. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2011. – № 64. – С. 160–166.

705. Храмова-Баранова О. Л. Історія прикладної метрології в Україні (ХVІІІ–середина ХХ ст.) : [монографія] / Храмова-Баранова О. Л. ; під. ред. Ю. О. Храмова. – Черкаси, 2010. – 282 с.

706. Храмова-Баранова О. Історія розвитку сертифікації / Олена Храмова-Баранова // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Історія. – Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2009. – Вип. 2. – С. 244–247.

707. Храмова-Баранова О. Л. Історія розвитку сертифікації / О. Л. Храмова-Баранова // чотирнадцята Всеукр. конф. мол. істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів, 20 травня 2009 р. : матеріали – К. : Центр досліджень з історії науки і техніки ім. О.П. Бородіна Державного економіко-технологічного університету транспорту, 2009. – С. 219–224.

708. Храмова-Баранова О. Л. Метрологічний музей: історичний досвід і перспективи / О. Л. Храмова-Баранова // Технический музей: история, опыт, перспективы : 3-я міжнарод. наук.-практ. конф., 24-26 травня 2012 р. : матеріали. – К., 2012. – С. 90–93.

709. Храмова-Баранова О. Л. Метрологічний музей: культурологічний аспект і історичний досвід / О. Л. Храмова-Баранова, В. Барон // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2011. – № 10. – С. 116–118.

710. Храмова-Баранова О. Л. Метрологія в Україні від давнини до сьогодення / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – К., 2003. – Вип. 12. – С. 214–222.

711. Храмова-Баранова О. Л. Метрологія і стандартизація на початку ХХ ст. : сторінки історії / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – К., 2009. – Вип. 38. – С. 243–249.

712. Храмова-Баранова О. Л. Метрологія і стандартизація як основа розвитку технічної культури на теренах України в давнині / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2011. – № 4. – С. 162–165.

713. Храмова-Баранова О. Л. Міжнародна конвенція з метрології і її значення в становленні метрології як науки в Україні / О. Л. Храмова-Баранова // Гуманітарний вісник : всеукр. зб. наук. праць. – Число 17. – Вип. 3. – Черкаси : ЧДТУ, 2011. – С. 70–73. – (Серія : Історичні науки).

714. Храмова-Баранова О. Л. Нариси з еволюції прикладної метрології / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Національного університету «Харківський політехнічний інститут» : Зб. наук. праць. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – № 48. – С. 130–135.

715. Храмова-Баранова О. Л. Нариси з історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні в XVIII – ХХ ст. / О. Л. Храмова-Баранова // Актуальні питання історії науки і техніки : 10-а всеукр. наук. конф., 6-8 жовтня 2011 р. : матеріали. – К. : Центр пам'ятниковознавства НАН України і УТОПІК, 2011. – С. 226–228.

716. Храмова-Баранова О. Л. Номенклатура показників якості в дизайні: проблема і практичне рішення / О. Л. Храмова-Баранова, І. Ф. Саєнко // Вісник

Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2008. – № 11. – С.125–130.

717. Храмова-Баранова О. Л. Основні періоди розвитку метрології, стандартизації і сертифікації в Україні, їх характеристика / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : Історія науки і техніки. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2011. – № 20. – С. 172–175.

718. Храмова-Баранова О. Л. Особливості формування законодавчої бази метрології: історія і перспективи / О. Л. Храмова-Баранова // Інноваційна політика та законодавство в Європейському союзі та Україні : формування, досвід, напрямки наближення : XXIV Київський міжнарод. симпозіуму з наукознавства та науково-технічного прогнозування, 2-3 червня 2011 р. : матеріали – К. : Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України, 2011. – С. 235–238.

719. Храмова-Баранова О. Л. Передісторія сертифікації, її значення і формування законодавчої бази / О. Л. Храмова-Баранова // Наука та наукознавство. – 2009. – № 1. – С. 173–179.

720. Храмова-Баранова О. Л. Періодизація історії метрології, стандартизації і сертифікації в Україні / О. Л. Храмова-Баранова // Пріоритети української науки і техніки : XVI всеукр. наук. конф. мол. іст. освіти, наук. і техн. та спец., 18 травня 2011 р. : матеріали. – К., 2011. – С. 288–291.

721. Храмова-Баранова О. Л. Перші уявлення з метрології та стандартизації в Причорномор'ї, зарубинецькій і черняхівській культурах / О. Л. Храмова-Баранова // Наукові праці: науково-методичний журнал. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. П.Могили, 2011. – Т. 154. – Вип. 142 : Історія. – С. 109–112.

722. Храмова-Баранова О. Л. Розвиток метрології і стандартизації в Україні в складі СРСР у 1920-х рр. / О. Л. Храмова-Баранова // Історія розвитку науки, техніки та освіти : X міжнарод. мол. наук.-практ. конф., 19 квітня 2012 р. : зб. праць. – К., 2012. – С.124–127 .

723. Храмова-Баранова О. Л. Розвиток метрологічної вимірювальної техніки в Україні в останній чверті ХХ ст. : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. іст. наук : спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» / О. Л. Храмова-Баранова. – К., 2003. – 20 с.

724. Храмова-Баранова О. Л. Розвиток метрологічної вимірювальної техніки в Україні в останній чверті ХХ ст. : дис. ... кандидата іст. наук : 07.00.07 / Храмова-Баранова Олена Леонідівна. – К., 2003. – 209 с.

725. Храмова-Баранова О. Л. Стандартизація і сертифікація: культурологічний аспект / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв : Зб. наук. праць. – Харків : ХДАДМ, 2011. – № 8. – С.128–130.

726. Храмова-Баранова О. Л. Стандартизація і якість в дизайні : деякі сторінки історії, проблеми і практичне рішення / О. Л. Храмова-Баранова // Деякі сторінки історії, проблеми і практичне рішення : тринадцята Всеукр. конф. мол. істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів, 23 травня 2008 р. : матеріали – К. : Центр досліджень з історії науки і техніки ім. О.П. Бородіна Державного економіко-технологічного університету транспорту, 2008. – С. 224–228.

727. Храмова-Баранова О. Л. Стандартизація, основні аспекти розвитку / О. Л. Храмова-Баранова // Наука та наукознавство. – 2009. – № 4. – С. 61–67.

728. Храмова-Баранова О. Л. Стандартизація технічної естетики: сторінки історії, проблеми і практичне рішення / О. Л. Храмова-Баранова // Вісник Національного університету «Харківський політехнічний інститут» : Зб. наук. праць. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – № 29. – С. 163–167.

729. Храмова-Баранова О. Л. Стан і потреби вітчизняного виробництва у вимірювальній техніці України кінця ХХ століття / О. Л. Храмова-Баранова // Актуальні питання історії техніки : 6-а всеукр. наук. конф., 4-5 грудня 2008 р. : матеріали – К. : Державний політехнічний музей при НТУУ «КПІ», ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2009. – С. 203–207.

730. Храмова-Баранова О. Л. Становлення і розвиток інституційних центрів з метрології, стандартизації і сертифікації в Україні, їх значення / О. Л. Храмова-Баранова // Актуальні питання історії науки і техніки : 9-а всеукр. наук. конф., 7-9 жовтня 2010 р. : матеріали. – Житомир, 2010. – С. 45–47.

731. Храмова-Баранова О. Л. Становлення метрологічних уявлень у Київській Русі / О. Л. Храмова-Баранова // Праці наукового товариства ім. Шевченка : Науковий журнал. – Львів, 2004. – Т. 13. – С. 17–24.

732. Храмова-Баранова О. Л. Становлення метрології в Україні (XVIII–XIX ст.) / О. Л. Храмова-Баранова // п'ятнадцята Всеукр. наук. конф. мол. істориків освіти, науки і техніки та спеціалістів, 21 травня 2010 р. : матеріали – К. : Центр досліджень з історії науки і техніки ім. О.П. Бородіна Державного економіко-технологічного університету транспорту, 2010. – С. 184–189.

733. Храмова-Баранова О. Л. Формування законодавчої бази з метрології в Україні в світовому контексті : основні засади / О. Л. Храмова-Баранова // Історія української науки на межі тисячоліть : Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 43. – С. 222–231.

734. Храмова-Баранова О. Л. Центри метрології, стандартизації і сертифікації в Україні: історія створення і перспективи / О. Л. Храмова-Баранова // Наука та наукознавство. – 2011. – № 1. – С. 63–70.

735. Храмов Ю. А. И. Ньютон как физик и философ / Ю. А. Храмов, В. Л. Храмова // Математическое естествознание в его развитии. – К. : Наук. Думка, 1987. – С. 8–15.

736. Храмов Ю. А. История физики / Храмов Ю. А. – К. : Феникс, 2006. – 1176 с.

737. Храмов Ю. А. История формирования и развития физических школ на Украине / Храмов Ю. А. – К. : Феникс, 1991. – 216 с.

738. Храмов Ю. А. Краткая история развития физики на Украине / Ю. А. Храмов // Очерки истории естествознания и техники. – 1991. – Вып. 39. – С. 11–19.

739. Храмов Ю. А. Научный лидер и его характерные черты / Ю. А. Храмов // Наукоеведение и информатика. – 1986. – Вып. 27. – С. 81–91.
740. Храмов Ю. А. Развитие исследований по физике на Украине в институтах (1926–1976). Ч. 1 / Храмов Ю. А. – Киев, 1978. – (Препринт Ин-та теор. физики).
741. Храмов Ю. А. Развитие исследований по физике на Украине в институтах (1926–1976). Ч. 2 / Храмов Ю. А. – Киев : ИТФ, 1978. – (Препринт / НАН Украины, Ин-т теор. физики).
742. Храмов Ю. А. Физики: Биографический справочник / Ю. А. Храмов. – [2-е изд., испр. и дополн.]. – М. : Наука, 1983. – 400 с.
743. Храмов Ю. А. Школы в науке / Ю. А. Храмов // Вопросы истории естествознания и техники. – 1982. – № 3. – С. 54–67.
744. Храмов Ю. О. Квантова механіка: витоки та історія створення / Ю. О. Храмов // Наука та наукознавство. – 2002. – № 2. – С. 107–122.
745. Храмов Ю. О. Научные школы в физике / Храмов Ю. А.— К.: Наукова думка, 1987.
746. Храмов Ю. О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів / Храмов Ю. О. – К. : Фенікс, 2012. – 816 с.
747. Храмов Ю. Ранняя історія академії наук України (1918-1921) / [Храмов Ю., Руда С., Павленко Ю., Кучмаренко В.]. – Київ : «Манускрипт», 1993. – 248 с.
748. Худяков П. К. Краткий очерк развития машиностроения в России / П. К. Худяков // Производительные силы России. Отдел XII. – СПб., 1896. – С. 1–11.
749. Царюк В. Одеса : 100 років ДЦСМС / В. Царюк, В. Беседовський // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – № 4. – С. 59–60.
750. Центральный государственный архив древних актов: ЦГАДА. Госархив, разряд 19, Д. 358.
751. Центральный государственный архив научно-технической документации, Санкт-Петербург (ЦГАНТД): ЦГАНТД. Ф. 204. Оп. 1-1. Д. 103.

752. Центральный государственный архив народного хозяйства СССР:ЦГАНХ СССР. Ф. 9569, Оп. 1, Д. 20. (Фонды личного происхождения : Путеводитель / Сост. М. И. Кулькова, А. А. Новикова, Л. Е. Татиевская [Ред. В. В. Цаплин и др.]. – М. : ГАУ, 1987. – 263 с.).

753. Цюцюра В. Д. Метрологія та основи вимірювань / В. Д. Цюцюра, С. В. Цюцюра. – К. : Знання-Прес, 2003. – 180 с.

754. Цюцюра С. В. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація / С. В. Цюцюра, В. Д. Цюцюра. – К. : Знання, 2005. – 242 с.

755. Чалий С. Метод та інформаційна технологія створення еталонів одиниць вимірювання в умовах обмежених ресурсів / С. Чалий, В. Чалий, Т. Ільницька // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 2. – С. 34–38.

756. Чандрасекар С. Стохастические проблемы в физике и астрономии / С. Чандрасекар ; [пер. с англ. К. П. Гурова]. – М. : Госинлитиздат, 1947. – 168 с.

757. Чеканов А. А. Виктор Львович Кирпичев / Чеканов А. А. – М. : Наука, 1982. – 175 с.

758. Черепнин Л. В. Русская метрология / Черепнин Л. В. – М., 1944. – 96 с.

759. Черепнин Л. В. Русская хронология / Черепнин Л. В. – М., 1944. – 94 с.

760. Черков А. Ю. Семь раз отмерь / Черков А. Ю. – СПб., 2006. – 102 с.

761. Черняев А. Ф. Золото Древней Руси / Черняев А. Ф. – М., 1998. – 144 с.

762. Чудов В. А. Размерный контроль в машиностроении / Чудов В. А. – М. : Машиностроение, 1982. – 254 с.

763. Чуистова Л. И. Античные и средневековые весовые системы, имевшие хождение в Северном Причерноморье / Л. И. Чуистова // Археология и история Боспора. – Симферополь, 1962. – Вып. 2. – С. 44–87.

764. Шабалин С. А. Измерение для всех / Шабалин С. А. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 560 с.

765. Шабалин С. А. Прикладная метрология в вопросах и ответах / Шабалин С. А. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 192 с.
766. Шаповал В. Планування стандартизації: завдання та проблеми / В. Шаповал // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 2. – С. 6–14.
767. Шаповал М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації / Шаповал М. І. – [3-є вид.]. – К. : Європейський університет фінансів, інформації, систем, менеджменту і бізнесу, 2000. – 174 с.
768. Шарапов В. М. Пьезоэлектрические датчики / Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. – Москва, Техносфера, 2006. – 632 с.
769. Шендеровський В. Український Едісон : Микола Пильчіков (21.05.1857–19.05.1908) / В. Шендеровський // Нехай не згасне світ науки. – К., 2003. – С. 228–242.
770. Шварабович А. С. Технические университеты / Шварабович А. С. – М., 1910. – 20 с.
771. Широков К. П. 100 лет метрической конвенции / Широков К. П., Балалаев В. А., Селиванов П. Н. ; под ред. В. О.Арутюнова. – М: Изд-во стандартов, 1975. – 104 с.
772. Широков К. П. Международная система единиц / К. П. Широков, М. Г. Богуславский. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 112 с.
773. Шишкин И. Ф. Качество и единство измерений / Шишкин И. Ф. – Л. : СЗПИ, 1982. – 315 с.
774. Шишкин И. Ф. Метрология, стандартизации и управление качеством / Шишкин И. Ф. ; под ред. акад. Н. С. Соломенко – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.
775. Шишкин И. Ф. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества / Шишкин И. Ф. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 320 с.
776. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология : Часть 1. Общая теория измерений : [учебник для вузов] / Шишкин И. Ф. – [4-е изд.]. – СПб. : Питер, 2010. – 192 с.

777. Школы в науке : [сборник / ред. Микулинского С. Р. и др.]. – М. : Наука, 1977. – 523 с.
778. Шманько І. І. Нариси з історії фізики з елементами краєзнавства / І. І. Шманько, Л. І. Золотун. – Ужгород : Мистецька лінія, 2001. – 135 с.
779. Шмелева И. Н. Лексика торговой книги XVI в. (из истории словарного состава русского языка) / И. Н. Шмелева // Учебные записки Ленинградского ун-та. – № 267. – Вып. 52 : Серия. Филология. – 1960 . – С. 87–88.
780. Шостъин Н. А. Менделеев и проблемы измерений / Шостъин Н. А. – М. : Коммерприбор, 1947. – 200 с.
781. Шостъин Н. А. Очерки истории русской метрологии : XI – нач. XX вв. / Шостъин Н. А. – М. : Изд-во стандартов, 1975. – 272 с.
782. Шпольский Э. В. Атомная физика : в 2-х т. / Шпольский Э. В. – М. : Наука, 1974. – Т. 2. – 448 с.
783. Шредингер Э. Новые пути в физике : Статьи и речи / Шредингер Э. – М. : Наука, 1971. – 427 с.
784. Штрум Л. Я. Розвиток науки в Київському державному університеті за 100 років / Штрум Л. Я. – К. : Вид-во Київ.ун-ту. – 1935. – 42 с.
785. Шумега С. С. Дизайн. Історія зародження та розвитку дизайну / Шумега С. С. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 300 с.
786. Шунков В. И. Меры сыпучих тел в Сибири XVII в. / В. И. Шунков // Академику Б. Д. Грекову ко дню семидесятилетия. – М., 1952. – С. 166–171.
787. Шур В. Л. История развития и современное состояние эталонных измерений длины / В. Л. Шур // Российская метрологическая энциклопедия. – СПб., 2001. – С. 224.
788. Юзьків Я. Національна система стандартизації на сучасному етапі / Я. Юзьків // Проблеми української термінології : Міжнар. наук. конф., 30 вер. – 1 жовт. 2008 р. : зб. наук. праць. – К., 2008. – С. 3–8.

789. Юзьків Я. Узагальнена оцінка ситуації у сфері стандартизації та суміжних видів діяльності / Я. Юзьків, О. Цициліано // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2008. – № 3. – С. 25–39.
790. Юхновський І. Р. Вибрані праці. Фізика / Юхновський І. Р. – Л. : Вид-во університету «Львівська політехніка», 2005. – 858 с.
791. Яковлев В. Б. Высокий уровень метрологического обеспечения – надёжный гарант качества: ОАО “Мотор Сич” / В. Б. Яковлев // Винахідник і раціоналізатор. – 2000. – № 1. – С. 57.
792. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / Якушев А. И. – М : Машиностроение, 1985. – 352 с.
793. Якушев А. И. Основы взаимозаменяемости и технические измерения / Якушев А. И. – М. : Машиностроение, 1968. – 350 с.
794. Янин В. Л. Актовые печати Древней Руси X–XV вв. : в 3-х т. / В. Л. Янин. – М. : Наука, 1970. – Т. 1 : Печати X– начала XIII в. – 326 с.
795. Янин В. Л. Актовые печати Древней Руси X–XV вв. : в 3-х т. / В. Л. Янин. – М. : Наука, 1970. – Т. 2 : Новгородские печати XIII–XV вв. – 367 с.
796. Янин В. Л. Актовые печати Древней Руси X–XV вв. : в 3-х т. / В. Л. Янин, П. Г. Гайдуков. – М. : Наука, 1998. – Т. 3 : Печати, зарегистрированные в 1970 – 1996 гг. – 504 с.
797. Янин В. Л. Денежно-весовые системы русского средневековья. Домонгольский период / Янин В. Л. – М., 1956. – 160 с.
798. Ярив А. Введение в теорию и приложения квантовой механики / Ярив А. – М. : Мир, 1984. – 360 с.
799. Ярив А. Квантовая электроника / Ярив А. – М. : Советское радио, 1980. – 488 с.
800. Ярославский центр стандартизации, метрологии и сертификации в документах и материалах / [ред. А.П.Чиркова]. – Рыбинск : ООО «Формат-принт», 2006. — 320 с.
801. Ястржембский А. С. Термодинамика и история ее развития / Ястржембский А. С. – М.–Л. : Энергия, 1966. – 667 с.

802. Ястржембский А. С. Техническая термодинамика / Ястржембский А. С. – [8-е изд. доп и перераб.]. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1960. – 496 с.

803. Яценко П. Ф. Единственная система управления метрологическим надзором за производством / П. Ф. Яценко // Измерительная техника. – 1975. – № 1. – С. 15.

ДОДАТКИ

Додаток А

Акт впровадження дисертаційного дослідження

Додаток Б

Таблиця Б.1

Ассиро-вавилонська система (II тис. до н.е.) [27; 30; 174]

Міри довжини:

ашлу (віршовка) = 10 гар = 59,4 м; гар = 12 амматум = 5,94 м
Амматум (лікоть) = 24 убан = 49,5 см; убан (палець) = 20,6 мм

Міри площі:

буру = 3 еблу; еблу = 6 іку; іку = 100 сар
сар (гар) = 60 гін = 35,28 м²; гін = 3 ше = 0,59 м²; ше (зерно) = 0,2 м²

Міри об'єму тіл:

гур = 3 імеру = 252,6 л; імеру (в'юк на віслюку) = 100 ка = 84,2 л; ка = 0,84 л

Міри ваги:

талан (бітум) = 60 мін = 30,3 кг; міна (манум) = 60 шекелів = 505 г
шекель (тіклум, сікль) = 180 ше = 8,4 г; ше (шум) = 46 мг

Ассиро-халдейсько-персидська система (після VI ст. до н.е.)

Міри довжини:

статмос (мансіон) = 4 парасанг = 25,6 км; парасанг = 250 чебель = 6,4 км
чебель = 4 кубіт = 25,6 м; кубіт (лікоть) = 2 зерець = 64 см
зерець (фут) = 4 долоні = 32 см; долонь = 4 пальці = 8 см; палець = 2 см
шем = 4 милі = 6,91 км; миля = 1,73 км; стадія = 230,4 м; крок = 1,92 м

Міри площі:

гур = 10 ган; ган = 10 десяток; десяток = 10 гар; гар = 14,7 м²

Міри об'єму тіл:

гаріба = 8 амфорам = 260,8 кг; велика артаба = 2 амфори = 65,2 кг
 мала артаба = 48,9 кг; амфора = 2 веби = 32,6 кг
 веб (модій) = 4 макуки = 16,3 кг; макук = 4 кадоси = 4,08 кг; кадос = 1,02 кг

Міри ваги:

талан = 50 мін = 32,6 кг; міна = 100 драхм = 652 г; драхма = 6,52 г
 персидський золотий талан = 60 мін = 25,2 кг; персидська золота міна = 420 г

Давньоєгипетська система (II тис. до н.е.)

Міри довжини:

ітеру = 4000 мех; хет = 100 мех; мех (лікоть) = 7 шесп = 52,3 см
 шесп (долонь) = 4 джеб = 7,47 см; джеба (палець) = 1,87 см

Міри об'єму тіл:

хар (мішок) = 20 хекат простих = 95,7 л (до XVI ст. до н.е.)
 хар = 4 хекат четвертних = 75,56 л (після XVI ст. до н.е.)
 хекат четвертний = 19,14 л; хекат простий = 4,785 л

Міри ваги:

дебен = 10 кедет = 12 шат = 91 г; кедет (кіте) = 9,1 г; шат (кільце) = 7,5 г

Давньоєгипетська система (V-I ст. до н.е.)

Міри довжини:

атур царський = 10,47 км; миля = 10 стадій = 1,745 км; стадія = 174,5 м
 хет = 25 оргій = 52,35 м; оргія = 2,094 м
 мех (лікоть) царський = 52,35 см; зерець (фут) = 26,175 см; крок = 81,44 см
 шесп = 4 джеб = 8,725 см; джеба (палець) = 2,18 см

Міри площі:

сета = 2 ремени; ремен = 5 десяток; десяток = 10 пекейс
 пекейс = 100 ліктям² царським = 27,4 м²; лікоть² царський = 0,274 м²

Міри ваги:

кіккар (талан) = 50 мін = 42,5 кг; міна = 850 г

Таблиця Б.2

Давньокитайська система (III ст. до н.е. - I ст. н.е.) [30; 174; 426]

Міри довжини:

1 лі = 18 інь = 498 м; 1 інь = 10 чжан = 27,65 м; 1 чжан = 10 чи = 2,765 м
 1 чи = 10 цунь = 27,63 см; 1 цунь = 10 фень = 2,765 см; 1 фень = 2,765 мм

Міри площі:

1 цзин (лі²) = 3 у = 12,7512 га; 1 у = 3 фу; 1 фу = 100 му = 1,4168 га; 1 му = 1,4168 га

Міри об'єму:

1 ху = 10 доу = 34,25 л; 1 доу = 10 шен = 3,425 л; 1 шен = 10 че = 0,3425 л
 1 че = 2 ює = 0,0342 л; 1 ює = 0,0171 л

Міри ваги:

1 дань = 4 цзюнь = 20,6 кг; 1 цзюнь = 30 цзинь = 7,4 кг; 1 цзинь = 16 лян = 258,24 г
 1 лян = 24 чжу = 16,14 г; 1 чжу = 0,67 г

Давньогрецька система (VIII – I ст. до н.е.)

Міри довжини:

1000 оргій = 11/3 милі = 10 стадій = 1,851 км; миля = 1,388 км
 стадія = 10 амма = 185,136 м; амма = 6 акен = 10 оргій = 18,514 м
 акена = 10 под = 3,086 м; оргія = 6 под = 1,851 м; бема (крок) = 77,14 см
 пехіс (лікоть) грецький = 2 под = 61,712 см; пехіс (лікоть) короткий = 46,284 см
 пус (фут) = 30,856 см; палестра (долоня) = 7,714 см
 дактіль (палець) = 1,928 см; стадій олімпійський = 192,27 м

Міри площі:

плетр² = 100 декапод²; декапод² = 100 под² = 9,52 м²; под² = 0,095 м²

Міри об'єму тіл:

медімн = 1 1/3 метрет = 39,17 кг; метрет = 29,38 кг; гект = 2 геміекта = 6,53 кг
геміект = 3,26 кг; ксест = 2 котіли = 408 г; котіла = 204 г; кіаф = 34 г

Міри ваги:

талан = 60 мін = 25,5 кг; міна = 25 тетрадрахм = 425 г
тетрадрахма = 4 драхмам = 17 г; драхма = 4,25 г; хальк = 0,09 г

Давньоримська система (I – V ст. н.е.)**Міри довжини:**

мілларій (миля) = 1,598 км; пасс (крок) = 1,598 м; кубіт = 47,94 см
унція (дюйм) = 2,663 см; дігіт (палець) = 1,997 см; пес (фут) = 29,62 см

Міри площі:

центурія = 100 гередій; гередій = 2 югери; югер = 2 акти²; акт² = 4 клими
клима = 9 акти² малих; акт² малий = 40,856 м²

Міри об'єму тіл:

кулей = 20 амфор = 522,24 кг; амфора = 2 урни; урна = 4 конгії = 13,056 кг
конгія = 6 секстарій = 3,264 кг; секстарій = 2 геміні; геміна = 272 г; циат = 45,333 г

Міри об'єму:

семодій = 8 секстарій; секстарій = 4 квартарії = 544 г; квартарій = 36 г

Міри ваги:

центумподій = 60 мін = 100 подій = 32,6 кг; міна = 543,3 г
семунція = 2 сицилії = 13,583 г; дуеллю = 9,055 г
сицилій = 6,792 г; денарій = 3 скрупула = 3,396 г; скрупул = 1,132 г

Таблиця Б.3**Французська система мір і ваги (до введення метричної системи) [174; 266]**

Л'є морське – 5,556 км

Л'є сухопутне = 2 милям = від 3,3898 км до 4,445 км (миля з латини як тисяча) = 1000 туазів

Туаз (сажень) – 1,949 м

Фут (ступня) = 1\ 6 туазу = 12 дюймів = 32,484 см

Дюйм (палець) = 12 ліній = 2,707 см

Лінія = 12 точкам = 2,256 мм

Точка = 0,188 мм

Парижський фунт – лівр = 16 унціям = 489,41 гр

Унція (1\12 фунта) = 30,588 гр

Гран (зерно) = 0,053 гр

Мюід вина – приблизно 270 л

Міна – приблизно 78 л

Міно - 0,5 міни

Буасо – приблизно 13 л

Арпан - 180 парижським футам = 58,52 м

Барік - 225 літровий стандарт корабельної бочки з регіону Бордо

Бургундська бочка = 228 л

Нантський барік - 231 л

Барік Байони – 246,72 л

Формат живопису мав у Франції стандарти: прямокутний формат для портретів; витягнутий

– для морських пейзажів; проміжний – для пейзажів.

Стандартні розміри полотен для різних жанрів живопису

Номер	Портрет (см)	Пейзаж (см)	Морський (см)
0	18 × 14	18 × 12	18 × 10
1	22 × 16	22 × 14	22 × 12
10	55 × 46	55 × 38	55 × 33
15	65 × 54	65 × 50	65 × 46
20	73 × 60	73 × 54	73 × 50
25	81 × 65	81 × 60	81 × 54
30	92 × 73	92 × 65	92 × 60
40	100 × 81	100 × 73	100 × 65
50	116 × 89	116 × 81	116 × 73
100	162 × 130	162 × 114	162 × 97
120	195 × 130	195 × 114	195 × 97

Таблиця Б.4

Англійська і американська система мір і ваги [6; 174]

Міри довжини:

миля морська = 1,8532 км

миля морська (США, з 01.07.1954 р.) = 1,852 км

миля уставна = 5280 футів = 1,6093 км

Ярд = 3 фути = 91,44 см; фут = 3 хенди = 12 дюймів = 30,48 см

хенд = 4 дюйми = 10,16 см; дюйм = 2,54 см

Міри площі:

Акр = 4 руди = 0,4047 га; руд = 0,10117 га

Ярд² = 9 футів² = 0,83613 м²; фут² = 144 дюймів² = 929,03 см²; дюйм² = 6,4516 см²

Міри об'єму тіл:

стандарт (для пиломатеріалів) = 165 футів³ = 4,672 м³

корд (для круглого лісу) = 128 футів³ = 3,625 м³

Система мір ваги (Британська):

тонна велика = 20 хандредвейтів = 1016 кг

тонна мала (США, Канада) = 20 центалів = 907,18 кг

фунт = 16 унцій = 453,592 г; унція = 16 драхм; драхма = 1,772 г; гран = 64,8 мг

Система мір ваги (Американська):

1 квінтал = 100 фунтів = 1 центал = 45,36 кг

1 слаг = 14,6 кг; 1 кварталер = 25 фунтів = 11,34 кг; 1 стоун = 14 фунтів = 6,35 кг

Аптекарска і трійська вага (для дорогоцінних металів):

фунт = 12 унцій = 373,242 г
 унція = 8 драхм = 31,1035 г
 драхма = 3 скрупули = 3,888 г

Британська імперська система мір рідин:

1 бат = 108-140 галонів = 490,97-636,44 л
 1 пайп = 105 галонів = 477,34 л (дм³)
 1 барель = 31-42 галонів = 140,9-190,9 л (дм³)
 1 кварта = 1/4 імперського галону = 2 пінтам = 1,1365 л (дм³)

Американська система мір рідин:

1 барель = 31-42 галонів = 140,6-190,9 л
 1 баррель для жидкості = 31,5 галлонов = 119,2 л (дм³)
 1 галон амер. = 0,833 галона англ. = 3,784 л (дм³)
 1 кварта амер. = 0,833 кварта англ. = 0,946 л (дм³)
 1 пінта рідинна амер. = 1/8 амер. галону = 0,473 л (дм³)
 1 унція рідинна = 1/128 галону = 2 ст. ложки = 1/8 стакана = 29,56 мл (см³)
 1 рюмка = 2 унції = 1/4 стакану = 59,12 мл; 1 столова ложка = 3 чайні ложки = 14,8 мл
 1 чайна ложка = 60 крапель (0,08 мл); 1 мінім = 0,06 мл

Міри об'єму для сипучих тіл

Британська імперська система мір для сипучих тіл:

1 кварталер = 64 галонам = 8 бушелям = 290,93 л (дм³)
 1 барель сипучих тіл = 36-40 галонів = 163,6-181,7 л (дм³)
 1 бушель = 8 галонів = 1,032 амер.бушеля = 2219,36 дюймів³ = 36,36872 л (дм³)
 1 галон = 4 квартам = 8 пінтам = 4,546 л (дм³)
 1 кварта = 2 пінтам = 1,032 кварта амер. = 1,136 л (дм³); 1 пінта = 0,568261 л (дм³)

Американська система мір сипучих тіл

1 кварталер = 2 коума = 64 галлона = 8 бушелей = 282 л
 1 барель = 117,3-158,98 л; 1 бушель = 0,9689 англ. бушеля = 35,2393 л
 1 галон = 4,405 л; 1 кварта = 1,101 л; 1 унція = 16 драхмам = 437,5 грана = 28,35 г

Таблиця Б.5

Російська система мір і ваги (до метричної системи 1899 р.)[45; 98; 268]

Міри довжини:

миля = 7 верстам = 7,4676 км; верста = 500 саженям = 1,0668 км
 сажень = 3 аршинам = 7 футам = 2,1336 м; аршин = 16 вершкам = 28 дюймам = 0,7112 м;
 вершок = 13/4 дюйма = 44,45 мм; фут = 12 дюймам = 0,3048 м
 дюйм = 10 лініям = 25,4 мм; лінія = 10 точкам = 2,54 мм
 точка = 1/1200 або 0,000833333 фута = 254 мікронам

Міри площі:

верста² = 250 000 сажень² = 1,1381 км² вершок² = 19,7580 см²
 десятина = 2400 сажень² = 10925,4 м² = 1,0925 га
 фут² = 144 дюймам² = 0,0929 м²; четь = 1/2 десятини
 дюйм² = 100 лініям² = 6,4516 см². осьминник = 1/8 десятини

Міри об'єму тіл:

сажень³ = 27 аршинам³ = 343 футам³ = 9,7127 м³
 аршин³ = 4096 вершкам³ = 21952 дюймам³ = 359,7278 дм³
 фут³ = 1728 дюймам³ = 28,3168 см³ дюйм³ = 1000 ліній³ = 16,3871 см³

Міри сипучих тіл (хлібні міри) за «Арифметикою» Л.Ф.Магніцького [372]:

1 цебр = 26-30 четвертям
 1 кадка = 2 половнікам = 4 четвертям = 8 осьмінам = 839,69 л (= 14 пудів жито = 229,32 кг)
 1 куль (жито = 9 пудів + 10 фунтів = 151,52 кг) (овес = 6 пудів + 5 фунтів = 100,33 кг)
 1 половник = 419,84 л (= 7 пудів жита = 114,66 кг)
 1 четь = 2 осьминам = 4 півосьмин = 8 четвериків = 64 гарнці
 1 осьмина = 4 четвериків = 104,95 л (= 1 3/4 пуда жита = 28,665 кг)
 1 півосьмини = 52,48 л
 1 четверик = 1/8 чверті = 8 гарнців = 26,2387 л

1 четвірка = 6,56 л
 1 гарнець = $\frac{1}{4}$ відра = $\frac{1}{8}$ четверика = 12 стаканів = 3,2798 л
 1 стакан = 0,273 л

Міри рідинних тіл (винні міри) за «Арифметикою» Л.Ф.Магніцького [372]:

1 бочка = 40 відрам = 491,976 л; 1 корчага = 2 відра (приблизно 25 л)
 1 відро = 4 чвертям відра = 10 штоф = $\frac{1}{40}$ бочки = 12,29941 л
 1 чверть = 1 гарнець = 2,5 штофа = 4 бутилкам для вина = 5 бутилкам для горілки = 3,0748 л
 1 гарнець = $\frac{1}{4}$ відра = 12 стаканів
 1 штоф = 3 фунтам чистої води = $\frac{1}{10}$ відра = 10 чаркам = 20 шкалікам = 1,2299 л (1,2285 л)
 1 винна бутила = $\frac{1}{16}$ відра = $\frac{1}{4}$ гарнця = 3 стаканам = 0,68; 0,77 л; 0,7687 л
 1 горілчана бутилка = $\frac{1}{20}$ відра = 5 чаркам = 0,615; 0,60 л
 1 бутилка = $\frac{3}{40}$ відра (Наказ від 16 вересня 1744 р.)
 1 косушка = $\frac{1}{40}$ відра = $\frac{1}{4}$ кружки = $\frac{1}{4}$ штофа = $\frac{1}{2}$ півштофа = $\frac{1}{2}$ горілчаної бутилки =

5 шкалікам = 0,307475 л; 1 стака = 0,273 л
 1 чарка = $\frac{1}{100}$ відра = 2 шкалікам = 122,99 мл
 1 шкалік = $\frac{1}{200}$ відра = 61,5 мл

Міра ваги:

1 ласт = 6 чвертям = 72 пудів = 1179,36 кг
 1 берковець = 10 пудів = 400 гривнам = 800 гривенкам = 163,8 кг
 1 контарь = 40,95 кг
 1 пуд = 40 великим гривенкам або 40 фунтам = 80 малим гривенкам = 16 безмінам = 16,380496 кг
 1 півпуда = 8,19 кг
 1 батман = 10 фунтам = 4,095 кг
 1 безмен = 5 малим гривенкам = $\frac{1}{16}$ пуду = 1,022 кг
 1 велика гривенка або фунт = $\frac{1}{40}$ пуду = 2 малим гривенкам = 409,5 г (у XI-XVст.)
 1 фунт = 0,4095124 кг (з 1899 р.)
 1 гривенка мала = 2 півгривенкам = 48 золотникам = 1200 почкам = 4800 пирогам = 204,8 г
 1 півгривенка = 102,4 г
 1 лот = 3 золотникам = 288 долям = 12,79726 г
 1 золотник = 96 долям = 4,265754 г
 1 золотник = 25 почкам (до XVIII ст.)
 1 доля = $\frac{1}{96}$ золотникам = 44,43494 мг
 1 почка = $\frac{1}{25}$ золотника = 171 мг
 1 пиріг = $\frac{1}{4}$ почки = 43 мг

Таблиця Б.6

**Система мір Литовського князівства (після приєднання до Росії у 1795 р.)
 [230; 315]**

Міри довжини:

стая – приблизно 80 м
 стопа = 12 цалів = 32,5 см
 цяля = 2,7 см

Міри площі:

волока = 30 моргів = 9000 кв. прутів = 67 500 кв. ліктів = 21,36 га (33 морга в 1657 р., 40 у 1586 р.)
 лан (краківський) = 90 моргів = 63,9 га
 франківський великий = 50 моргів = 35,5 га
 франківський малий = 40 моргів = 28,4 га
 польський кмецький великий = 21 морг = 14,91 га
 малий = 6 моргів = 4,26 га

Міри рідин:

півбочка = 813 л
 бочка (для рідини) = 4 чверті = 12 чаш = 376 кварт = 406,54 л
 шанек старий = 48 гарнців = $\frac{1}{4}$ бочки = 2 осьмини = 36 гарнців = 102 л
 солянка = $\frac{1}{6}$ бочки = 67,75 л
 чаша = 12 гарнців = 33,84 л

відро = 4 гарнца = 11,28 л (в Пінску у XVI ст. = 2 липечні = 20 ковшів, у Бресті = 2 ручки),
 липечня (в Пінску) = 1/2 відра = 10 ковшів, ручка (у Бресті) = 1/2 відра; ковш (в Пінску) =
 1/20 відра

Міри ваги:

кап = 12 пудів (XV ст.)
 кантор = 100 фунтів = 37,84 кг
 пундель = 25 фунтів = 9,24 кг
 око = 3 фунти = 1,02 кг
 літра = 280,8 г
 гривна = 195,5 г

Числові одиниці:

копа = 60, фаска = 500, сорок = 40, тузин = 12, пара = 2, соха = 2, різ = 20
 лібр = 500 листів паперу, лібра = 25 листів паперу, пасма = 30 ниток (у ткацтві)

Таблиця Б.7

Японська система мір

(використовується разом з метричною системою)

Сякканхо – традиційна японська система мір, яка походить з китайської.

За Імператорським законом 1891 р. встановлено співвідношення
 японської і метричної систем [379; 408; 570]

1 дзе = 100/33 м
 1 канедзяку = 10/33 м
 1 кудзірадзяку = 25/66 м

Міри довжини:

1 бу = 3,03 мм
 1 сун = 10 бу; 1 сяку = 10 сун; 1 кен = 6 сяку
 1 хіро (міра глибини) = 6 сяку
 1 дзе = 10 сяку; 1 те = 36 дзе = 60 кен; 1 рі = 36 те

Міри площі:

1 го = 1/10 цубо = 33,058 дм²
 1 цубо = 10 го 33,058 дм² = 1 кен² = 3,3058 м²
 1 уне = 30 цубо = 99,174 м²
 1 тан = 10 уне = 991,736 м²
 1 те = 10 танам = 9917,36 м²

Міри об'єму:

1 го – приблизно 0,18039 л

1 се = 10 го; 1 то = 10 се

1 коку = 10 то

За законом від 1891 р. 1 се = $2401/1331$ л = 64,827 сун³

Міри ваги:

1 фун = 375 мг 1 моме = 10 фунам = 3,75 г

1 кін = 160 моме = 600 г; 1 кан = 1000 моме = 3,75 кг

Грошові одиниці:

1 хікі = 10 мон 1 камон – 100 хікі

Одиниці системи СІ [648, Т.2, с. 82]

Таблиця Б.8

Величина	Наименование единицы	Обозначения	
		международное	русское
Основные единицы			
Длина	метр	m	м
Масса	килограмм	kg	кг
Время	секунда	s	с
Сила электрич. тока	ампер	A	А
Термодинамич. температура	кельвин	K	К
Сила света	кандела	cd	кд
Кол-во вещества	моль	mol	моль
Дополнительные единицы			
Плоский угол	радиан	rad	рад
Телесный угол	стерадиан	sr	ср
Производные единицы			
Площадь	квадратный метр	m ²	м ²
Объём, вместимость	кубич. метр	m ³	м ³
Частота	герц	Hz	Гц
Скорость	метр в секунду	m/s	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	m/s ²	м/с ²
Угловая скорость	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	rad/s ²	рад/с ²
Плотность	килограмм на кубич. метр	kg/m ³	кг/м ³
Сила	ньютон	N	Н
Давление, механич. напряжение	паскаль	Pa	Па
Кинематич. вязкость	квадратный метр на секунду	m ² /s	м ² /с
Динамич. вязкость	паскаль-секунда	Pa · s	Па · с
Работа, энергия, кол-во теплоты	джоуль	J	Дж
Мощность	ватт	W	Вт
Кол-во электричества	кулон	C	Кл
Электрич. напряжение, электродвижущая сила	вольт	V	В
Напряжённость электрич. поля	вольт на метр	V/m	В/м
Электрич. сопротивление	ом	Ω	Ом
Электрич. проводимость	сименс	S	См
Электрич. ёмкость	фарад	F	Ф
Магн. поток	вебер	Wb	Вб
Индуктивность	генри	H	Гн
Магн. индукция	тесла	T	Тл
Напряжённость магн. поля	ампер на метр	A/m	А/м
Магнитодвижущая сила	ампер	A	А
Энтропия	джоуль на кельвин	J/K	Дж/К
Теплоёмкость удельная	джоуль на килограмм-кельвин	J/(kg · K)	Дж/(кг · К)
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	W/(m · K)	Вт/(м · К)
Интенсивность излучения	ватт на стерадиан	W/sr	Вт/ср
Волновое число	единица на метр	m ⁻¹	м ⁻¹
Световой поток	люмен	lm	лм
Яркость	кандела на квадратный метр	cd/m ²	кд/м ²
Освещённость	люкс	lx	лк

Таблица Б.9

Фундаментальні фізичні сталі [648, Т.5, с. 382]

Константа	Обозначение	Численное значение	Поправка	Константа	Обозначение	Численное значение	Поправка
Скорость света в вакууме	c	$299792458 \text{ мс}^{-1}$	точно	g-фактор электрона	g_e	$2,002319304386(20)$	$1 \cdot 10^{-5}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} = 1,2566370614 \times 10^{-6} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1}$	точно	Постоянная тонкой структуры;	α	$7,29735308(33) \cdot 10^{-3}$	0,045
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = (\mu_0 c^2)^{-1}$	$8,854187817 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot \text{м}^{-1}$	точно	обратная величина Ридберга постоянная	$1/\alpha$	$137,0359895(61)$	0,045
Гравитационная постоянная	G	$6,67259(85) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$	128	R_∞	$10973731,534(13) \text{ м}^{-1}$	0,0012	
Постоянная Планка	h	$6,6260755(40) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	0,00	$R_\infty hc$	$2,1798741(13) \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$	0,60	
		или		$R_\infty hc/e$	$13,6056981(40) \text{ эВ}$	0,30	
		$4,1356692(12) \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$	0,30	Радиус Бора	a_0	$0,529177249(24) \cdot 10^{-10} \text{ м}$	0,045
		$1,05457266(63) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	0,60	Отношение Джозефсона	$2e/h$	$4,8359767(14) \cdot 10^{14} \text{ Гц} \cdot \text{В}^{-1}$	0,30
		или		Квант магнитного потока	$\Phi_0 = h/2e$	$2,06783461(61) \cdot 10^{-15} \text{ Вб}$	0,30
		$6,5821220(20) \cdot 10^{-16} \text{ эВ} \cdot \text{с}$	0,30	Масса протона	m_p	$1,6726231(10) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	0,59
Планковская единица массы	$m_p = (\hbar c/G)^{1/2}$	$2,17671(14) \cdot 10^{-8} \text{ кг}$	64	Масса нейтрона	m_n	$1,6749286(10) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	0,59
Планковская единица длины	$l_p = \hbar/m_p c$	$1,61605(10) \cdot 10^{-35} \text{ м}$	64	Постоянная Авогадро	N_A, L	$6,0221367(36) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	0,59
Планковская единица времени	$t_p = l_p/c$	$5,39056(34) \cdot 10^{-44} \text{ с}$	64	Постоянная Фарадея	F	$96485,309(29) \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$	0,30
Элементарный электрический заряд	e	$1,60217733(49) \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	0,30	Молярная газовая постоянная	R	$8,314510(70) \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	8,4
Масса электрона	m_e	$9,1093897(54) \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	0,29	Постоянная Больцмана	k	$1,380658(12) \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$	8,5
Отношение заряда электрона к массе	$-e/m_e$	$-1,75881962(53) \cdot 10^{11} \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,30	k/e	$8,617385(73) \cdot 10^{-5} \text{ эВ} \cdot \text{К}^{-1}$	8,4	
Классический радиус электрона	r_e	$2,81794092(38) \cdot 10^{-15} \text{ м}$	0,13	Молярный объем (идеального газа при нормальных условиях)	V_m	$22,41410(19) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$	8,5
Магнитный момент электрона	μ_e	$928,47701(31) \cdot 10^{-26} \text{ Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	0,34	Число Лошмидта	$n_0 = N_A/V_m$	$2,686763(23) \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$	8,5
Магнетон Бора	$\mu_B = e\hbar/2m_e$	$9,2740154(31) \cdot 10^{-24} \text{ Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	0,33	Постоянная Стефана—Больцмана	σ	$5,67051(19) \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$	
Ядерный магнетон	$\mu_N = e\hbar/2m_p$	$5,05078666(17) \cdot 10^{-27} \text{ Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	0,34	Постоянная Вина	b	$2,897756(24) \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$	8,4

Додаток В

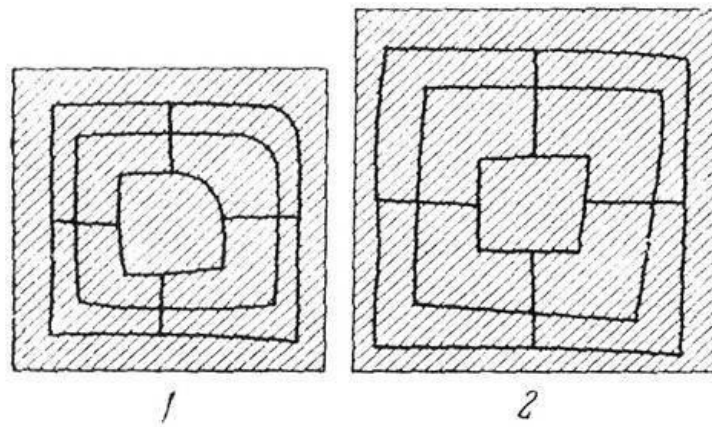


Рис. В.1. Цегла IX ст. зі знаком вавилону. Зодчі Русі знали пропорції, а з розрахунками допомагали графіки-вавилони. Показано варіанти вавілонів, які вміщували систему математичних відношень [522].

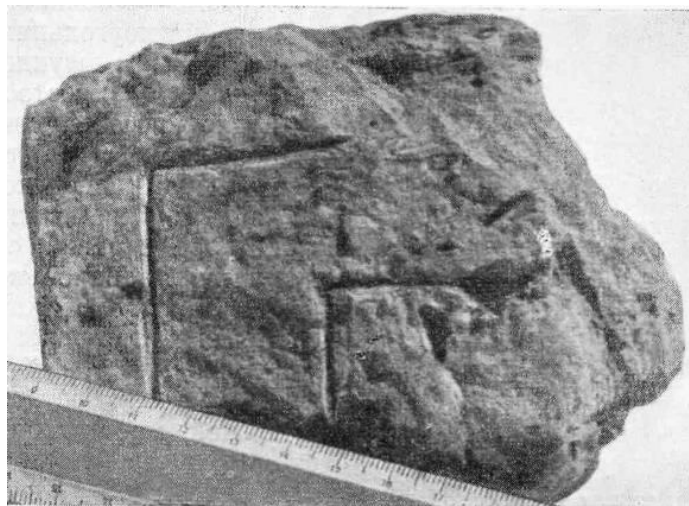


Рис. В.2. Частина глиняної плити IX ст. з частиною вавилону. Таманське городище. Розкопки 1954 р. Вавилони – це дощечки із зображеною схемою пропорційних співвідношень. Всі давньоруські міри, від периметра собору до формату цегли, укладалися у вавилон зі стороною в мірну сажень [247].

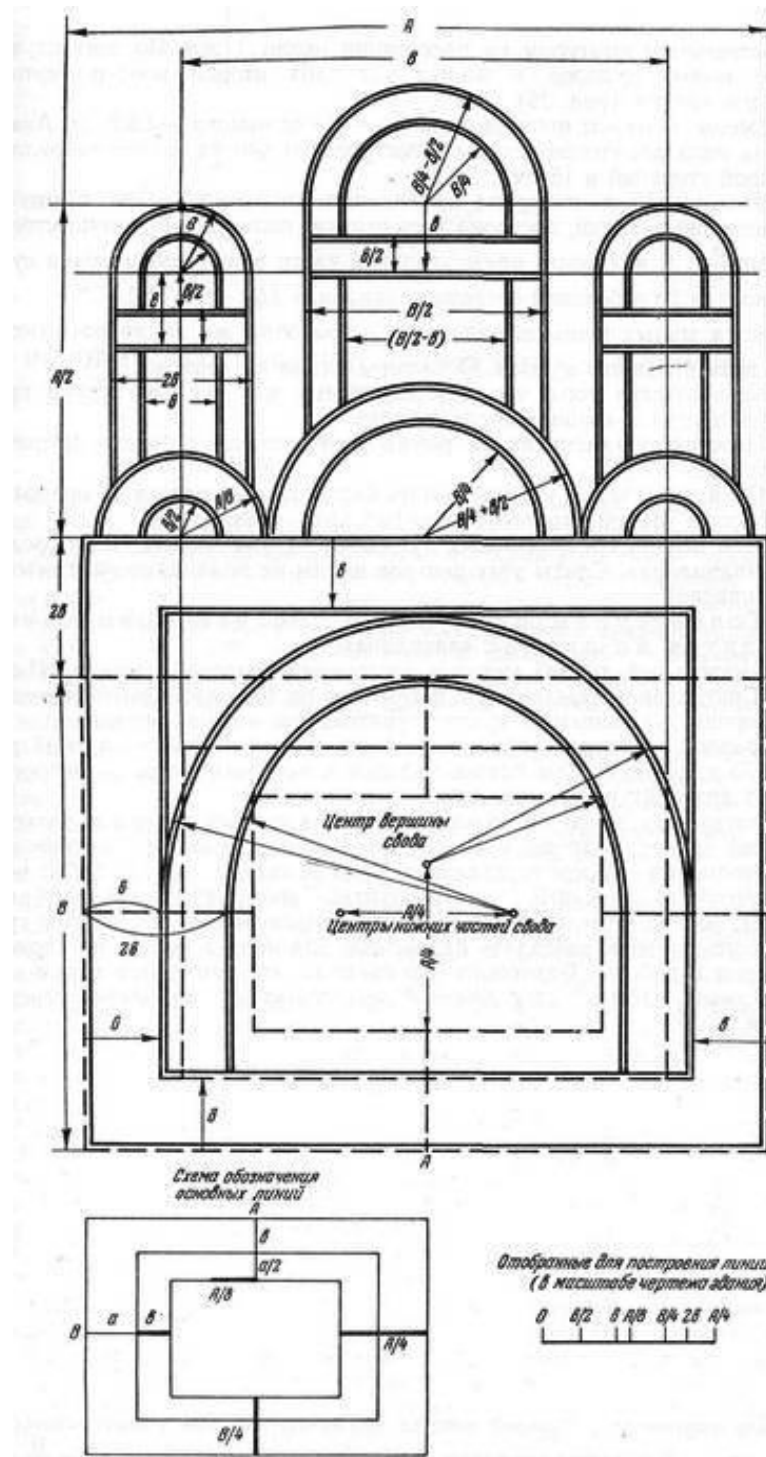


Рис.В.3.Креслення Десятинної церкви на мініатюрі
«Ізборника Святослава» 1073 р [247].

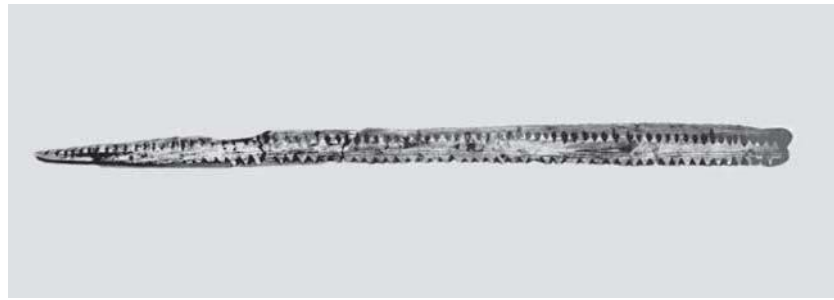
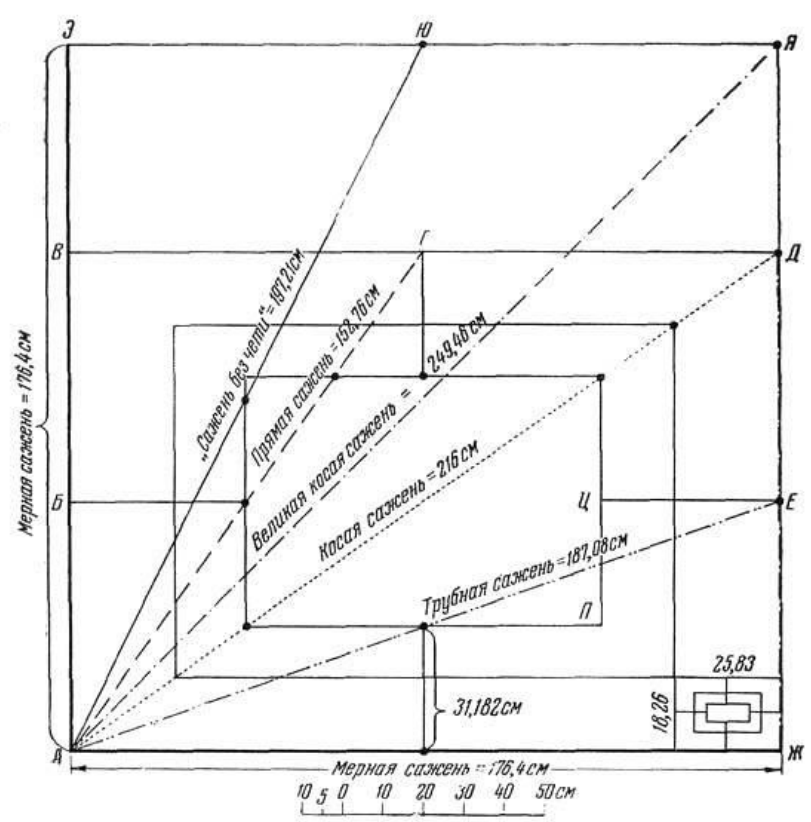
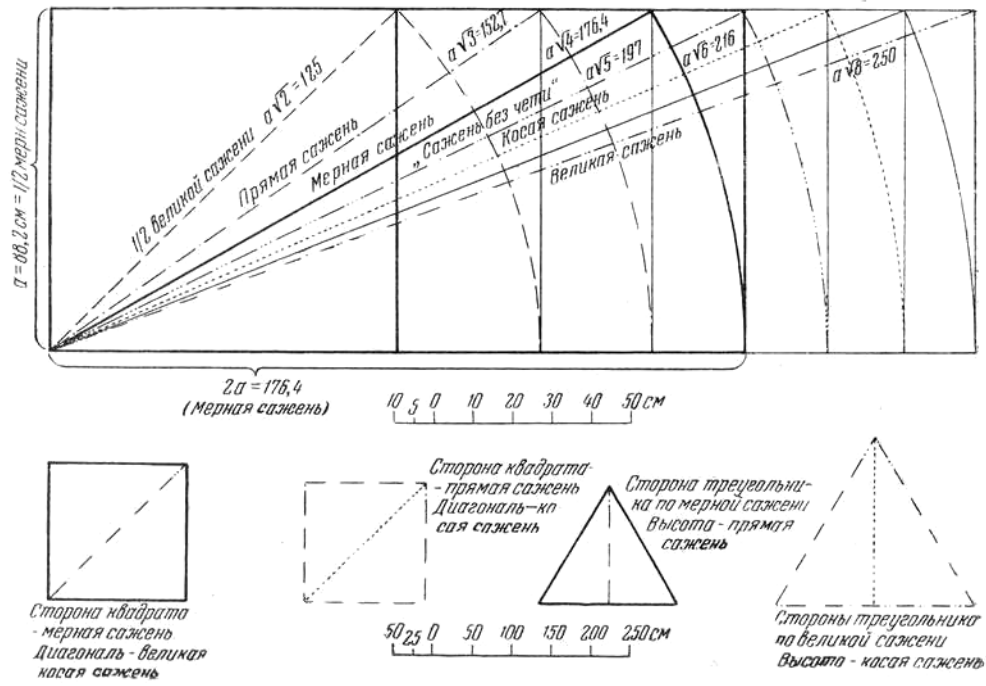


Рис. В.4. Новгородська мірна соха. 1207 р. Дерево.

Довжина фрагмента 54 см У Київській Русі в мірах площі мали потребу в основному для визначення розмірів земельних ділянок. Такі міри були тоді, коли точному визначенню площі перешкоджало слабе знання основ геометрії [247].

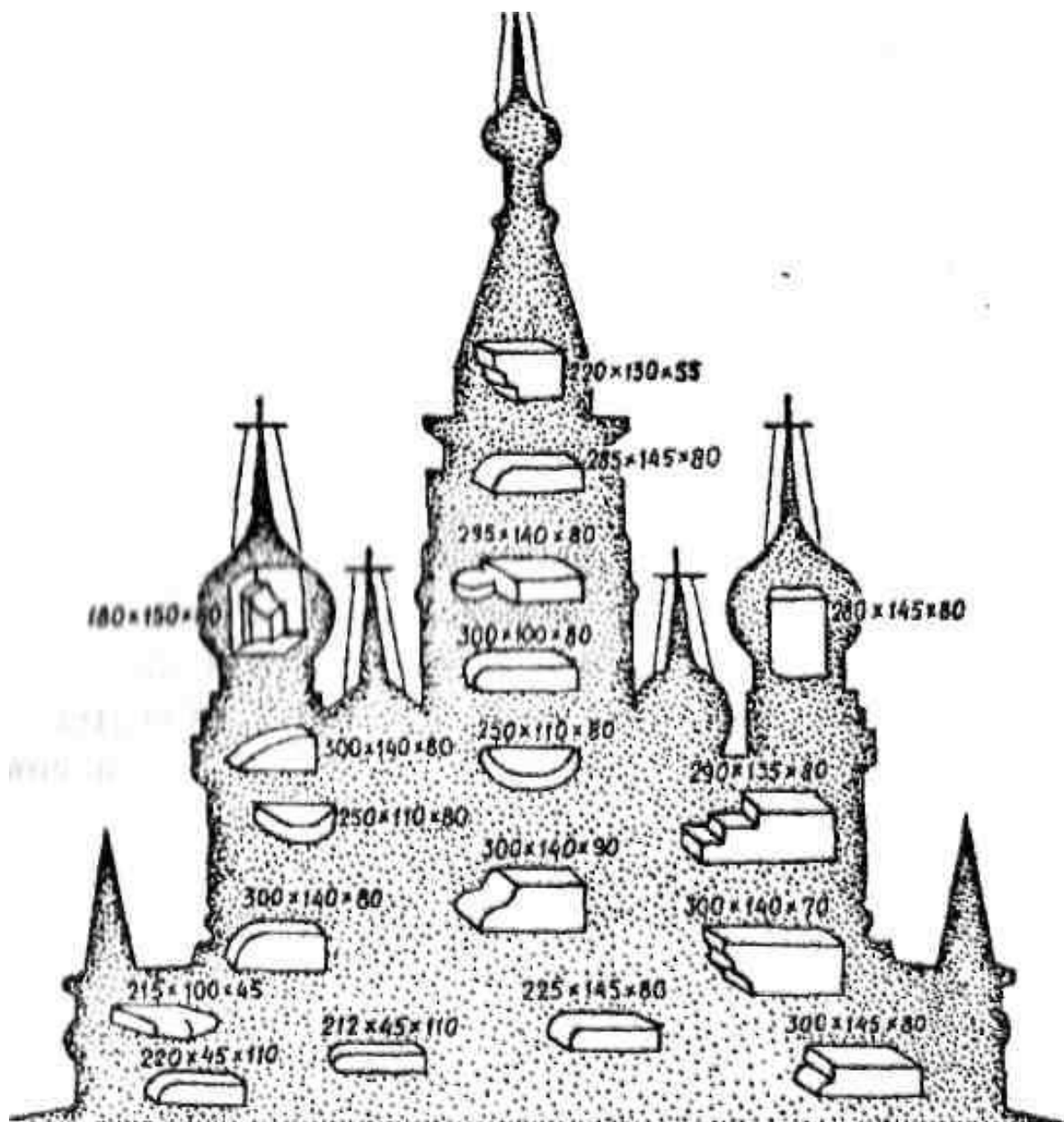
Додаток С

Геометрична залежність давньоруських мір [315; 522]



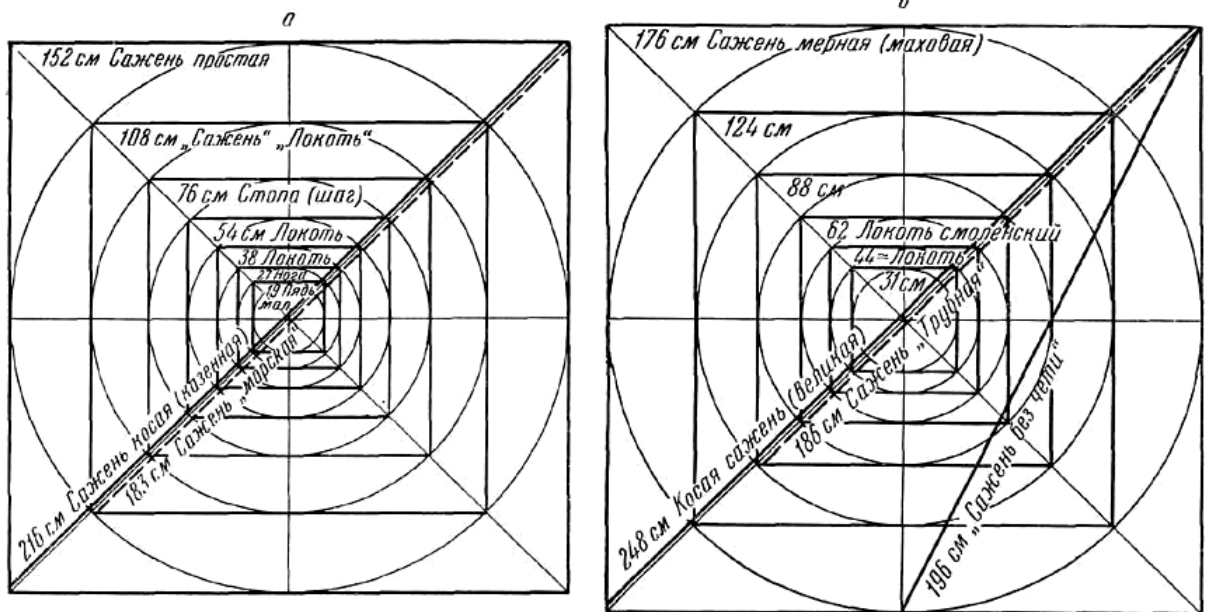
Додаток Д

Стандартна цегла, яка застосовувалася при будівництві храму Василя Блаженного в Москві [315]



Додаток К

Графічне зображення російських сажень і їх частин за принципом
вавилону [523-524]



Додаток Л

Генеральні конференції з мір і ваги [101; 133; 481]

Рік	Номер	Рішення конференції
1889	I	Затверджено рішення Міжнародного комітету з мір і ваги від 1887 р., коли встановлено міжнародні еталони з вимірювання температури – шкала водородного газового термометра з реперними точками таяння льоду (0°C) і кипіння води (100°C). Прийнято системи вимірювання метр, кілограм, секунда. Еталоном метра прийнято штрихову міру довжини – брусок з платиноіридієвого сплаву, який зберігався у Міжнародному бюро мір і ваги в Севрі (Париж).
1897	II	Визнано, що розміри метра визначаються довжиною хвилі монохромного світла
1901	III	Визначено міру об'єму – літр, як об'єм 1 кг води при нормальному атмосферному тиску (760 мм ртутного стовпчика) та температурі найбільшої щільності води (4° C).
1907	IV	Запроваджено міру ваги коштовного каміння – карат, що дорівнювала 200 міліграмам
1913	V	Запроваджено міжнародну температурну шкалу
1921	VI	Міжнародна метрична конвенція 1875 р. переглянута і перезатверджена
1927	VII	Затверджено визначення метра, прийнятого на I Генеральній конференції з мір і ваги, що діяло до XI Конференції 1960 р.
1933	VIII	Піднімалися питання щодо необхідності прийняття абсолютної електричної величини.
1948	IX	Затверджено концепцію Дж.Джорджи щодо розробки і впровадження нової системи вимірювання, до якої входили метр, кілограм, секунда, ампер (МКСА)

Рік	Номер	Рішення конференції
1954	X	Встановлено термодинамічну температурну шкалу в одиницях – кельвін (К), коли абсолютному нулю за шкалою Цельсія відповідає 273,15 К.
1960	XI	Прийнято стандарт «Міжнародну систему одиниць» (СІ), до якої входили метр, кілограм, секунда, ампер.
1964	XII	Прийнято одиницю об'єму рідини літр, яка дорівнює кубічному дециметру (1л=1дм), а також затверджено приставки атто- (10^{-18}) і фемто- (10^{-15}) для одиниць виміру.
1967	XIII	Окреслили, що одиниці довжини і часу краще визначати на основі спектроскопії, тому прийнято, що секунда – це 9192631770 періодів випромінювання при переході між двома рівнями основного стану атому цезія-133. Прийнято ще одну одиницю для Міжнародної системи СІ температури – кельвін. Це одиниця термодинамічної температури потрібної точки води.
1971	XIV	Введено нові одиниці виміру до Міжнародної метричної системи СІ, а саме: моль (основна), паскаль і сіменс (додаткові). Моль – це кількість речовини системи, яка має стільки ж структурних елементів скільки є атомів у вуглеці-12 масою 0,012 кг.
1975	XV	Прийнято приставки пета- (10^{15}) і екса- (10^{18}), нові одиниці опромінення: грей (поглинаюча доза опромінення) та бекерель (активність нукліду ізотопу)
1979	XVI	Прийнято нову одиницю канделу (сила світла). Кандела – сила світла у заданому напрямі джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою 5401012 Гц
1983	XVII	Прийнято нове визначення метра як довжини шляху, яку проходить світло в вакуумі за $1/299792458$ с.

Рік	Номер	Рішення конференції
1987	XVIII	Піднімалися питання щодо альтернативних визначень ампера і кілограма.
1991	XIX	Прийнято нові приставки до одиниць виміру, а саме: йокто-, цепто-, зета-.
1995	XX	Введено до Міжнародної метричної системи СІ допоміжні одиниці виміру радіан і стерадіан.
1999	XXI	Введено в Міжнародну метричну систему нову одиницю катал, яка дорівнює 1 молю за секунду для визначення каталітичної діяльності.
2003	XXII	Піднімалися питання щодо полегшення сприйняття символів, для цього було вирішено не вставляти коми, крапки та інтервали в номери. Прийнято нові одиниці виміру, такі як люмен (світловий потік), герц (частота періодичності процесу), люкс (освітленність), тесла (магнітна індукція), а також затверджено приставки піко- (10^{-12}), нано- (10^{-9}), мікро- (10^{-6}), мега- (10^6), гіга- (10^9), тера- (10^{12})
2007	XXIII	Піднято питання перегляду одиниці виміру кельвін (К)
2011	XXIV	Прийняло участь 55 держав і розглядалося питання про перегляд основних одиниць Міжнародної метричної системи СІ відносно сталої Планка