

**Міністерство охорони здоров'я України
Національний фармацевтичний університет
Кафедра управління якістю**

**ДИСЦИПЛІНА
"ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ"**

ЛЕКЦІЯ 1. Вступ до курсу. Основи метрології

Спеціальність "Менеджмент", ОП "Якість, стандартизація та сертифікація"

**Укладач:
Доцент Лебединець Вячеслав Олександрович**

Харків, 2018

ВСТУП ДО КУРСУ

Дисципліна "Основи метрологічної діяльності" вивчається магістрантами спеціальності 073 "Менеджмент" освітньої програми "Якість, стандартизація та сертифікація" (освітньо-кваліфікаційний рівень "магістр", денна / вечірня / заочна форми навчання) протягом 1-го семестру на 1-му курсі. Завершується курс складанням диференційованого заліку (оцінка в зимову сесію).

Протягом семестру передбачене тестування, опитування, оцінка за виконання практичних завдань (з оцінюванням протягом кожного з двох змістових модулів) та підсумкова робота (з оцінюванням по 40-бальній шкалі). Ця оцінка додається до балів за поточну роботу протягом семестру, таким чином, максимальний можливий бал за вивчення дисципліни складає 100.

Метою дисципліни "Основи метрологічної діяльності" є надання студентам теоретичних знань та практичних умінь щодо організації діяльності, пов'язаної з вимірюваннями, а також із застосуванням засобів вимірювальної техніки в умовах забезпечення необхідної точності й достовірності результатів вимірювань, що необхідні в контролі якості продукції на підприємствах різних галузей.

Завданням дисципліни є формування у студентів загально-базових знань щодо нормативної бази у сфері контролю та забезпечення якості продукції (послуг), обізнаності та поінформованості з питань метрологічної діяльності, уніфікації та стандартизації об'єктів виробничого процесу, а також спроможності застосування методів приймального контролю та управління процесами.

Дисципліна "Основи метрологічної діяльності" передувє вивченню інших профільних дисциплін ОП "Якість, стандартизація та сертифікація", вона є базою для поглибленого вивчення спеціальних предметів.

Ця дисципліна була введена до навчального плану з метою акцентування уваги на необхідності вимірювань та інтерпретації їх результатів у діяльності будь-якої організації. Достовірні результати вимірювань дають підставу правильно управляти процесами розробки й виробництва продукції,

своєчасно вносити корективи у виробничі процеси й операції, регулювати ті чи інші параметри технологічних процесів і процесів контролю якості, закупівель, збуту тощо.

Важливість належної системи управління вимірюваннями підкреслюється і одним з основних принципів управління якістю – "прийняття рішень на основі фактичних даних", адже відомо, що ефективні рішення приймають лише на підставі аналізу точних, достовірних фактичних даних, тобто об'єктивної інформації (стандарт ДСТУ ISO 9000:2015).

До переліку завдань та обов'язків фахівця з управління якістю входить також розробка стандартів і нормативів щодо якісних і кількісних показників, процедур контролю їх додержання. Такі фахівці повинні вміти аналізувати показники, що характеризують якість продукції. Також вони мають вживати заходів щодо попередження виробництва виробів, які не відповідають установленим вимогам. Окрім цього, фахівці з управління якістю повинні також вміти робити висновки про відповідність якості сировини, матеріалів, напівпродуктів, комплектуючих виробів, що надходять до підприємства, вимогам чинних стандартів, регламентів, технічних умов, оформляти документи для пред'явлення претензій постачальникам.

До цього списку можна додати роботи з атестації (кваліфікації) обладнання та валідації процесів виробництва продукції, підготовки заходів, пов'язаних з упровадженням стандартів на продукцію, а також розроблення та впровадження найбільш досконалих систем і методів контролю, які передбачають механізацію й автоматизацію контрольних операцій і створення необхідних для цієї мети засобів, у тому числі засобів неруйнівного контролю.

Після закінчення курсу студенти мають знати основні положення відповідних законів і нормативних актів, а також міжнародних стандартів щодо метрології, метрологічної діяльності та метрологічного забезпечення виробництва. Студенти мають бути обізнаними щодо функціонування системи державного нагляду, міжвідомчого і відомчого контролю якості продукції.

Таким чином, дисципліна "Основи метрологічної діяльності" є комплементарною з іншими профільними дисциплінами спеціальності, особливо з _____

дисциплінами "Сертифікація та підтвердження відповідності", "Стандартизація в сфері якості", "Системи управління якістю" тощо.

Реферативно інформацію курсу можна розбити на такі блоки:

1. Вступ до курсу "Основи метрологічної діяльності". Пояснення ролі та значення дисципліни в підготовці студентів спеціальності "Менеджмент" ОП "Якість, стандартизація та сертифікація". Основні терміни та визначення. Основи метрології як науки.
2. Міжнародне Бюро Мір та Ваги (Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)). Загальноприйняті одиниці вимірювань (The International System of Units – SI).
3. Поняття метрологічного забезпечення якості продукції. Загальні відомості про вимірювання і засоби вимірювальної техніки.
4. Класифікація вимірювань та їх основні характеристики. Класифікація засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), їх метрологічні характеристики та критерії вибору.
5. Діяльність із метрологічного забезпечення на підприємстві. Основні поняття щодо надійності.
6. Метрологічна діяльність в Україні, законодавча та нормативна база. Принцип єдності вимірювань. Національна еталонна база, Державна метрологічна система України (ДМС). Міжнародне співробітництво в галузі метрології, діяльність Науково-технічної комісії з метрології, Комісії єдиного часу та еталонних частот. Реєстр засобів вимірювальної техніки.
7. Управління засобами моніторингу та вимірювальної техніки з позицій міжнародного стандарту ISO 9001:2015. Важливість метрологічного нагляду в системах управління якістю. Вимоги ISO 9001:2015 стосовно проведення вимірювань та аналізування даних з метою поліпшення діяльності організації.

Після закінчення 1-го курсу навчання студентам пропонується вибрати тему майбутньої магістерської роботи, яка, крім іншого, може бути присвячена й питанням метрологічної діяльності.

ТЕМА 1

МЕТРОЛОГІЯ ЯК НАУКА ПРО ВИМІРЮВАННЯ

Темпи розвитку знань в галузі стандартизації та метрології виключно високі. Особливо це актуально для України, яка стрімко розвивається шляхом гармонізації з країнами Європейського Союзу. Кардинальним чином змінилися підходи до державного нагляду і регулювання в сфері стандартизації та метрології, видано низку нових законодавчих і нормативних актів. Переглянуто підходи до вирішення метрологічних завдань, створено Державний Комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики (Держспоживстандарту). З однієї назви зрозуміло – ми стаємо свідками переорієнтації цих систем регулювання на бік споживачів, їх захист.

Виключно важливими стають питання управління засобами моніторингу та вимірювальної техніки, що пов'язано з упровадженням систем управління якістю відповідно з вимогами міжнародних стандартів в сфері якості. Так, стандарт ISO 9001 вимагає того, щоб організація визначала види діяльності щодо забезпечення моніторингу та вимірювань, а також засоби моніторингу та вимірювання, необхідні для доведення відповідності продукції встановленим вимогам. Організація повинна також визначити процеси, необхідні для забезпечення впевненості в тому, що моніторинг та вимірювання можуть виконуватись і виконуються згідно з вимогами до них.

Необхідною умовою забезпечення достовірних результатів вимірювань є калібрування чи перевірка в установлені інтервали часу або перед застосуванням засобів вимірювальної техніки згідно з еталонами, простежуваними до міжнародних чи національних еталонів.

Фахівці з управління якістю мають бути обізнані щодо проведення робіт з настроювання (юстування) та ідентифікації засобів вимірювальної техніки (для уможливлення визначення статусу калібрування) на виробництві.

Система управління якістю організації має бути розроблена так, щоб при виявленні невідповідності вимогам засобів вимірювальної техніки була спроможність оцінити та зареєструвати достовірність одержаних раніше результатів вимірювань. Організація повинна вживати відповідні заходи щодо засобів вимірювальної техніки та будь-якої продукції, на яку це вплинуло.

Поширення систем управління якістю в Україні та світі достеменно свідчить про значну актуальність цього напрямку та, відповідно, про важливість знань щодо метрологічної діяльності для фахівців з якості.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ І ОСНОВНА ТЕРМІНОЛОГІЯ

Вимірюванням є відображення ФВ їх значеннями шляхом експерименту за допомогою спеціальних технічних засобів, а об'єктом вимірювання є матеріальні об'єкти, одна чи декілька властивостей яких підлягають вимірюванню. Вимірювана величина - це ФВ, що підлягає вимірюванню, а вимірювальна інформація - інформація про вимірювані величини та залежності між ними у вигляді сукупності їх значень чи їх функціоналів.

Вимірювання надають чисельний опис всього розмаїття продукції та діяльності людини. Через це вони виконують роль своєрідної бази для широкого кола питань, які стосуються таких галузей повсякденного життя людини як промисловість, сільське господарство, торгівля, наука, технологія, охорона здоров'я, безпека тощо. Вимірювання - важливий елемент розвитку науки та наукового прогресу, тому з розвитком суспільства збільшується потреба у них. Індустріалізація додала широке коло технологій, а також кількість і складність комерційних операцій. Масове виробництво і автоматизація викликали необхідність взаємозамінюваності складових частин, а урбанізація призвела до більших масштабів людської взаємодії.

Метрологія вирішальним чином впливає на розвиток суспільства, економіки та науки. Сьогодні метрологічні інфраструктури зазнають важливих змін. Цей розвиток, серед іншого, характеризується: посиленням міждержавної співпраці в усіх галузях метрології, що відображається як у зростанні конкуренції, так і в суспільному розподілі праці; зростанням "прозорості" видів метрологічних послуг на основі технічної компетентності; відповідністю вимогам європейських стандартів EN серії 45000; зростанням кількості переданих завдань, які до цих пір виконувала держава для приватного сектора; підвищенням "метрологічної свідомості" в промисловості та в галузі випробувань через жорсткіші вимоги до якості та ризику відповідальності.

Приклади впливу вимірювань на розвиток суспільства наступні:

- наручний годинник є точним вимірювальним приладом повсякденного користування для сотень мільйонів людей;
- малі допуски в розмірах внутрішніх частин двигуна внутрішнього згорання необхідні для зниження використання палива та зниження викидів у повітря, а також продовження терміну експлуатації двигуна;
- гарантія якості у виробництві досягається відповідними вимірюваннями та зв'язком (простежуваністю) з визнаними джерелами (еталонами ФВ), що зазначено, зокрема, у міжнародних стандартах, таких як ISO серії 9000;
- брак точності радіотерапевтичного обладнання може обумовити шкідливий рівень радіації або неспроможність завдати бажаного впливу на ракові пухлини;
- для постійного контролю вмісту цукру в фруктах, з метою своєчасного отримання багатого врожаю, використовуються вимірювальні перетворювачі;
- дослідження космічного простору вимагають надто точних вимірювань довжини та часу;
- у промисловій країні середнього розміру бензин вимірюється автоматами щорічно на суму десятків мільярдів доларів США;
- згідно огляду, проведеного протягом останніх 10 років, діяльність, пов'язана з вимірюваннями, складає в промислово розвинутих країнах 3-6% валового національного продукту.

Сьогодні немає жодної галузі знань, де вимірювання не відігравали б величезної ролі. Вимірювання кількісно характеризують навколишній матеріальний світ, відкривають діючі в ньому закономірності.

Про це образно сказав великий вчений-метролог Д. Менделєєв: "Наука починається ... з тих пір, як починають вимірювати". Аналогічний вислів і основоположника англійської метрологи У. Томсона: "Кожна річ відома в тій ступені, в якій її можна виміряти". Російський вчений Б. Якобі ще 100 років тому висловив таку думку: "Мистецтво вимірювання - це могутня

зброя, яку створив людський розум для проникнення в закони природи".

Вимірювання служать для пізнання природи, а точність вимірювання - це шлях до відкриття, зберігання і застосування точних знань. З кожним роком роль і значення вимірювань зростає. З розвитком науки і техніки старі засоби вимірювань замінюються новими.

Точність вимірювань неодноразово давала можливість робити фундаментальні відкриття (або підтверджувати гіпотези):

- інтерференційні вимірювання Майкельсоном швидкості світла в рухомому і нерухомому середовищі привели до створення Ейнштейном теорії відносності - нових уявлень про час і простір;
- в хімічній реакції відбувається поглинання або виділення енергії, отже закон збереження речовин, який встановили Ломоносов і Лавуазьє, дещо неточний, і це відхилення вже можна виявити за допомогою сучасної вимірювальної техніки в ядерних реакціях, підтвердивши формулу Ейнштейна;
- підвищення точності вимірювання густини води спричинило у 1932 р. до відкриття важкого ізотопу водню - дейтерію, надзвичайно малий вміст якого в воді трохи збільшував її густину,
- точні вимірювання орбіт планет сонячної системи спричинили до відкриття десятої планети - Плутона;
- сучасним уявленням про Всесвіт ми зобов'язані тим вимірюванням, які зроблені в астрономії, їх точності (або неточності: неможливість на сучасному етапі розвитку науки і техніки точно виміряти густину величини у Всесвіті не дозволяє визначити характер і терміни розширення Всесвіту - вічне чи періодичне);
- велике значення точність вимірювання має на теплових електростанціях (збільшення вологості вугілля на 1% знижує теплоту його згоряння на 1,2-1,3%, що еквівалентно втратам до 10 млн. тон вугілля);
- неточність виготовлення підшипників, сферичності, обробки поверхні суттєво впливає на роботу і строки дії механізмів;
- активний контроль температури і вологості в сховищах знижує

втрати зерна на 1-3 %, картоплі - на 6-16 %, капусти - на 20 %.

Таким чином, вимірювання мають виключно велике значення в діяльності суспільства, йому притаманні значні резерви, використання яких є однією з вирішальних умов здійснення наукового і технічного прогресу. Прогрес теж впливає на метрологію: вникають нові фізичні величини (ФВ) або нові межі зміни старих, які ще не були виміряні. Галілею приписують вислів: "Вимірювати, що вимірюється, робити вимірюваним те, що ще не є виміряне", який може бути одним із девізів розвитку науки і техніки.

Метрологія є теоретичною основою вимірювальної техніки, одного з основних факторів технічного прогресу в усіх галузях діяльності людини. Розвиток метрології знаходить відображення в першу чергу в удосконаленні теоретичних основ вимірювань, узагальненні практичного досвіду в галузі вимірювань і визначає напрямки вдосконалення вимірювальної техніки.

Рівень вимірювальної техніки у значній мірі визначає загальний рівень розвитку науки і техніки. Досягнення вимірювальної техніки, насамперед стосовно точності і достовірності вимірювання ФВ чи параметрів фізичних процесів, дозволяють виявляти нові явища і закономірності та уточнювати уже відомі.

Основними розділами метрології є: теорія вимірювань; одиниці вимірювань та їх фізична реалізація; характеристика вимірювального обладнання; процедури вимірювання та методи; персонал та організації, залучені до виконання вимірювань.

Одна з найважливіших характеристик вимірювання - це точність, яка характеризує міру відповідності наукового знання про досліджувані об'єкти теорії, сформульована з використанням кількісних відношень, що отримані за допомогою вимірювання та розрахунків. Точність на кожному етапі розвитку науки і техніки є кінцевою.

Основними предметами вимірювання є фізичні об'єкти та процеси, які характеризуються категоріями якості та кількості. Фізична величина - це властивість, загальна у якісному відношенні багатьом об'єктам чи процесам, але індивідуальна у кількісному відношенні для кожного об'єкта або про-

цесу. ФВ - властивість явища чи тіла, яке може бути розрізнене якісно і визначено кількісно. Формалізованим відображенням якісних відмінностей вимірюваних величин є їх розмірність, а кількісною характеристикою - їх розмір. Отримання достовірної кількісної експериментальної інформації про розмір ФВ - це основний зміст вимірювання.

Основні етапи розвитку метрології

Метрологією (від грецьких *метром* - міра і *логос* - учення) називають науку про вимірювання, яка відрізняється від інших природничих наук тим, що її фундаментальні положення приймаються за угодами, а не диктуються об'єктивними закономірностями.

Це підкреслює наявність так званої законодавчої метрології – частини метрології, що містить положення, правила, вимоги та норми, які регламентуються і контролюються державою для забезпечення єдності вимірювань.

Вимірювання мають дуже давнє походження. Так, першими вимірюваннями були, наприклад, визначення часу для організації сільськогосподарських робіт, вимірювання площ і відстаней при обробленні землі, місць полювання; вимірювання об'єму і ваги при торгівлі; вимірювання кутів різних геометричних тіл і фігур при будівництві тощо.

Спочатку вимірювання були занадто примітивні. За одиниці вимірювань часто приймалися розміри власного тіла людини (довжина ліктя, ступні, віддаль між кінцями великого і малого пальців руки, витягнутими руками), людських дій (відстань кинутого списа, пройденого за день шляху). Такі одиниці вимірювань відтворювалися різноманітними предметами і використовувалися для відповідних вимірювань відстаней, ваги, об'єму тощо.

Найбільше розповсюдження одиниці вимірювань та їх міри одержали в найстаріших цивілізаціях світу: Китаї, Єгипті, Вавилоні.

Так, у Вавилоні було прийнято, що 1 доба містить 24 години, 1 година – 60 хвилин, 1 хвилинка – 60 секунд. Вавилонські міри (лікоть, талант, міри маси) почали використовувати у Греції, Древньому Римі та в інших країнах

Європи і світу, але до середніх віків вимірювання практично обмежувалися визначенням часу, геометричних розмірів, об'єму і маси.

На давній території України, зокрема у Криму, ще у VI столітті до нашої ери існували різноманітні системи одиниць вимірювання. Наприклад, у Херсонесі користувалися своїми системами одиниць вимірювання, які були пов'язані з давньогрецькими системами. Так, були узвичаєні драхми (2,2 г), фути (аттичний – 326,54 мм), хусами (3,283 л), золотники (4,266 г), фунти (409,51 г), пуди (16,38 кг), вершки (4,445 мм), аршини (0,7112 м), сажени (2,1336 м), версти (1,0668 км), чарки (0,122994 л, 1/100 відра, а відро – це 12,2994 л) тощо.

У XIV-XVI століттях почався бурхливий розвиток наук, мистецтва, архітектури і тому виникла потреба вимірювати інші величини, наприклад у наукових цілях. Так, у XVII столітті з'явилися перші барометри, гігрометри, термометри, манометри, а у XVIII столітті почали використовувати динамометри, колориметри, прилади для вимірювання деяких світлових величин.

Коли винайшли парові двигуни, для розрахунків величин роботи і потужності почали застосовувати такі одиниці їх вимірювань, як пудофут і кіньську силу. У середині XIX століття почали вимірювати електричні величини, а в кінці XIX і на початку XX століть були відкриті нові фізичні явища і виникли нові види вимірювань в галузях рентгенівського випромінювання, радіоактивності, молекулярної і атомної фізики.

Коротко розглянемо розвиток мір *довжини, ваги (маси) і об'єму*.

Традиційна старовинна міра – це засіб відтворення і зберігання величини одного чи декількох розмірів, значення яких відомі з необхідною для вимірювання точністю, у вигляді тіла або пристрою.

Можна відлити три етапи розвитку мір як носія одиниці фізичної величини:

- одиниці величини були безпосередньо зв'язані з мірами, а міри – з частинами тіла людини (на ранньому етапі);
- відмова від одиниць величин, відтворюваних природньо, і закріплення їх в "речових" зразках (створення метричних мір);

- повернення до природних джерел, але на якісно іншому рівні, наприклад, для відтворення метра використовується не матеріальний еталон, а довжина хвилі світла.

Актуальність упорядкування різноманітних систем вимірювання пояснювалась їх значною кількістю, що ускладнювало торговельні відносини. У другій половині XVIII століття в Європі нараховувалося до сотні "футів" різної довжини, 50 різних миль, 120 різних фунтів. Тому у 1790 р. у Франції було прийнято рішення про створення системи нових мір, "заснованих на незмінному прототипі, взятому з природи, з тим, щоб її змогли прийняти всі нації". Згідно цієї системи одиниця довжини - метр дорівнював $1/10\,000\,000$ частині чверті меридіана Землі, що проходить через Париж (1791 рік).

У 1792-1799 роки проводилися вимірювання і оброблення результатів під керівництвом астрономів Делямбра і Метена (між містами Дюнкерк на півночі Франції і Барселоною в Іспанії) і був виготовлений перший еталон метра – платиновий стержень прямокутного перетину, який згодом дістав назву архівний еталон. За одиницю маси була прийнята маса $0,001\text{ м}^3$ (1 дм^3) чистої води при температурі $+4^\circ\text{C}$ (найбільшої густини). Це був еталонний кілограм, який було виготовлено у вигляді платинового циліндру, висота якого дорівнювала його діаметру.

Із введенням метричної системи почали застосовувати десяткову систему утворення кратних і частинних одиниць, що відповідає десятковій системі, яка широко використовується в сучасному світі. Оскільки, згідно наступних більш точних вимірювань, в $1/4$ меридіана містилось не 10^7 м, а $10\,000\,856$ метрів, то у 1872 році Міжнародною комісією з прототипів метричної системи було прийняте рішення перейти від одиниць довжини і маси, які базуються на природних еталонах, до одиниць, заснованих на умовних матеріальних еталонах (прототипах).

Необхідність сприяння міжнародній торгівлі промисловою продукцією за допомогою узгодженості одиниць вимірювань була кінцево визнана у 1860 р. та закріплена в **Метрологічній конвенції**. Застосування Метричної

системи мір відіграло значну роль не тільки у встановленні єдності вимірювань між країнами, але й сприяло становленню та розвитку національних метрологічних центрів і в цілому метрології як науки.

20 травня 1875 року у Парижі була проведена дипломатична конференція, на якій з 20 присутніх 17 держав підписали Метричну конвенцію (ця угода була переглянута у 1921), згідно з якою:

- встановлювалися міжнародні прототипи метра і кілограма;
- створювалося Міжнародне бюро мір і ваги (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) – наукова установа, кошти на утримання якої зобов'язувалися виділяти держави, що підписали конвенцію;
- утворювався Міжнародний комітет мір і ваги (МКМВ), який складався з вчених з різних країн (18 чоловік), однією з функцій якого було керівництво діяльністю Міжнародного бюро мір і ваги;
- скликалась один раз на шість років (потім - один раз в чотири роки) Генеральна конференція з мір і ваги (ГКМВ).

BIPM має штаб біля Парижу, розташований на площі 43 520 м² у Павільон де Бретейль (Parc de Saint-Cloud), відданий у його розпорядження урядом Франції. Його фінансують Держави-членами конвенції.

Основні задачі BIPM складаються у гарантуванні єдності фізичних вимірювань на міжнародному рівні. До його функцій, таким чином, можна віднести:

- встановлення фундаментальних стандартів і шкал для вимірювання принципів фізичних величин і обслуговування міжнародних зразків (прототипів) Міжнародної системи одиниць (International System of Units, SI);
- здійснення порівняльного аналізу національних і міжнародних стандартів з вимірювань;
- регулювання та координування обміном і передачею методик вимірювань;

- виконують та координують вимірювання фундаментальних фізичних констант.

BIPM працює виключно під наглядом Міжнародного комітету мір і ваги (Comité International des Poids et Mesures, CIPM), члени якого, у свою чергу, вибираються на Генеральній конференції мір і ваги (Conférence Générale des Poids, CGPM), де й звітуються про досягнення за певний період часу.

Делегати від усіх країн-членів Метричної Конвенції приймають участь у CGPM, яка в наш час проводиться кожні чотири роки.

Під час таких зустрічей оговорюються та вводяться нові міри системи SI, підтверджуються результати нових фундаментальних метрологічних вимірювань, пропонуються різноманітні наукові підходи і рішення з урахуванням можливостей новітніх технологій і матеріалів.

З 2000 року 48 країн приєдналися до Метричної Конвенції (Аргентина, Австралія, Австрія, Бельгія, Бразилія, Болгарія, Камерун, Канада, Чілі, Китай, Чеська республіка, Данія, Домініканська Республіка, Єгипет, Фінляндія, Франція, Германия, Угорщина, Індія, Індонезія, Іран, Ірландія, Ізраїль, Італія, Японія, Корея, Мексика, Нідерланди, Нова Зеландія, Норвегія, Пакистан, Польща, Португалія, Румунія, Російська Федерація, Сінгапур, Словенія, Південна Африка, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Таїланд, Туреччина, Велика Британія, США, Уругвай, Венесуела.

Станом на січень 2011 до неї входили 54 держави-члени й низка асоційованих членів, до числа яких з 2002 року входила Україна.

7 серпня 2018 року Україна набула повноправного членства в Метричній конвенції та стала однією із 60 країн-членів. До цього часу протягом 16 років Україна перебувала у статусі асоційованого члена.

Як відомо, Метрична конвенція – це міжнародна угода, спрямована на розробку і підтримку міжнародних еталонів одиниць вимірювання Міжнародної системи одиниць (SI), відкрита для всіх країн, що мають дипломатичні стосунки з Францією (країною-зберігачем угоди). Розробкою міжнародних еталонів та звіренням національних еталонів країн-членів Метричної конвенції з цими еталонами займається Міжнародне бюро з мір та ваг.

Приєднання до Метричної конвенції передбачено Угодою про асоціацію між Україною та ЄС, Стратегією розвитку системи технічного регулювання до 2020 року та Законом України «Про приєднання України до Метричної конвенції».

Повноправне членство в Метричній конвенції забезпечить визнання метрологічної системи України, яка відповідає європейським вимогам та дасть можливість проводити звірення національних еталонів України з національними еталонами 59 країн-членів Метричної конвенції, що є обов'язковою умовою для міжнародного визнання результатів вимірювань і випробувань української продукції для її просування на міжнародний ринок. Членство України в Метричній конвенції також сприятиме укладенню Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислових товарів (Угода АСАА) з Європейським Союзом.

Метрична Конвенція передбачала створення і фінансування на загальні кошти постійного наукового закладу - МБМВ з місцеперебуванням у Парижі. Цьому закладу було доручено зберігання міжнародних прототипів метра і кілограма, а також періодичні співставлення з ними їх копій, що були роздані країнам, які підписали конвенцію. Пізніше діяльність МБМВ розширилась і розповсюдилася на еталони електричних одиниць (вольт і ом), а також на дослідження в галузі іонізуючих випромінювань.

Укладання Метричної конвенції і діяльність її органів мали велике значення в справі вдосконалення метричної системи мір і уніфікації одиниць вимірювання в цілому світі. Тільки завдяки цій діяльності стало можливим прийняття Міжнародної системи одиниць і підвищення точності вимірювань.

Метрична конвенція у жовтні 1921 р. була доповнена Міжнародною угодою для розширення її дії на галузь вимірювання електричних величин. Одночасно МБМВ було доручено проведення робіт із визначення фізичних сталих, точніше знання яких сприяло б підвищенню точності вимірювання довжини, маси, температури, електричних та інших величин.

У Росії у 1736 р. була створена Комісія мір і ваги, яка займалася створенням зразків російських мір. У 1797 р. видано російський закон "Об учреждении повсеместно в Российской империи верных весов, питейных и хлебных мер". У 1827 р. створена комісія з розробки системи російських зразкових мір і ваги, а у жовтні 1835 р. вийшов царський указ "О системе российских мер и весов", яким установлювалися такі російські міри: 1 сажень - 7 англійських фунтів, 1 фунт - маса води в об'ємі 25,02 куб. дюйма, 1 відро (міра рідини) - 30 фунтів води і четвертних (міра сипучих речовин) - 64 фунти води. Уточнення розмірів російських мір пізніше було проведено Д. Менделєєвим, який з 1893 по 1899 рр. займався цією проблемою.

У червні 1899 р. затверджено "Положение о мерах и весах". В основу цієї системи покладені одиниця маси (1 фунт, рівний 0,40951241 кг) та одиниця довжини (1 аршин, рівний 0,711200 м). Співвідношення між російськими і метричними мірами наведено у Додатку 1.

Хоча у 1875 р. Росія підписала Міжнародну метричну конвенцію, але у країні зберігалася традиційна російська система мір. Лише у вересні 1918 р. Рада Народних Комісарів Російської Федерації прийняла декрет "О введении Международной метрической десятичной системы мер и весов", основними пунктами якого були:

"1. Положить в основание всех измерений международную метрическую систему мер и весов с десятичным подразделением и производными.

2. Принять за основу единицы длины - метр, а за основу единицы массы - килограмм. За образцы основных единиц метрической системы принято копию международного метра, носящую знак № 28, и копию международного килограмма, носящую, знак №12, изготовленную из иридиевой платины, переданные России Первой Международной конференцией мер и весов в Париже в 1889 году и хранимые в Главной палата мер и весов в Петрограде.

3. Все советские учреждения и организации обязаны с 1 января 1919 года приступить к введению Международной метрической системы.

Выработка инструкций для проведения декрета в жизнь поручается соответствующим центральным государственным органам каждого ведомства.

С 1 января 1924 года воспретить применение всяких мер и весов, кроме метрических".

На підготовчі роботи передбачалося 5 років, але у 1922 р. цей термін продовжено ще на 3 роки. Метрична реформа в основному завершилась у 1927 р. і в цьому велику роль відіграла Головна палата мір і ваги (нині Всеросійський науково-дослідний інститут метрології імені Д. Менделєєва).

Таким чином, метрична система мір була першою системою зв'язаних між собою одиниць довжини, площі, об'єму, маси. Введення нового способу утворення кратних і частинних величин одиниць суттєво полегшило перерахунок значень величин. Метрична система почала застосовуватися для створення системи одиниць і на початок ХХ століття застосовувалося багато систем одиниць. Необхідно було вирішувати питання уніфікації одиниць.

У 1948 р. 9-й ГКМВ розглянула пропозицію Міжнародної спілки чистої і прикладної фізики про встановлення міжнародної практичної системи одиниць. Крім того, французький уряд представив ГКМВ проект уніфікації одиниць. ГКМВ доручила МКМВ провести офіційне опитування представників наукових, технічних і педагогічних провідних закладів різних країн про доцільність встановлення єдиної практичної системи одиниць, яку б могли прийняти всі країни, що підписали Метричну конвенцію.

Представники 21 країни підтримали проект запропонованої системи, що базувалася на МКС. У 1954 р. 10-й ГКМВ затвердила з цього питання резолюцію, згідно якої як основні одиниці практичної системи одиниць для міжнародних відносин прийнято: одиниця довжини - метр; одиниця маси - кілограм; одиниця часу - секунда; одиниця сили струму - ампер; одиниця термодинамічної температури - градус Кельвіна і одиниця сили світла - свіча. У жовтні 1960 р. 11-й ГКМВ прийняла нову систему і присвоїла їй найменування "Міжнародна система одиниць" (SI). Пізніше в неї вносилися зміни і доповнення.

Преваги системи одиниць SI над іншими системами:

- універсальність системи одиниць, яка охоплює всі види вимірювань в усіх галузях науки і техніки;
- уніфікація одиниць для всіх галузей і видів вимірювань (механічних, теплових, електричних, магнітних, акустичних, світлових і т.д.) - передбачена одна системна одиниця джоуль (Дж) як одиниця роботи, енергії, кількості теплоти, замість кількох одиниць тиску (ат, атм, кгс/см², мм.рт.ст., мм.вод.ст., бар, дин/см², Н/м², торр), введена одна одиниця - паскаль (Па) як універсальна одиниця тиску, механічної напруги, модуля пружності;
- когерентність одиниць - всі похідні одиниці SI одержують з рівнянь зв'язків між величинами, в яких коефіцієнти дорівнюють 1;
- можливість відтворення одиниць з високою точністю
- строчений запис рівнянь і формул у фізиці, хімії, інших науках, а також в технічних розрахунках у зв'язку з відсутністю перевідних коефіцієнтів;
- зменшення кількості допущених одиниць;
- єдина система утворення кратних і частинних одиниць для одиниць, що мають власні найменування;

полегшення процесу навчання, спрощення науково-технічного співробітництва країн тощо.

У листопаді 1961 р. Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів при Раді Міністрів СРСР затвердив державний стандарт ГОСТ 9867-61 "Міжнародна система одиниць" з терміном введення з 1 січня 1963 р., який вказував, що систему SI потрібно застосовувати як переважну в усіх галузях науки, техніки і народного господарства.

Історично змінювалися визначення одиниць системи SI. У 1948 р. на 9-й ГКМВ в прийнято наступне визначення одиниці сили світла: свічою називалась 1/60 частина сили світла, що випромінюється одним квадратним сантиметром повного випромінювача (чорним тілом) при температурі тверднення платини в напрямку нормалі до випромінюючої поверхні.

У 1967 р. на 13-й ГКМВ дали визначення кандели - сили світла, яке випромінюється з площі $1/600000 \text{ м}^2$ повного випромінювача в перпендикулярному до цієї площі напрямку при температурі тверднення платини і тиску 101325 Па ; температури - за потрійну точку води прийнято $273,16 \text{ К}$, при цій температурі одночасно існують три фази води (рідина, пара, лід).

Потрійну точку води можна отримати з високою точністю - похибка складе $0,0001 \text{ К}$. Поряд з термодинамічною шкалою (яка отримується за допомогою газового термометра - складної установки, основними частинами якої є посуд з газом і манометр для вимірювання тиску при переході від однієї температури до іншої).

У 1968 р. затверджена Міжнародна практична температурна шкала (МПТШ-68). Ця шкала побудована на ряді постійних точок рівноважного стану хімічно чистих речовин, які вибрані так, що виміряна за цією шкалою температура близька до термодинамічної температури. На ній температура виражена в градусах Цельсія з символом $t = T - 273,16 \text{ К}$.

До 1956 р. визначення секунди пов'язувалося з обертанням Землі навколо своєї осі, секунда дорівнювала $1/86400$ частини середньої доби. Підвищення точності вимірювань часу, досягнуте в результаті застосування кварцових годинників, а потім молекулярних і атомних годинників, дозволило виявити нерівномірність обертання Землі навколо своєї осі.

Тому визначення секунди замінили новим, зв'язаним з обертом Землі навколо Сонця. Секунда - це $1/31536925,9747$ частина тропічного року для 0 січня 1900 р. в 12 годин ефемеридного часу.

Ефемеридним в астрономії називають рівномірний плин часу. Дата "0 січня 1900 р. в 12 годин" виражена в прийнятому в астрономічному порядку рахунку часу і відповідає полудню 31 грудня 1899 р. Вибір цього року пояснюється тим, що тропічний рік (рік між двома весняними рівноденнями) не має незмінного значення, він зменшується приблизно на $0,5 \text{ с}$ за століття.

Наведене значення секунди дозволяло суворіше користуватися природним еталоном, який визначався з сукупності видимих рухів небесних тіл. Однак відтворення секунди за цим визначенням по астрономічним спосте-

реженням досить важке і довготривале. Нове визначення базується на атомному еталоні частоти. Еталон з атомним пучком цезію використовує можливість відбору атомів цезію по енергетичних рівнях надтонкої структури з допомогою неоднорідного магнітного поля. Його резонансна частота дорівнює 9192631770 Гц. Пучок атомів цезію іонізується і послідовно проходить поля двох відхиляючих магнітів, потрапляючи в детектор, де фіксується іонний струм. Між магнітами існує високочастотне поле, що збуджує атоми при резонансній частоті цих рівнів.

СПИСОК КОРИСНИХ ПОСИЛАНЬ

1. <http://easc.by/kiev> (офіціальний сайт Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС).
2. <http://uas.org.ua/ua/> (офіційний сайт Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» ДП «УкрНДНЦ»).
3. <http://www.me.gov.ua/?lang=uk-UA> (офіційний сайт Міністерства економічного розвитку і торгівлі України).
4. <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18> - Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" із змінами, внесеними згідно із Законами № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 14, ст.96 № 2119-VIII від 22.06.2017, ВВР, 2017, № 34, ст.370.
5. <https://bookster.com.ua/pershi-odynytsi-vymiryuvannya-ta-postupova-unifikatsiya-mir-dovzhyny-ploshhi-vagy-toshho/> - Перші одиниці вимірювання та поступова уніфікація мір довжини, площі, ваги тощо.
6. <https://helpiks.org/8-51654.html> - Нариси з історії розвитку метрології.
7. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F>