

**УДК 369.64**  
**ББК**  
**Б**

**Укладач - О.В.Задоянний, канд. техн. наук, доцент.**

**Рецензент - Г.А.Саранча, канд. техн. наук, професор.**

**Відповідальний за випуск - Ю.К.Росковшенко, завідувач  
кафедри ТГПів,  
канд. техн. наук, доцент.**

**Затверджено на засіданні кафедри ТГПів, протокол №5  
від 26 листопада  
року.**

О.В.Задоянний

Б      Метрологія і стандартизація: Конспект лекцій.- К.: КНУБіА, 2001-78 с.

Розглянуто питання стандартизації, сертифікації, управління якістю продукції і метрологічного забезпечення виробництва, подано економічні, правові та міжнародні аспекти питань зі стандартизації.

Призначено для студентів спеціальності "Теплогазопостачання та вентиляція".

ББК

О.В.Задоянний, 2001 р.

## Зміст

Передмова .....	4
Лекція 1. Основи стандартизації. Державна система стандартизації України.....	5
1.1. Науково-методичні основи стандартизації, методи стандартизації, нормативні документи із стандартизації, об'єкти стандартизації, категорії і види стандартів, суть стандартизації і її роль у підвищенні ефективності народного господарства України, система стандартизації в будівництві .....	5
Лекція 2. Метрологічне забезпечення виробництва .....	22
2.1. Законодавча база метрології, терміни та визначення, державна метрологічна система, нормативні документи з метрології, відтворення та зберігання одиниць вимірювання, еталонна база, державні еталони, робочі еталони, вихідні еталони .....	22
1.2. Вимірювання, одиниці вимірювання, здійснення вимірювань, засоби вимірювальної техніки, застосування одиниць вимірювання .....	26
1.3. Нормовані метрологічні характеристики засобів вимірів. Метрологічні характеристики засобів вимірів. Нормування метрологічних характеристик засобів вимірів. Класи точності засобів вимірів. Метрологічна надійність засобів виміру .....	31
1.4. Статистичний аналіз і оцінка похибок вимірювання, види похибок вимірювання, їх виключення, обробка результатів вимірювання, що мають випадкові похибки, імпірична крива розподілу випадкових похибок, оцінка результатів вимірювання, поняття про довірчі границі, довірчий інтервал і довірчу ймовірність, їх оцінка, оцінка сумарної похибки результатів вимірювання, статистичні методи оцінки похибок вимірювання .....	35
1.5. Оцінка похибок при вимірюванні параметрів середовищ в техніці ТГПів .....	40
Лекція 3. Управління якістю продукції .....	62
3.1. Елементи системи якості, фінансові аспекти системи якості, визначення якісних показників продукції, управління якістю продукції, система та принципи управління, сертифікація продукції, державний і відомчий контроль якості і випробування продукції, атестація продукції .....	62
Лекція 4. Економічна ефективність стандартизації .....	71
4.1. Методичні положення з визначення економічної ефективності стандартизації, розрахунки економічної ефективності стандартизації ..	71
Лекція 5. Організаційно-правові основи стандартизації.....	74
5.1. Державний контроль за додержанням стандартів, юридична відповідальність та інші заходи правового впливу за порушення законодавства із стандартизації, якості продукції і забезпечення єдності вимірів .....	74
Лекція 6. Міжнародна та європейська діяльність зі стандартизації, участь України в галузі стандартизації, метрології і якості продукції .....	76

## Передмова

Науково-технічний і економічний прогрес в Україні на сучасному етапі нерозривно пов'язаний з підвищенням якості продукції на основі удосконалення метрологічної діяльності і стандартизації.

Стандартизація, метрологія і вимірювальна техніка - три основні ланки, рівень і темпи розвитку яких найбільше впливають на якість всієї промислової продукції. Опираючись на це, стандартизацію треба розглядати як нормативно-технічну основу якості. Дійсно, стандарти у будь-якому вигляді призначені для нормування показників якості, для постійного їх підвищення.

Метрологія - це наукова основа вимірювання, яка безпосередньо визначає якісні показники продукції. Вимірювальна техніка є складовою метрологічної оцінки якісних показників продукції, вона становить сукупність методів і засобів вимірювання, які дають повну і достовірну інформацію про властивості речовин матеріалів, про характеристики технологічних процесів.

В останні десятиліття одним з найважливіших механізмів забезпечення якості стала сертифікація, яка переросла в норму торгових відносин будь-якого рівня. До вирішення задач сертифікації залучені громадські і приватні виробники, споживачі та науково-технічні організації, уряди більшості країн і навіть міжурядові організації. При цьому сертифікація продукції поширилась на системи якості.

Таким чином, проблема забезпечення якості продукції є комплексною: науковою, технічною, економічною і соціальною, і у вирішенні її повинні приймати участь висококваліфіковані спеціалісти, які вільно володіють сучасними методами управління якістю.

Конспект лекцій складено на підставі робочої програми для спеціальності ТГПіВ.

В конспекті подано такі основні питання: науково-методичні основи стандартизації, категорії і види стандартів, організацію роботи із стандартизації в Україні, законодавчу базу про метрологічну діяльність, одиниці вимірювання, їх відтворення та зберігання, метрологічну службу України, державний метрологічний контроль, статистичний аналіз і оцінку похибок вимірювання, елементи системи якості та фінансові аспекти якості, систему розробки і постановки продукції на виробництво, атестацію продукції, методичні положення з визначення економічної ефективності стандартизації, правове регулювання стандартизації, а також роль і місце стандартизації у розвитку економічного і науково-технічного співробітництва держав.

## Лекція №1

### 1. Основи стандартизації. Державна система стандартизації України.

#### 1.1. Науково-методичні основи стандартизації, методи стандартизації, нормативні документи із стандартизації, об'єкти стандартизації, категорії і види стандартів, суть стандартизації і її роль у підвищенні ефективності народного господарства України, система стандартизації в будівництві

Науково-технічний і економічний прогрес нерозривно пов'язаний з підвищенням якості продукції на основі вдосконалення метрологічного забезпечення і стандартизації.

Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 11 лютого 1998 року має на меті сприяння науково-технічному і економічному прогресу завдяки використанню результатів вимірювань гарантованої точності, виражених у тих одиницях, що допускаються до застосування, і створення умов для розвитку міждержавних зв'язків.

Правові та економічні основи систем стандартизації та сертифікації визначають відповідні Закони України "Про стандартизацію" від 11 травня 2001 року та "Про підтвердження відповідності" від 5 квітня 2001 року і встановлюють організаційні форми їх функціонування на території України.

Стандартизація, метрологія і вимірювальна техніка - три основні ланки, рівень і темпи розвитку яких найбільше впливають на якість всієї промислової продукції.

*Стандартизація* - законодавча основа якості: стандарти законодавчо закріплюють комплекс кількісних характеристик, що забезпечують потрібний нині й у майбутньому рівень якості.

*Метрологія* – наука про вимірювання, яка включає як теоретичні, так і практичні аспекти вимірювань у всіх галузях науки і техніки. Прикладні дисципліни цієї науки дають змогу нормувати кількісні характеристики якості продукції і процесів, визначати ступінь точності й надійності вимірювальної інформації, необхідної для поелементного контролю якості продукції на всіх етапах її проектування, виготовлення та експлуатації.

*Вимірювальна техніка* - одна із складових матеріально-технічної бази забезпечення якості продукції. Вона становить сукупність методів і засобів вимірювання, які дають повну й достовірну інформацію про властивості речовин, матеріалів і виробів, про характеристики технологічних процесів. Вимірювальна техніка базується на єдності мір і одноманітності вимірювання, однозначно визначає рівень якості й технічні можливості її підвищення.

Природно, що рівні розвитку стандартизації, метрології й вимірювальної техніки - єдиних ланок системи забезпечення високої якості всієї промислової продукції - взаємопов'язані і взаємозумовлені. Відомо, що ще в 1832 році було видано "Урочное положение на все вообще работы, производящиеся при крепостях, гражданских зданях и гидравлических сооружениях". Воно багато разів перевидавалося в Росії як офіційний посібник, що був найбільш системним і комплексним зведенням правил при створенні проектів, кошторису та виконанні будівельних робіт. Як офіційний нормативний документ це положення діяло без істотних змін до 1923 року. У додаток до цього офіційного нормативного видання

в кінці дев'ятнадцятого сторіччя було видано і пізніше багато разів перевидавалось як настільна книга будівельників "Урочное положение" російського інженера М.І.Решера, де наведено необхідні пояснення, розрахунки, ілюстрації до офіційного тексту.

*Створення метрологічної системи.* Тривалий час одиниці для вимірювання вибирали довільно і це зумовило їх різноманітність. Окремі держави мали свої особливі одиниці, крім того, кожна держава користувалася різними одиницями. В Росії до жовтневої революції в довіднику для будівельників інженера Н.І.Лапіна наведено 100 різних футів, 46 різних миль, 120 різних фунтів тощо. З розвитком промисловості й торгівлі гальмуюча роль різною в одиницях стала дедалі відчутнішою, прогрес природничих і технічних наук вимагав установа єдиної раціональної мови одиниць. Поступово окреслювалась ідея створення такої системи, що відповідала б вимогам:

- система мір повинна бути **єдиною і загальною**;
- одиниці повинні мати **точно визначені розміри**;
- повинні існувати їх **еталони**, які не змінюються в часі;
- **одиниці різних величин повинні бути пов'язані між собою певним співвідношенням**;
- для кожної **величини** повинна існувати **тільки одна одиниця**;
- кратні і часткові одиниці повинні перебувати у відношеннях, що дорівнюють **основі системи, тобто степеню 10**.

Ідея побудови всієї системи на десятковій основі належить французькому астроному Г.Мутону, який жив у 17 сторіччі.

Паризька академія наук в 1799 році провела роботу по заснуванню метричної системи, було розроблено прототипи метра і кілограма, які потім передано законодавчому корпусу і на збереження Національному архіву Франції. Відтоді ці прототипи мають назву "архівні". Із Франції метрична система мір почала розповсюджуватись в інші країни.

20 травня 1875 року було підписано Конвенцію і засновано Міжнародне бюро мір і ваги. Конвенцію підписали повноважні представники 17 держав, у тому числі і Росії. Згідно з Конвенцією Міжнародне бюро мір і ваги повинно діяти під управлінням Міжнародного Комітету мір і ваги у складі 14 членів - представників різних держав-учасниць. У ті часи було виготовлено 31 еталон метра і 34 еталони кілограма, які були розподілені між державами-учасницями. Росії дістались еталони метра №11 і №28, еталони кілограма №12 і №26, з яких декретом від 11 вересня 1918 року еталон метра №28 і еталон кілограма №12 затверджено як **державні первинні еталони**.

Було утворено такі міжнародні консультативні комітети: ККЕ - Консультативний комітет з електрики; ККФР - Консультативний комітет з фотометрії і радіометрії; ККТ - Консультативний комітет з термометрії; ККВМ - Консультативний комітет з визначення метра; ККВС - Консультативний комітет з визначення секунди; ККЕІВ - Консультативний комітет з еталонів для вимірювання іонізуючих випромінювань; МАГАТЕ - Міжнародне агенство з атомної енергії; ККО - Міжнародний комітет з одиниць.

У стародавні часи на лісових складах Японії продавалися стояки та інші будівельні деталі стандартних розмірів, придатні до використання. Існував стандарт - циновка (татамі). Ця циновка, що відповідала росту найвищого японця, використовувалася в будівництві як модуль. У стародавньому Єгипті використовували систему стандартних цеглин, у Римській імперії було встановлено єдиний діаметр труб для водопроводів - найпоширенішою була труба діаметром у п'ять пальців (95 мм), труби іншого діаметру заборонялося підключати до міського водопроводу. Стандартизувалися також різні рецепти. Наприклад, з порцелянової мануфактури в Мейсені було точно встановлено різні суміші пор-

целянової маси. Відомий рецепт Бетгера (1719 рік) за яким глазур повинна була складатися із глини, кремнію та крейди у певному співвідношенні.

Початок стандартизації в Росії припадає на середину 16 сторіччя. У 1535 році указом Івана Грозного на рушничному подвір'ї було запроваджено стандартні нормальні калібри - кружала для вимірювання розмірів ядер до гармат. В тіж часи російськи будівельники застосовували стандартну цеглу при будівництві храму Василя Блаженного в Москві, вони використовували обмежену кількість профілів цегли для різноманітних з'єднань. При будівництві міста-фортеці Свиязька (під Казанню) було застосовано невідому доти західноєвропейським державам стандартизацію будівельних частин, яка давала змогу здійснювати збірне будівництво (1551 рік).

В першій половині 19 сторіччя в Росії було утворено комісію будівельників. Вона розробляла типи житлових будинків, встановлювала співвідношення поверхів, дверних прорізів (отворів) і архітектурних деталей, проекти зразкових будинків для всієї Російської імперії. Перший загальнодержавний стандарт розроблено 7 травня 1926 року, це був "Пшеница. Селекционные сорта зерна. Номенклатура". У галузі будівництва за основні об'єкти стандартизації було взято будівельні матеріали і вироби, а з початку 30-х років розроблялися стандарти й на їх основні - норми проектування в будівництві. Було затверджено стандарти, що регламентували вітрове, снігове і корисне навантаження, класифікацію будівельних матеріалів, методи визначення тепловтрат у будівлях, основні правила проектування житлових, громадських і виробничих будівель.

У далекій давнині виникла потреба зафіксувати, записати у вигляді "стандартів" багато різноманітніших понять, "предметів". Наприклад, у Китаї було створено ієрогліфи, якими позначали якесь конкретне поняття (стіл - один ієрогліф, стілець - інший, ліжко - ще інший і т.д.) і таких "стандартів" налічувалося понад 50 тисяч. Пізніше з'явилася інша система "стандартів" - букви, їх було всього тридцять, кожна з них - чиста абстракція ("а", "б", "в", "г"), яка сама по собі нічого не виражає. Але ці суцільно абстрактні "стандарти", поєднуючись один з одним здатні виражати найрізноманітнішу конкретність. У даному випадку принципова різниця між ієрогліфами і буквами в тому, що перші - конкретні, а другі - абстрактні. Конкретність зробила ієрогліфи неваріантними; абстрактність надала буквам якості варіантності. Тому перших багато, а других мало. Звідси, переходячи на будівництво робимо висновок, що стандартизувати треба не окремі будинки, а їх елементи.

*Державна система стандартизації* в Україні визначає мету і принципи управління, форми та загальні організаційно-технічні правила виконання всіх видів робіт із стандартизації [1]. Вона спрямована на забезпечення:

- реалізації єдиної технічної політики в сфері стандартизації, метрології та сертифікації;
- захисту інтересів споживачів і держави з питань безпеки продукції (процесів, робіт і послуг) для життя, здоров'я та майна громадян, охорони навколишнього природного середовища;
- взаємозамінності та сумісності продукції, її уніфікації;
- якості продукції відповідно до розвитку науки і техніки, потреб населення і народного господарства;
- економії всіх видів ресурсів, поліпшення техніко-економічних показників виробництва;
- безпеки народно-господарських об'єктів з урахуванням ризику природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій;
- створення нормативної бази функціонування систем стандартизації та сертифікації продукції;
- обороноздатності та мобілізаційної готовності країни.

Державну систему стандартизації створює *Державний комітет України із стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України)* - національний орган із стандартизації.

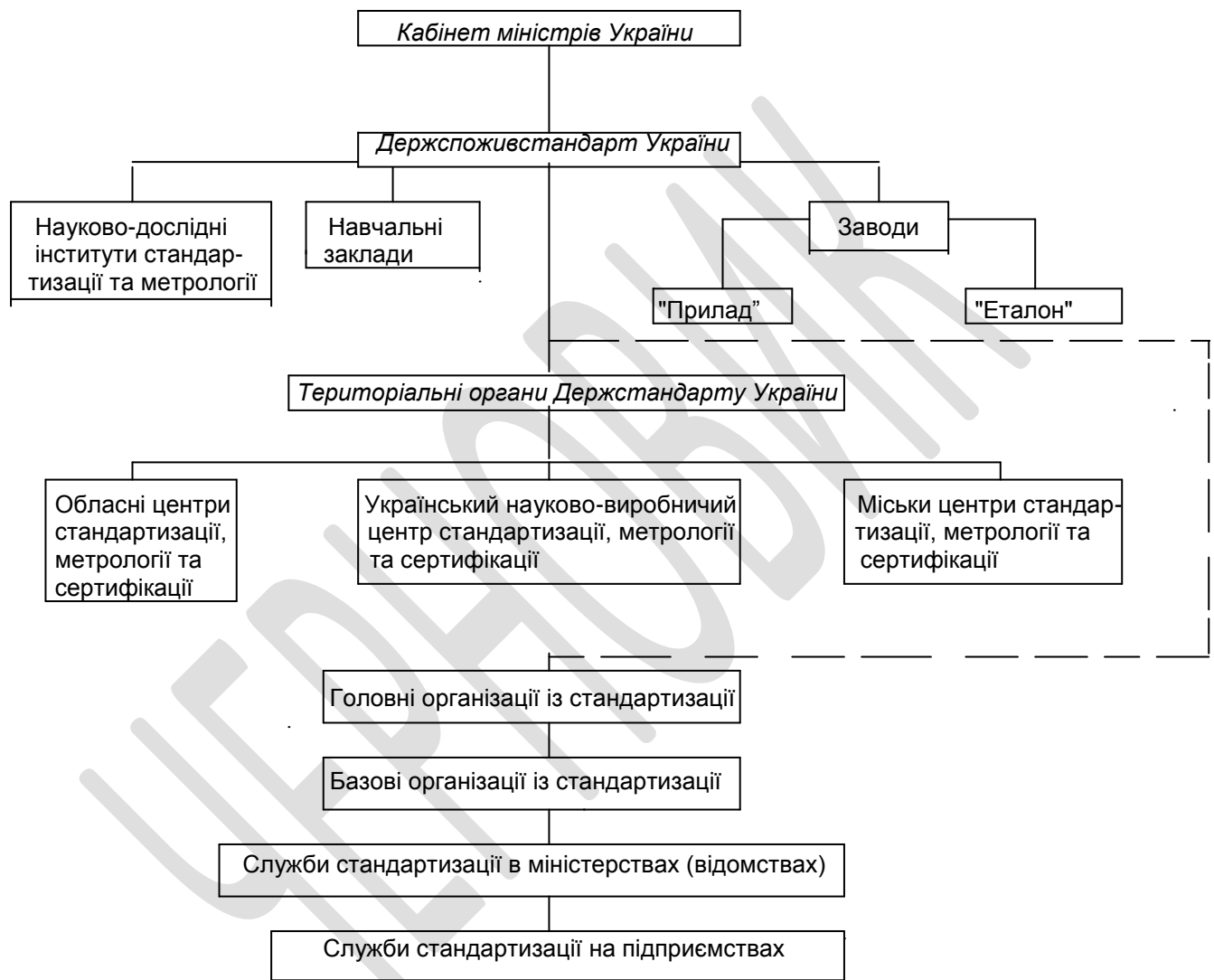


Рис.1.1 Державна система стандартизації в Україні

Загальнотехнічні та організаційно-методичні стандарти, як правило, об'єднують в комплекси (системи) стандартів для нормативного забезпечення рішень технічних і соціально-економічних задач в певній галузі діяльності. Зараз діє понад 40 таких міждержавних систем, які забезпечують організацію виробництва високоякісної продукції. Найважливіші з них є:

1. *Державна система стандартизації* ( принципи розглянуто вище ). Ці стандарти позначаються перед номером цифрою 1.

2. *Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)* – це система постійно діючих технічних і організаційних вимог, що забезпечують взаємний обмін конструкторською документацією без її переоформлення між країнами СНД, галузями промисловості і окремими підприємствами, розширення уніфікації продукції при конструкторській розробці, спрощення форми документів і скорочення їх номенклатури, а також єдність графічних зображень; механізовану і автоматизовану розробку документів і, найголовніше, - готовність промисловості до організації виробництва будь-якого виробу на якому завгодно підприємстві в найкоротший термін. Стандарти системи ЄСКД позначаються перед номером стандарту цифрою 2.

3. *Єдина система технологічної документації (ЄСТД)* – встановлює обов'язковий порядок розробки, оформлення і збереження всіх видів технологічної документації на машино-і приладобудівних підприємствах країни для виготовлення, транспортування, встановлення і ремонту виробів цих підприємств. На основі технологічної документації здійснюють планування, підготовку і організацію виробництва, встановлюють зв'язки між відділами і цехами підприємства, а також між виконавцями. Стандарти ЄСТД позначаються перед номером стандарту цифрою 3.

4. *Державна система забезпечення єдності вимірювань (ДСВ)*. Ця система відіграє в наш час особливу роль. В сучасній промисловості затрати праці на виконання вимірювань складають в середньому 10% загальних затрат на всіх стадіях створення і експлуатації продукції, а в окремих галузях промисловості досягають 50-60 % - (електронна, радіотехнічна та інші). Ефективність цих затрат визначається достовірністю і порівнюваністю вимірювань, які можуть бути досягнуті лише в умовах добре організованого метрологічного забезпечення. Стандарти ДСВ позначаються перед номером стандарту цифрою 8.

5. *Система стандартів безпеки праці (ССБП)* – ця система встановлює єдині правила і норми, що стосуються безпеки людини в процесі праці. Введення системи в дію забезпечує значне зниження виробничого травматизму і професійних захворювань. Стандарти ССБП позначаються перед номером стандарту цифрою 12.

6. *Єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ)* – це комплекс міждержавних стандартів і галузевих систем технологічної підготовки виробництва, при виконанні вимог яких створюються умови для скорочення строків підготовки виробництва, освоєння і випуску продукції заданої якості, забезпечення високої гнучкості виробничої структури і значної економії трудових, матеріальних і фінансових ресурсів. На базі системи розробляються типові технологічні процеси. Стандарти ЄСТПВ позначаються перед номером стандарту цифрою 14.

7. *Система розробки і постановки продукції на виробництво (СРПВ)* – це система правил, що визначають порядок проведення робіт по створенню, виробництву і використанню продукції, встановлених відповідними стандартами. Основне призначення СРПВ полягає у встановленні організаційно-технічних принципів і порядку проведення робіт по створенню продукції високої якості, запобіганню постановки на виробництво застарілої, неефективної і невідпрацьованої продукції, скороченню строків розробки і освоєння та своєчасному оновленню продукції. Стандарти СРПВ регламентують:

- порядок проведення науково-дослідних і експериментально-конструкторських робіт, патентних досліджень, що включають дослідження технічного рівня і тенденцій розвитку техніки;

- вимоги до продукції, яку належить розробити і освоїти, порядок видання, контролю і підтримання цих вимог на всіх стадіях життєвого циклу продукції та зняття її з виробництва;
- порядок постановки продукції на виробництво (в тому числі раніше освоєної на інших підприємствах продукції і продукції, що виготовляється за ліцензіями зарубіжних фірм), здійснення авторського нагляду при освоєнні і виробництві продукції;
- вимоги до зразків-еталонів товарів, правила їх узгодження і затвердження;
- порядок зняття застарілої продукції з виробництва з урахуванням інтересів споживачів і своєчасної заміни такої продукції більш сучасною.

Стандарти системи СРПВ позначаються перед номером стандарту цифрою 15.

Основні *принципи* стандартизації:

- врахування рівня розвитку науки і техніки, екологічних вимог, економічної діяльності й ефективності виробництва для виробників, користі і безпеки для споживачів і держави в цілому;
- гармонізація з міжнародними, регіональними, а в разі потреби - з національними стандартами інших країн;
- участь у розробці нормативних документів усіх зацікавлених сторін (розробників, виробників, споживачів, органів державної виконавчої влади та ін.);
- взаємозв'язок і узгодженість нормативних документів усіх рівнів;
- придатність нормативних документів для сертифікації продукції;
- відкритість інформації про діючі стандарти та програми робіт із стандартизації з урахуванням вимог чинного законодавства.

*Нормативні документи із стандартизації* поділяються на :

- державні стандарти України - ДСТУ;
- галузеві стандарти - ГСТУ;
- стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок - СТТУ;
- технічні умови ТУ;
- стандарти підприємств - СТП.

До державних стандартів України прирівнюються державні будівельні норми і правила, а також державні класифікатори техніко-економічної та соціальної інформації.

Міжнародні, регіональні та національні стандарти інших країн застосовуються в Україні відповідно до її міжнародних договорів.

Як державні стандарти України використовуються також міждержавні стандарти (ГОСТ), передбачені Угодою про проведення погодженої політики в сфері стандартизації, метрології та сертифікації, підписаною в Москві 13 березня 1992 року (надалі - міждержавні стандарти).

Стандарти колишньої УРСР (СТ УРСР) застосовуються як державні до їх заміни чи скасування.

Правила застосування стандартів, передбачених вище, на території України встановлює Держстандарт України.

Державні стандарти України позначають так:

ДСТУ 2042 - 92. Брикети торф'яні на комунально-побутові потреби. Технічні умови.

Стандарти колишньої УРСР ( наприклад, РСТ 1297 ) даються без РСТ, а лише з індексом 1297. Стандарти на продукцію для внутрішнього та зовнішнього ринку позначаються буквою Е: 8 - 82Е, а стандарти для експорту - буквою Э: 10 - 16 - 70Э.

У позначенні стандарту на продукцію, що використовується тільки в атомній енергетиці, додається буква А, яку проставляють після двох останніх цифр року затвердження стандарту.

Позначення державного стандарту України, прийнятого Міждержавною Радою як ГОСТ, доповнюється позначенням ГОСТ, яке пишеться в дужках під позначенням ДСТУ:

ДСТУ 2092 - 92. Зварні шви. Положення при зварюванні. Визначення кутів нахилу і повороту.  
(ГОСТ 11969 - 93)

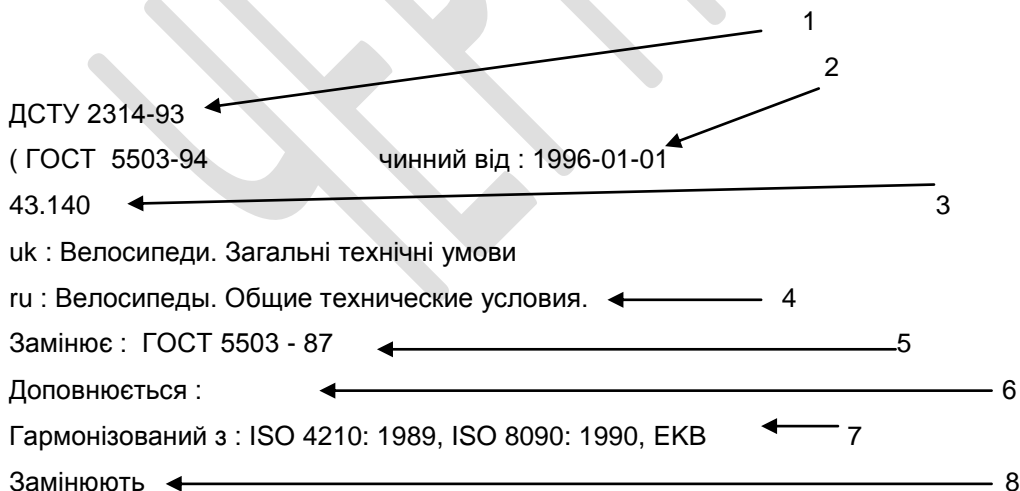
Якщо стандарт гармонізований зі стандартом ІСО, позначення стандарту ІСО подається в дужках під позначенням міждержавного стандарту:

ДСТУ 2184 - 93. Пластмаси. Різні епоксидні смоли.  
(ГОСТ 30026 - 93) Визначення тенденції до кристалізації.  
(ІСО 4895, 1987)

Керівні нормативні документи:

КНД 50 - 002 - 93. Система сертифікації УкрСЕПРО ДБН. Державні будівельні норми України. РБН. Республіканські будівельні норми України.

Опис стандарту ( згідно ДК 004 - 95 "Класифікатор нормативних документів" - гармонізований з міжнародним класифікатором стандартів ІСS, що прийнята ІСО ):



1 - позначення стандарту - складається з:

- індексу реєстраційного номера та відокремлених тире двох останніх цифр року затвердження стандарту;

У позначенні стандарту, що входить до комплексу стандартів, в його реєстраційному номері перші цифри з крапкою визначають систему чи комплекс стандартів, а цифри після

крапки - *порядковий номер* стандарту в системі чи комплексі. Літера Е додається у позначеннях стандартів на продукцію внутрішнього або зовнішнього ринку.

Індекси стандартів:

ДСТУ - державні стандарти України;

ДСТУ (ГОСТ) - міждержавні стандарти України;

ДСТУ (ISO) або ДСТУ ISO - державні стандарти України, через які запроваджено стандарти міжнародної організації із стандартизації (ISO);

ДСТУ (IEC) або ДСТУ IEC - державні стандарти України, через які запроваджено стандарти Міжнародної електротехнічної комісії (IEC);

ДСТУ (ISO/IEC) - державні стандарти України, через які запроваджено стандарти спільного комітету міжнародних організацій ISO і IEC.

2 - *чинний від* - дата введення стандартів в дію.

3 - *класифікація* стандарту у відповідності до ДК 004 – 95:

43.140 ← Мотоцикли, мопеди, велосипеди та їхні складальні одиниці;  
← дорожньо-транспортна техніка;

4 - *назва* стандарту українською та російською мовами.

Перед назвою вказано код мови у відповідності до ДСТУ ISO 639 - 94.

5 - *Замінює* - містить перелік нормативних документів, на заміну яких введено даний стандарт.

6 - *Доповнюється* - містить перелік змін до стандарту. Зміна позначається номером зміни та номером і роком видання інформаційного покажчика "стандарти", в якому вона публікується.

7 - *Гармонізований* - містить перелік міждержавних стандартів ISO та IEC, з якими гармонізований державний стандарт України із зазначенням ступеню гармонізації :

ЕКВ – *еквівалентний*;

ПРМ - *прямий переклад*;

ПРД - *прямий переклад з доповненнями*;

8 - *Замінюють* - подається при заміні даного стандарту в частині або повністю. Подається позначення стандарту або перелік стандартів, які замінюють даний стандарт із зазначенням у дужках дати чинності нового стандарту, яке є і датою відміни даного.

Дані (5) - (8) у бібліографічному описі стандарту можуть бути відсутні.

Нормативні документи класифікуються наступним чином. Державні стандарти України (ДСТУ) розробляються на *організаційно-методичні* та *загальнотехнічні* об'єкти.

*Організаційно-методичні* - організація проведення робіт із стандартизації, науково-технічну термінологію, класифікацію і кодування техніко-економічної та соціальної інформації, технічну документацію, інформаційні технології і т.і.

*Загальнотехнічна* - вироби загальномашинобудівельного застосування, продукція міжгалузевого призначення, складові елементи народного господарських об'єктів державного значення, продукція для населення та народного господарства.

Державні стандарти України вміщують *обов'язкові* та *рекомендовані* вимоги.

*Обов'язкові*: вимоги, що забезпечують безпеку продукції для життя, здоров'я і майна громадян, її сумісність і взаємозамінність, охорону навколишнього природного середовища, вимоги щодо техніки безпеки та гігієни праці, метрологічні норми і т.і.

*Рекомендовані*: вимоги щодо розробки, виготовлення та постачання продукції.

*Держстандарт* України організовує і координує роботи із стандартизації та функціонування державної системи стандартизації.

Роботу із стандартизації в галузі будівництва і промисловості будівельних матеріалів організовує Державний комітет з будівництва, архітектури та житлової політики України.

У структурі Держстандарту України налічується 35 центрів стандартизації та метрології, в тому числі 26 обласних і 9 міських. Крім того до структури входять кілька науково-дослідних інститутів, два навчальних заклади - в Одесі і Києві, сім заводів, два магазини - в Києві і в Харкові.

В Україні використовуються прийняті на міжнародному рівні єдині визначення термінів із стандартизації як науково-технічної діяльності.

**Термін** - це слово з точно визначеним значенням, без знання якого неможливо слухати лекції з різних спеціальностей у вищій школі, читати і розуміти технічну літературу.

**Стандарт** - нормативно-технічний документ, який розроблено за згодою більшості зацікавлених сторін і прийнятий компетентним органом; він встановлює комплекс правил, загальних принципів, характеристик, що стосуються певних об'єктів стандартизації.

**Стандартизація** - діяльність, яка спрямована на досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній галузі за допомогою встановлення положень для загального та багаторазового застосування щодо існуючих потенційних завдань.

**Мета стандартизації** - оптимальне впорядкування об'єктів стандартизації.

**Головне завдання стандартизації** - створювати системи нормативної документації (НД), що визначають прогресивні вимоги до продукції, яка виготовляється для потреб народного господарства.

Стандартизація як *галузь науково-технічної діяльності* є загальнонауковою дисципліною методологічного характеру, яка має важливе значення для прогресивного розвитку науки, техніки та виробництва.

В усі часи стандарти створювались таким чином, щоб їх дотримання гарантувало високу якість продукції. Стандарти мають силу закону і поширюються на всю продукцію, що випускається серійно.

**Об'єкт стандартизації** - продукція, процеси (роботи), послуги, які підлягають стандартизації або нормуванню. Об'єктами стандартизації стають тільки ті параметри, які можна вимірювати.

**Основу стандартів** мають становити узагальнені результати науки, техніки та практичного досвіду, які спрямовані на досягнення оптимальної користі для суспільства.

**Міжнародний стандарт** - стандарт, прийнятий міжнародною організацією (ІСО); в державах СНД він діє як міждержавний.

**Регіональний стандарт** - стандарт, прийнятий регіональною організацією (що займається стандартизацією) і доступний широкому колу споживачів.

У 1952 році Міжнародна організація із стандартизації (ІСО) створила Комітет із вивчення наукових принципів стандартизації (СТАКО). СТАКО розробив визначення багатьох важливих термінів:

- **уніфікація** - різновид методів стандартизації, що полягає в раціональному скороченні кількості типів, видів та розмірів об'єктів однакового функціонального призначення. Уніфікація спрямована на зменшення кількості різновидів виробів шляхом комбінування двох і більше видів (характеристик). Результати робіт із *уніфікації*: типові конструкції деталей, вузлів, складальних одиниць, стандартів типів, параметрів і розмірів, конструкцій, сортamentів та ін;

- **типизація** - діяльність, яка полягає в знаходженні оптимальних за вибраним критерієм ефективності параметричних (у тому числі типорозмірних) рядів попередньо селекційованої сукупності

однорідних об'єктів стандартизації за головними параметрами. Вона спрямована на досягнення високого рівня їх збіжності з головними параметрами потреб, які будуть задовольнятися із застосуванням даних об'єктів. *Типізація* взагалі здійснюється на основі системи переважних чисел і завершується випуском параметричних стандартів;

- *агрегування* - один з методів стандартизації, який полягає у виготовленні машини, механізму та інших виробів їх компоновкою з обмеженою кількістю стандартних агрегатів або уніфікованих вузлів і деталей, що мають геометричну та функціональну взаємозамінність;

- *симпліфікація* - діяльність, яка полягає в знаходженні оптимальних головних параметрів, а також значень інших показників якості та економічності попередньо селекційованої сукупності однорідних об'єктів стандартизації, спрямована на досягнення оптимального ступеня впровадження і максимально можливої ефективності за вибраним критерієм у певній галузі. Симпліфікація сприяє спрощенню виробництва завдяки виключенню зайвих типорозмірів деталей, особливо у галузі технологічної оснастки, зайвих видів звітів і документації, об'єднання норм запасів матеріалів та інше;

- *спеціалізація* - зосередження на певних підприємствах виготовлення обмеженої кількості видів виробів. Залежно від об'єктів спеціалізації вона може бути предметною, подетальною, технологічною;

- *метрологічні об'єкти стандартизації* - типові метрологічні правила і норми здійснення трудової діяльності з виконання робіт, потрібних для досягнення єдності та необхідної точності вимірювання (наприклад - одиниці фізичних величин, методи перевірки засобів вимірювань, що нормуються, норми точності вимірювання, методики виконання вимірювань, терміни і визначення в галузі метрології і т.і.);

- *нормативний документ (НД)* - документ, який містить правила, загальні принципи, характеристики, що стосуються певних видів діяльності або їх результатів;

- *будівельні норми* - нормативний документ, що встановлює загальні принципи, правила, норми і характеристики, що стосуються певних об'єктів нормування в галузі будівництва;

- *технічні умови* - нормативно-технічний документ, що встановлює вимоги щодо конкретної продукції, призначеної для самостійного постачання, вони є невід'ємною частиною технічної документації цієї продукції;

- *технічна документація на продукцію* - сукупність документів, яка необхідна і достатня для безпосереднього використання на кожній стадії життєвого циклу продукції. До неї належить конструкторська, технологічна та проектна документація. *Технічну документацію* поділяють на вихідну, робочу та інформаційну;

- *конструкторська документація* - сукупність конструкторських документів, які залежно від їх призначення містять дані, потрібні для розробки, виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації та ремонту виробу;

- *технологічна документація* - сукупність технологічних документів, які визначають технологічний процес;

- *науково-технічна документація* - сукупність конкретних технічних вимог (правил), законодавчих положень про захист життя і здоров'я людини, охорону навколишнього середовища, забезпечення прав споживача, а також встановлення порядку нагляду за виконанням цих вимог.

До державних стандартів прирівнюються *Державні будівельні норми ДБН* та правила, а також класифікатори техніко-економічної та соціальної інформації. *Державні будівельні норми* затверджуються Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України (Держбуд України). Державні будівельні норми встановлюють основні положення системи стандартизації і нормування в будівництві, класифікацію нормативних документів України в галузі будівництва, види НД та основні вимоги до їх змісту. Перелічені документи розробляються і застосовуються згідно з правилами, що встановлені міжгалузевою Державною системою стандартизації і нормування в будівництві, і ґрунтуються на законодавчих і нормативних актах України. Вимоги норм обов'язкові для всіх організацій-розробників та користувачів НД в галузі будівництва.

Основними завданнями стандартизації і нормування в будівництві є:

- проведення єдиної технічної політики і створення єдиної системи НД;
- забезпечення надійності та безпеки об'єктів будівництва;
- встановлення вимог, що забезпечують здорові і безпечні умови праці та побуту в населених пунктах, будівлях, спорудах, підприємствах, що проектується;
- забезпечення належного науково-технічного рівня та якості будівництва на основі впровадження досягнень науки, техніки і передового досвіду в практику проектування і будівництва, виробництва будівельних конструкцій, виробів та матеріалів;
- раціональне використання земель, природних ресурсів та охорона навколишнього середовища;
- скорочення інвестиційного циклу та підвищення ефективності капітальних вкладів;
- економія матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів;
- удосконалення організації проектування та інженерних вишукувань, кошторисної справи, будівництва і виробництва, будівельних конструкцій, виробів та матеріалів;
- створення суміщених норм технологічного та будівельного проектування.

Види нормативних документів в будівництві:

- Державні стандарти в галузі будівництва та будівельних матеріалів - ДСТУ Б;
- Державні будівельні норми - ДБН;
- відомчі будівельні норми - ВБН;
- регіональні будівельні норми - РБН;
- технічні умови - ТУ.

ДБН України розробляються на продукцію, процеси та послуги в галузі містобудування, вишукування, проектування, територіальну діяльність, зведення, реконструкцію та реставрацію об'єктів будівництва, планування і забудову населених пунктів і територій, а також в галузі організації технології управління і економіки будівництва.

ВБН України розробляють при відсутності ДБН, або при необхідності встановлення вимог, що перевищують (доповнюють) вимоги ДБН з урахуванням специфіки діяльності організацій та підприємств цього відомства і затверджуються даним відомством.

РБН України містять регіональні правила забудови населених пунктів і територій, розробляються і затверджуються згідно з порядком, що встановлений законом України "Про основи містобудування".

ТУ встановлюють вимоги до конкретних видів промислової продукції будівельного призначення, її виготовлення, упакування, маркування, приймання, контролю та опробувань, транспортування та зберігання. ТУ затверджуються зацікавленими організаціями.

На рис. 1.2 наведено схему класифікації нормативних документів України в галузі будівництва, а в таблиці 1.2 - найменування класів та напрямки стандартизації та нормування.

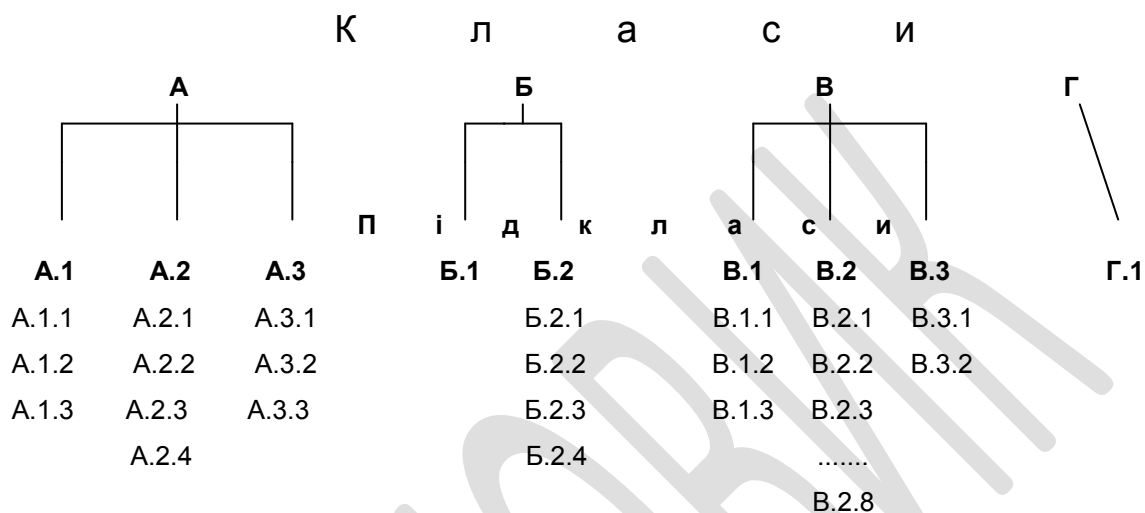


Рис.1.2 Схема класифікації нормативних документів в галузі будівництва

Таблиця 1.2 Найменування класів та напрямки стандартизації та нормування

Шифр	Найменування класів, підкласів та комплексів документів
------	---

<b>А</b>	<b>Організаційно-методичні норми, правила і стандарти</b>
<b>А.1</b>	<b>Стандартизація, нормування, ліцензування, сертифікація і метрологія</b>
А.1.1	Система стандартизації та нормування в будівництві
А.1.2	Система ліцензування та сертифікації в будівництві
А.1.3	Система метрологічного забезпечення в будівництві
<b>А.2</b>	<b>Вишукування, проектування і територіальна діяльність</b>
А.2.1	Вишукування
А.2.2	Проектування
А.2.3	Територіальна діяльність в будівництві
А.2.4	Система проектної документації в будівництві
<b>А.3</b>	<b>Виробництво продукції в будівництві</b>
А.3.1	Управління, організація і технологія
А.3.2	Система стандартів безпеки праці в будівництві
А.3.3	Система технологічної документації в будівництві
<b>Б</b>	<b>Містобудування</b>
<b>Б.1</b>	<b>Система містобудівної документації</b>
<b>Б.2</b>	<b>Планування та забудова населених пунктів і територій</b>

- Б.2.1 Регіональне планування і розміщення об'єктів містобудування
- Б.2.2 Планування та забудова міст і функціональних територій
- Б.2.3 Системи міської інфраструктури
- Б.2.4 Планування та забудова сільських поселень

Продовження таблиці 1.2

Шифр	Найменування класів, підкласів та комплексів документів
------	---

## **В Технічні норми, правила і стандарти**

### **В.1 Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення**

- В.1.1 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж
- В.1.2 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів
- В.1.3 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві

### **В.2 Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення**

- В.2.1 Основи та підвалини будинків та споруд
- В.2.2 Будинки та споруди
- В.2.3 Споруди транспорту ( в тому числі магістральні трубопроводи )
- В.2.4 Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки
- В.2.5 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди
- В.2.6 Конструкції будинків і споруд
- В.2.7 Будівельні матеріали
- В.2.8 Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструменти

### **В.3 Експлуатація, ремонт, реставрація та реконструкція**

- В.3.1 Експлуатація конструкцій та інженерного обладнання будинків і споруд, систем життєзабезпечення
- В.3.2 Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів невиробничої сфери

## **Г Рекомендовані норми, правила і стандарти, довідково - інформаційні матеріали**

- Г.1 Організаційно - методичні, економічні і технічні нормативи

У відповідності з Декретом Кабінету Міністрів України проводиться *державний нагляд* за впровадженням і додержанням стандартів. *Нагляд* – це діяльність спеціально уповноважених органів державної виконавчої влади по контролю за додержанням суб'єктами підприємницької діяльності (підприємствами) стандартів, норм і правил при виробництві та випуску продукції (виконанні робіт, наданні послуг) з метою забезпечення інтересів суспільства і споживачів, її належної якості, безпечної для життя, здоров'я, майна людей і навколишнього середовища. Державний нагляд здійснює Держстандарт України, його територіальні органи, а також інші спеціально уповноважені на це органи.

Об'єктами державного нагляду є:

- продукція виробничо-технічного призначення, товари народного споживання, продукція тваринництва та рослинництва, продукти харчування, в тому числі продукція, що пройшла сертифікацію на відповідність стандартам, нормам і правилам;

- продукція імпортна – на відповідність чинним в Україні стандартам, нормам і правилам стосовно безпеки життя, здоров'я і майна людей і навколишнього середовища;

- продукція експортна – на відповідність стандартам, нормам, правилам або окремим вимогам, що обумовлені договором (контрактом);

- атестовані виробництва – на відповідність установленим вимогам щодо сертифікації продукції.

Державний нагляд здійснюється за планами органів державного нагляду або за зверненнями громадян у формі перевірки додержання:

- стандартів, норм і правил при розробці, виробництві, випуску, зберіганні, транспортуванні, використанні, експлуатації, реалізації та утилізації продукції, за винятком стадії реалізації товарів у сфері торгівлі, випуску і реалізації продукції на підприємствах громадського харчування та надання послуг громадянам як споживачам, шляхом проведення періодичних або постійних перевірок через вибіркового або суцільний контроль;

- стабільності якості сертифікованої продукції і правил проведення її випробувань.

При порушенні вимог стандартів органи держнагляду:

- дають вказівку на усунення виявлених недоліків;

- забороняють відвантаження недоброякісної продукції;

- в необхідних випадках ставлять питання про притягнення до адміністративної і судової відповідальності осіб, винних у випуску недоброякісної продукції.

Одним із методів стандартизації є *параметризація*, тобто встановлення типорозмірного ряду параметру виробу (продукції). При встановленні розмірів і параметрів виробів, що стандартизуються, застосовують *ряди чисел*, що побудовані за *арифметичною*, або *геометричною* прогресіями.

*Арифметична прогресія* - є послідовний ряд чисел, що утворені за законом

$$U_n = a + d(n - 1), \text{ що може бути записано наступним чином}$$

$$U_1 = a; \quad U_2 = a + d; \quad U_3 = a + 2d \quad \text{і т.д.}$$

де:  $U_1 = a$  - першій член прогресії;

$d = \text{const}$  - різниця прогресії;

$n = 1, 2, 3, 4, \dots$  порядковий номер члена прогресії.

Арифметичний ряд простий, але його недоліком є однакова різниця (інтервал) розмірів між двома сусідніми членами, в результаті чого відносна різниця між двома суміжними членами із зростанням ряду різко зменшується. Так відносна різниця для членів арифметичного ряду, де  $a = d = 1$ , буде дорівнювати для 1-го - 2-го членів

$$\frac{(2 - 1)}{1} \cdot 100 = 100\%$$

для 9-го - 10-го членів

$$\frac{10 - 9}{9} \cdot 100 = 11\%$$

Вказані обставини зашкоджують використанню арифметичного ряду для практичних цілей. На ранніх стадіях стандартизації використовували тільки арифметичні ряди (наприклад ряди стандартних кулькових підшипників), пізніше почали використовувати ступінчасто-арифметичні ряди (наприклад для діаметрів різьби 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 і т.д.), які на окремих ділянках мають різні значення абсолютної різниці між членами, що дозволяє отримати більш рівномірний ряд як в області малих так і в великих його значень.

Практика показала, що найбільш зручним для цілей стандартизації є **геометричні** прогресії, що уявляють собою в кожному конкретному випадку послідовний ряд чисел, утворений за законом

$$U_n = a Q^{n-1}, \quad (1.1)$$

що можна записати так

$$U_1 = a; \quad U_2 = a Q; \quad U_3 = a Q^2; \quad U_4 = a Q^3 \text{ і т.д.}$$

де  $a$  - перший член прогресії;  $Q$  - знаменник прогресії;  $n = 1, 2, 3, 4 \dots$  - порядковий номер члена прогресії.

Прикладом можуть бути наступні послідовності: 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64...;  
1; 1,1; 1,21; 1,331; 1,464 ...; 10; 100; 1000; 10000...

Не вдаючись у подробиці властивостей і розрахунки, переваги геометричного ряду для цілей стандартизації можна проілюструвати на наступному прикладі.

Нехай є два ряди потужностей двигунів внутрішнього згорання. В діапазоні від 10 до 160 кВт проміжні градації вибрані за арифметичною прогресією з різницею 25 і за геометричною прогресією із знаменником  $Q = 1,6$  при загальному числі градацій 7. Перший ряд буде включати такі значення потужностей 10; 35; 60; 85; 110; 135; 160, а другий 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160. Із порівняння видно, що другий ряд забезпечує більш повільне нарощування потужностей, що виключає появу близьких за потужністю двигунів (наприклад, 135 кВт та 160 кВт).

*Ряди переважних чисел* [2]. Ми переконалися в тому, що геометричні ряди найбільш пригодні для цілей стандартизації, але геометричних рядів може існувати нечисельна кількість і треба вибрати такий, що буде мати певні переваги. До таких рядів відносяться такі, що мають знаменник

$$Q = \sqrt[R]{10}. \quad (1.2)$$

Для спрощення розрахунків зручною буде прогресія, ступені якої, залишаючись цілими числами для шуканого знаменника, дають як число 10, так і число 2. В такому випадку ці числа і числа, що кратні їм будуть входити до числа членів такого ряду. Для цього повинно бути виконано рівняння

$$Q = \sqrt[y]{2} = \sqrt[z]{10}, \quad (1.3)$$

за умов, що  $y$  і  $z$  - цілі числа.

Для того, щоб визначити  $y$  і  $z$  логарифмуємо це рівняння і маємо співвідношення

$$\log 2 / \log 10 = 0,301. \quad (1.4)$$

Приблизно цій вимозі відповідають наступні значення :

$$y = 3; 6; 12; 24; 48;$$

$$z = 10; 20; 40; 80; 160 \text{ і т.д.}$$

Для системи переважних чисел відібрані наступні показники степеня:

$$z = 5; z = 10; z = 20; z = 40; z = 80; z = 160.$$

Розглянемо утворення ряду геометричної прогресії в десятичному інтервалі за умов

$$Q = \sqrt[10]{10} = 1,25,$$

В загальному вигляді послідовність буде:

$a, a \cdot Q, a \cdot Q^2, a \cdot Q^3, a \cdot Q^4, a \cdot Q^5, a \cdot Q^6, a \cdot Q^7, a \cdot Q^8, a \cdot Q^9, a \cdot Q^{10}$ , якщо  $a = 1$  і  $Q = 1,25$  з урахуванням округлення отримаємо такий ряд:

1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0.

Аналогічно утворюються ряди з показником ступеню  $z = 20; z = 40; z = 80; z = 160$ .

Ряди переважних чисел регламентовані і уявляють собою ряди геометричної прогресії із наступними знаменниками:

для ряду R5:  $Q = \sqrt[5]{10} \sim 1,6;$

для ряду R10:  $Q = \sqrt[10]{10} = 1,25;$

для ряду R20:  $Q = \sqrt[20]{10} \sim 1,12;$

для ряду R40:  $Q = \sqrt[40]{10} \sim 1,06.$

Ряди із вказаними вище знаменниками отримали назву *основних*. В таблиці 1.3 наведено обмежені числом 1,6 перші члени вказаних рядів.

Таблиця 1.3. Основні ряди ( обмежено )

1,00	1,00	1,00	1,00
1,06			
1,12	1,12		
1,18			
1,25	1,25	1,25	
1,32			
1,40	1,40		
1,50			
1,60	1,60	1,60	1,60

В окремих технічно обґрунтованих випадках стандарт допускає застосування *додаткових* рядів R80 із знаменником

$$Q = \sqrt[80]{10} \sim 1,03 \text{ та } R 160 \text{ із знаменником } Q = \sqrt[160]{10} \sim 1,015.$$

Кількість членів в інтервалі від 1 до 10 ряду  $R_5$  дорівнює 5, ряду  $R_{10}$  - 10,  $R_{20}$  - 20,  $R_{40}$  - 40,  $R_{80}$  - 80,  $R_{160}$  - 160, при цьому кожний наступний член ряду включає в себе числа попередніх рядів.

Обозначення рядів, що не обмежені границями такі:  $R_5$ ;  $R_{10}$ ;  $R_{20}$ ;  $R_{40}$ ;  $R_{80}$ ;  $R_{160}$ . Обозначення рядів, обмежених границями і числами такі:

- $R_5$  (...40...) - основний ряд  $R_5$ , не обмежений верхньою та нижньою границями, але з обов'язковим включенням члена 40;
- $R_{10}$  (1,25 ...) - основний ряд  $R_{10}$ , обмежений членом 1,25 в якості нижньої границі;
- $R_{40}$  (75 ... 300) - основний ряд  $R_{40}$ , обмежений членом 75 в якості нижньої границі і членом 300 - в якості верхньої.

Крім основних і додаткових рядів переважних чисел допускається застосування виборочних рядів, що отримані шляхом відбіру кожного 2,3,4 або  $n$ -ого основного або додаткового ряду.

Ці ряди застосовуються у випадку, коли йде мова про установлення градацій параметрів, розмірів та інших числових характеристик, які залежать від параметрів і розмірів, що утворені на базі основних рядів. Виборочні ряди мають наступне обозначення:

- $R_{5/2}$  (1 ... 1000000) - виборочний ряд, отриманий шляхом відбіру кожного другого члена основного ряду  $R_5$  і обмежений членами 1 і 1000000;
- $R_{10/3}$  (... 80...) - виборочний ряд, отриманий шляхом відбіру кожного третього члена основного ряду  $R_{10}$ , що включає в себе число 80 і не обмежений в обох напрямках і т.д.

Існують так звані складені ряди, що отримані шляхом об'єднання різних основних та додаткових рядів.

Найбільша кількість числових значень, що застосовуються в техніці, випадає на долю лінійних розмірів. Раціональний вибір лінійних розмірів повинен проводитись з урахуванням забезпечення високого рівня взаємозамінності та оптимального скорочення розмірів. Для однозначного вирішення питання щодо вибору лінійних розмірів з ув'язкою їх з іншими параметрами виробу на базі рядів переважних чисел було розроблено ряди нормальних лінійних розмірів, які є обов'язковими для всіх галузей промисловості і встановлені в діапазоні від 0,001 до 2000 мм. В діапазоні від 0,001 до 0,009 нормальні лінійні розміри побудовані за арифметичною прогресією з різницею 0,001, причому з урахуванням практики конструювання замість деяких переважних чисел прийнято їх округлені значення. Ці розміри поділяються на лінійні розміри основного застосування і додаткові лінійні розміри. Лінійні розміри основного застосування в інтервалі, на який вказано, побудовані на базі рядів  $R_5$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{20}$ ,  $R_{40}$  і мають позначення  $R_a 5$ ,  $R_a 10$ ,  $R_a 20$ ,  $R_a 40$  ("a" - означає, що ряд містить округлені числа). Додаткові лінійні розміри побудовані на базі ряду  $R_{80}$ , починаючи з числа 1,25. Використання їх дозволяється в окремих обґрунтованих випадках, коли немає можливості використати лінійні розміри основного призначення. При застосуванні лінійних розмірів слід віддавати перевагу ряду  $R_a 5$  замість  $R_a 10$ ,  $R_a 10$  - замість  $R_a 20$ ,  $R_a 20$  - замість  $R_a 40$ . У відповідності до стандартів, підприємства, в залежності від характеру свого виробництва застосовують скорочений ряд розмірів, створюючи таким чином обмежувальні стандарти підприємств. При створенні таких стандартів дозволяється використовувати ряди  $R_a 5$ ,  $R_a 10$ ,  $R_a 20$ ,  $R_a 40$  та додаткові розміри, а також виборочні ряди на базі вказаних вище рядів.

## Лекція №2

### 2. Метрологічне забезпечення виробництва

#### 2.1. Законодавча база метрології, терміни та

визначення, державна метрологічна система,  
нормативні документи з метрології, відтворення та зберігання одиниць вимірювання, еталонна база, державні еталони, робочі еталони, вихідні еталони

*Метрологія* - наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та досягнення потрібної точності. До основних питань метрології належать: загальна теорія вимірювань; одиниці фізичних величин та їх системи; методи і засоби вимірювань; методи визначення точності вимірювань; основи забезпечення єдності вимірювань і одноманітності засобів вимірювань; еталони і зразкові засоби вимірювань; методи передачі розмірів одиниць від еталонів або зразкових засобів вимірювань робочим засобам вимірювань.

*Метрологія* поділяється на такі розділи:

- *теоретична метрологія* - загальні теоретичні проблеми, теорія вимірювань, методи обробки результатів спостереження з метою оцінки їх точності, теорія величин та їх одиниць, теорія відтворення і передачі розмірів одиниць та ін.;
- *законодавча метрологія* - розробка комплексів взаємопов'язаних і взаємозумовлених загальних правил, вимог і норм, а також інших питань, що потребують регламентації і контролю з боку держави, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань й одноманітності засобів вимірювань;
- *прикладна метрологія* - практичні вимірювання і забезпечення єдності вимірювань.

ДСТУ 2681 - 94 встановлює терміни і визначення понять у метрології та метрологічному забезпеченні. Терміни, регламентовані в цьому стандарті, обов'язкові для використання в усіх видах нормативної документації, у довідковій, науково-технічній та навчально-методичній літературі, що належить до метрології та метрологічного забезпечення, а також для робіт зі стандартизації або при використанні результатів цих робіт, включаючи програмні засоби для комп'ютерних систем. Для кожного поняття встановлено один стандартизований термін. Допускається, як виняток, відповідні синоніми.

Найважливіші терміни:

- *міра* - це засіб вимірювання, що призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру. Приклад - плоскопаралельна кінцева міра довжини, гиря - міра маси. Є два види мір - *однозначна* і *багатозначна*. Однозначна - відтворює фізичну величину одного розміру ( гиря - 1 кг ), багатозначна - ряд одноіменних величин різного розміру ( лінійка з міліметровими поділками ). Міри мають *номінальне* і *дійсне* значення: номінальне - це значення величини, вказане на мірі, або приписане їй ( наприклад, кілограмова гиря має номінальне значення 1 кг ); дійсне - це те, яке відтворюється мірою, або вказане в атестаті;
- *набір мір* - це спеціально підібраний комплект мір, який застосовується в різних комбінаціях з метою відтворення ряду одноіменних величин різного розміру;

- *універсальні вимірювальні засоби* - це вимірювальні пристрої, які оснащені шкалами і використовуються для визначення різних значень вимірювальної величини;
- *єдність вимірювання* - стан вимірювання, при якому його результати виражені в прийнятих одиницях і похибки вимірювання відомі із заданою ймовірністю;
- *перевірка* - це сукупність дій, що проводяться з метою оцінки похибок мір і вимірювальних приладів ( може бути: первинною; періодичною; позачерговою; інспекційною; поелементною; комплексною і незалежною );
- *звіряння мір або вимірювальних приладів* - різновидність перевірки, при якій здійснюється пряме порівняння двох мір або двох вимірювальних приладів;
- *метод вимірювання* - це широке поняття, що вміщує сукупність принципів і засобів вимірювань, характеристики вимірювальних принципів і установчих мір, температурний режим вимірювання, умови відліку та інші чинники, які супроводжують вимірювання будь-якої деталі, елемента, виробу.

*Державна система забезпечення єдиних умов вимірювань (ДСВ)* [1] дає змогу дістати гарантовані достовірні результати вимірювань, необхідні для успішного розв'язання проблеми підвищення якості виробів, елементів, складових частин. Забезпечення достовірності результату вимірювань - найскладніший технічний аспект проблеми якості. Його складність полягає в тому, що на відміну від конструкторських робіт і технологічних операцій результати вимірювання практично не контролюються. ДСВ - це комплекс взаємопов'язаних правил і положень, які визначають організацію і методику метрологічної підготовки та виконання, обробки і оформлення результатів вимірювання, комплекс заходів щодо забезпечення єдності вимірювань, які здійснюються державою і відомчими метрологічними службами відповідно до цих правил і положень.

Головна мета ДСВ - забезпечити оцінку точності результатів вимірювань у державі з гарантованою ймовірністю.

Основні завдання ДСВ: визначення одиниць вимірювання фізичних величин, що допускаються до застосування в нашій державі; розробка національної системи передачі розмірів одиниць вимірювання фізичних величин від еталонів до робочих засобів вимірювань; прийняття однозначної системи нормування метрологічних характеристик засобів вимірювань, а також показників точності й достовірності результатів вимірювань; встановлення єдиних правил виконання всіх робіт із забезпечення єдності вимірювань ( правил законодавчої метрології ), своєчасної заміни і доповнення правил законодавчої метрології відповідно до змін потреб народного господарства держави, а також у зв'язку з новими науковими відкриттями і досягненнями, постійний контроль за виконанням правил законодавчої метрології в усіх галузях народного господарства держави; визначення прав і обов'язків держави і відомчих органів метрологічної служби щодо забезпечення єдності вимірювання.

ДСВ встановлено дві категорії нормативних документів – базові та документи, що конкретизують загальні вимоги базових документів щодо окремих областей вимірювання, вимірювальних процесів і типів засобів вимірювань. Базові нормативні документи регламентовано наступними стандартами: ГОСТ 8.001 – 80; ГОСТ 8.002-86; ГОСТ 8.009 – 84; ГОСТ 8.010 – 90; ДСТУ 3651.0 – 97; ДСТУ 3651.1 – 97; ДСТУ 3651.2 – 97; ДСТУ 2681 – 94.

Основні одиниці фізичних величин відтворюються тільки централізовано. Еталони основних одиниць відтворюють їх у відповідності із визначеннями [3]. Кожний еталон налічує

відтворюючу частину та пристрій для зняття і передачі інформації про розмір одиниці. У всіх без виключення випадках результат відтворення є випадковою величиною.

Як відомо, основних одиниць - сім. У відповідності із цим повинно бути і сім державних первинних еталонів основних одиниць. Але необхідності у еталоні *моля* немає. Як відомо, в 0,012 кг ізотопу вуглецю-12 міститься  $6,022 \cdot 10^{23}$  атомів. Це число має назву *число Авогадро*. Якщо число структурних елементів, що складають речовину, відомо, то, поділивши його на *число Авогадро*, отримаємо кількість речовини в молях. При необхідності можна відтворити 1 моль якої завгодно речовини як  $6,022 \cdot 10^{23}$  його структурних елементів. Маса одного моля водню, наприклад, складає 2 г, кисню - 32 г, воді - 18 г і т.д.

*Державний первинний еталон одиниць часу та частоти і шкали часу* відтворює основну одиницю СІ *секунду* у відповідності з її визначенням: *секунда - одиниця часу, яка дорівнює 9192631770 періодам випромінювання, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезія-133*. Відтворююча частина цього еталону - досить складний прилад, в основу якого покладено взаємодію надвисоких електромагнітних коливань із атомами цезія-133, що випромінюються нагрітим джерелом. Він має назву - *цезієвий репер частоти*. Досить сказати, що точність секунди відтворюється із стандартним відхиленням  $10^{-13}$  с.

Стабільність цезієвого репера частоти недостатня, тому для зберігання одиниць часу і частоти до складу державного первинного еталону входить водородний мазер. Принцип дії його базується на взаємодії збуджених атомів водню із високочастотним полем резонатора.

На XVII Генеральній конференції по мірам та вагам в 1983 році було прийняте нове визначення *метра* - одиниці довжини, що дозволило визначити цю одиницю через одиницю часу - *секунду*. Методика відтворення метра досить складна і потребує використання складної апаратури. Досить сказати, що відтворення метра здійснюється із стандартним відхиленням  $5 \cdot 10^{-10}$  м.

Відтворення одиниці термодинамічної температури - *кельвіна* як  $1/273,16$  частки термодинамічної температури *потрійної точки* води на відміну від *секунди* не потребує великих труднощів. Температуру потрійної точки води підтримують із стандартним відхиленням  $0,2 \cdot 10^{-3}$  К. З 1968 року у відповідності до рішень XIII Генеральної конференції по мірам та вагам затверджено міжнародну практичну температурну шкалу (зараз МПТШ-90), що включає 12 реперних точок, значення температури в яких наведено нижче:

Реперна точка	Температура, К
Потрійна точка водню	13,81
Точка кипіння водню при тиску 33330,6 Па	17,042
Точка кипіння водню при нормальному тиску	20,28
Точка кипіння неона	27,102
Потрійна точка кисню	54,361
Точка кипіння кисню	90,188
Потрійна точка океанської води	273,16
Точка кипіння океанської води	373,15
Точка затвердіння олова	505,118
Точка затвердіння цинка	692,73
Точка затвердіння срібла	1235,08
Точка затвердіння золота	1335,58

*Кельвін* відтворюється різними технічними засобами у відповідних діапазонах: 1,5 ... 4,2 К; 4,2 ... 13,81 К; 13,81 ... 273,15 К; 273,15 ... 1337,58 К; 1337,58 ... 2800 К; 10000 ... 150000 К.

Одиниця маси - *кілограм* - відтворюється до цієї пори, як відомо, гирею, що зроблена із платиноіридієвого сплаву. Ця гиря зберігається в Москві в термостатизованому приміщенні НВО "НВДІМ ім. Д.І.Менделєєва". Незважаючи на всі застереження за 90 років зберігання маса еталонної гирі, що відтворює кілограм зі стандартним відхиленням  $(1 \dots 2) \cdot 10^{-8}$ , збільшилась на 0,02 мг.

Одиницю сили світла - *канделу* - відтворюють у відповідності із останнім визначенням XVI Генеральної конференції по мірам та вагам в 1979 році. Основу еталону складає модель чорного тіла при температурі 2700 К. Випромінювання чорного тіла при такій температурі мало відрізняється своїм спектральним складом від випромінювання звичайних ламп накаливання. Це дає змогу використовувати останні в якості вторинних еталонів.

Одиницю сили електричного струму - *ампер* - по його визначенню відтворити неможливо, тому, що в ньому фігурують провідники "бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения". В державному первинному еталоні одиниці сили електричного струму використовується взаємодія електричних струмів в послідовно приєднаних коаксиальних соленоїдах. Зовнішній соленоїд - нерухомий, а внутрішній - підвішений до вагів. При включенні електричного струму внутрішній соленоїд втягується всередину зовнішнього із силою, яка врівноважується гирею 8 г, при цьому сила струму, що виникає, дорівнює 1 ампер. Стандартне відхилення при відтворенні ампера - не більше за 0,000004 А. В подальшому планується в якості основної одиниці СІ замість ампера затвердити одиницю електричної напруги - *вольт* [3].

Як говорилось вище, вихідна інформація про розміри одиниць міститься в нормативних документах. Як і люба інформація, вона може передаватись письмово або усно, за допомогою технічних засобів (наприклад, радіо, телебачення, телетайп) або без них. Опосередковано вона міститься в конструкторській документації, що поступає на заводи-виробники засобів вимірювання. Після випуску засобу виміру в обіг інформація про розмір відповідної одиниці залишається закладеною або в номінальне значення міри, або в значення відміток на шкалі відлікового пристрою, або в градуювальні таблиці, графіки тощо. В такому вигляді ця інформація зберігається засобами вимірів впродовж всього періоду їх експлуатації.

Правильність і точність інформації про розмір одиниць, що закладена в засобі виміру, встановлюється на *державних випробуваннях* головних взірців цих засобів, що випускаються для серійного виробництва, або на *метрологічній атестації* цих засобів вимірів, які випускаються одиничними екземплярами, або є унікальними. Збереження цієї інформації контролюється при первинній та всіх наступних *перевірках* засобів виміру. Безпосередня передача інформації про розмір одиниці від еталону до засобів виміру здійснюється шляхом порівняння із свідомо більш точним відомим значенням фізичної величини.

Іноді в результаті безпосередньої передачі інформації про розмір одиниць мірам та відміткам шкал відлікових пристроїв засобів вимірів приписуються значення, що виражені в цих одиницях. Така процедура має назву *градуювання*. В ході атестації для таких приладів вносяться *поправки*, які повинні бути враховані при вимірах і внесені до результату.

Розміри одиниць можуть відтворюватись в тому ж місці де саме виконуються виміри, або інформація про них повинна передаватись з місця їх централізованого зберігання чи відтво-

рення. В залежності від цього відрізняють *децентралізоване* і *централізоване* відтворення одиниць. Прикладом децентралізованого відтворення може бути відтворення 1 м<sup>2</sup>. Децентралізовано відтворюють одиниці багатьох похідних фізичних величин (при цьому інформація про розміри основних одиниць передається з міста централізованого зберігання чи відтворення). Централізоване відтворення одиниць здійснюється за допомогою спеціальних технічних засобів, що мають назву *еталони*. *Еталон* – це технічний пристрій, що забезпечує відтворення та (чи) зберігання одиниці з метою передачі інформації про її розмір засобам вимірювання і офіційно затверджений в якості еталона. Еталон, що відтворює одиницю з найвищою точністю, називається *первинним*. Еталон, що забезпечує відтворення одиниці в особливих умовах, називається *спеціальним*. Якщо первинний або спеціальний еталон офіційно затверджено в якості вихідного для держави, то він має назву *державний*. Еталон, що використовується постійно для отримання одиниці, має назву *робочий еталон*. По розміру одиниці, що відтворюється *державним* еталоном, встановлюється значення фізичної величини, що відтворюється *вторинним* еталоном. Вторинні еталони поділяються на *еталони-свідки*, які існують для перевірки збереження *державного* еталону та заміни його в разі пошкодження або втрати; *еталони порівняння*, що існують для порівняння еталонів, які за якихось причин не можуть бути порівняні один з іншим; *еталони-копії*, що використовуються для передачі інформації про розміри одиниць робочим еталонам. Від еталонів інформація про розміри одиниць передається засобам вимірів, що використовуються виключно для вимірів, тобто для передачі про розміри одиниць їх використовувати заборонено.

## 2.2. Вимірювання, одиниці вимірювання, здійснення вимірювань, засоби вимірювальної техніки, застосування одиниць вимірювання

*Розмір фізичної величини* даного об'єкта існує реально і незалежно від того, знаємо ми його чи ні, виражаємо його в яких-небудь одиницях чи ні. *Значення* фізичної величини з'являється тільки після того, як розмір фізичної величини даного об'єкта виражено за допомогою певної одиниці.

*Значення фізичної величини* дістають внаслідок вимірювання або обчислення.

*Величина (фізична)* – властивість, спільна в якісному відношенні у багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальна в кількісному відношенні у кожного з них.

*Рід (фізичної) величини* – якісна означеність фізичної величини.

*Система (фізичних) величин* – сукупність взаємопов'язаних фізичних величин, в який декілька величин приймаються за незалежні, а інші визначають як залежні від них.

*Основна (фізична) величина* – фізична величина, що входить у систему фізичних величин і прийнята за незалежну від інших величин цієї системи.

*Похідна (фізична) величина* - фізична величина, що входить у систему величин та визначається через основні величини цієї системи.

*Розмірність (фізичної) величини* – вираз, що відображає її зв'язок з основними вимогами системи величин.

Примітка 1. Розмірність основної фізичної величини – умовний символ фізичної величини в даній системі величин.

Примітка 2. Розмірність похідної фізичної величини – добуток розмірностей основних величин, піднесених до відповідних степенів, наприклад, розмірність швидкості  $V$  в системі величин  $L, M, T$  –  $\dim V = LT^{-1}$ .

*Розмірнісна (фізична) величина* – величина, в розмірності якої розмірність хоча б однієї з основних величин піднесена до степеня, що не дорівнює нулю.

*Безрозмірнісна (фізична) величина* – величина, в розмірності якої всі степені розмірностей основних величин дорівнюють нулю.

Приклад 1. Відносна (фізична) величина - безрозмірнісна величина, що є відношенням двох однорідних величин.

*Система одиниць (фізичних величин)* - сукупність одиниць певної системи фізичних величин.

Приклад 1. Система одиниць СІ (SI), СГС (CGS).

*Основна одиниця (системи одиниць)* - одиниця основної фізичної величини в певній системі величин.

*Похідна одиниця (системи одиниць)* - одиниця похідної фізичної величини в певній системі одиниць.

*Позасистемна одиниця (фізичної величини)* – одиниця фізичної величини, що не належить до даної системи одиниць.

Приклад 1. Калорія – позасистемна одиниця кількості теплоти щодо системи СІ (SI).

*Когерентна система одиниць (фізичних величин)* – система одиниць, усі похідні одиниці якої когерентні. *Когерентність* – умова, за якої коефіцієнти пропорційності в визначальних рівняннях дорівнюють одиниці, а система визначальних рівнянь є такою, що кожна послідовна похідна одиниця визначається через раніше встановлену одиницю.

Пояснення. Одиниця сили в системі СІ – 1 Н (ньютон) утворена за рівнянням зв'язку між одиницями

$$[F] = [m][a], \quad (2.1)$$

де  $[m] = 1 \text{ кг}$ ;

$[a] = 1 \text{ м/с}^2$ ,

тому  $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$  (є всі умови когерентності).

*Кратна одиниця (фізичної величини)* - одиниця фізичної величини, яка в ціле число разів більше за одиницю, від якої вона утворюється.

*Числове значення (фізичної) величини* – число, що дорівнює відношенню розміру фізичної величини, що вимірюється, до розміру одиниці цієї фізичної величини, чи кратної (часткової) одиниці.

*Символ (фізичної) величини* - умовний знак, прийнятий для призначення фізичних величин одного роду.

*Позначення одиниці (фізичної) величини* - умовна аббревіатура, що складена з літер слів, які входять до назви одиниці, або спеціальні знаки (знак).

*Частинна одиниця (фізичної) величини* – одиниця, яка в ціле число разів менше за одиницю, від якої її утворено.

*Однорідні (фізичні) величини* – величини, які можна порівнювати між собою кількісно.

*Вимір* - процес знаходження фізичної величини дослідницьким шляхом з використанням спеціальних технічних засобів.

В багатьох випадках в процесі *вимірювання* порівнюють величину, що вимірюють, з величиною, якій присвоєно значення *одиниці*. Ця величина має назву *одиниця фізичної величини*, або - *одиниця виміру*. Результат виміру - це числове значення величини, знайдене шляхом її виміру, наприклад порівнянням її з одиницею виміру. Результат може бути виражений наступним чином:

$$R = Q / q, \quad (2.2)$$

де -  $Q$  – фізична величина, що вимірюється;

$q$  - одиниця фізичної величини, або *одиниця виміру*;

$R$ - результат виміру, або числове значення величини, що вимірюється.

У відповідності із цим рівнянням головна *вимірювальна процедура* зводиться до *порівняння* невідомого розміру з відомим, в ролі якого виступає *розмір* відповідної одиниці СІ. Чим ближче розмір одиниці, що використовується для порівняння, до її визначення, тим точніше в цих одиницях буде виражене значення фізичної величини, що вимірюється. Цим пояснюються високі вимоги до точності відтворення одиниць.

В основу сукупності одиниць, що встановлено ДСТУ 3651.0-97, ДСТУ 3651.1-97, ДСТУ 3651.2-97 покладено одиниці Міжнародної системи одиниць СІ, яка складається з 7 *основних* одиниць, 2 *додаткових* та 17 *похідних*. Основні одиниці: *метр* - м (довжина), *кілограм* - кг (маса), *секунда* – с (час), *ампер* - А (сила електричного струму), *кельвін* К (термодинамічна температура), *моль* - моль (кількість речовини), *кандела* - кд (сила світла); додаткові одиниці: *радіан* - рад (плоский кут), *стерадіан* - ср (тілесний кут).

*Похідні* одиниці СІ утворюються з *основних* за правилами утворення *когерентних похідних* одиниць.

*Кратні* одиниці й *частки* одиниць утворюються множенням їх на число 10 у відповідному степені і вибрані таким чином, щоб числові значення величин були в діапазоні від 0,1 до 1000. Найменування кратних та дільних одиниць наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Кратні та дільні одиниці

Множник	Приймак		
	Найменування	Обозначення	
		Міжнародне	Українське

1	2	3	4
$10^{24}$	йота	Й	Y
$10^{21}$	зета	ЗТ	Z
$10^{18}$	екса	Е	Е
$10^{15}$	пета	Р	П
$10^{12}$	тера	Т	Т
$10^9$	гига	G	Г
$10^6$	мега	М	М
$10^3$	кило	k	к
$10^2$	гекто	h	г
$10^1$	дека	da	да
$10^{-1}$	деци	d	д
$10^{-2}$	санти	c	с
$10^{-3}$	мілі	m	м
$10^{-6}$	мікро	$\mu$	мк
$10^{-9}$	нано	n	н
$10^{-12}$	піко	p	п
$10^{-15}$	фемто	f	ф
$10^{-18}$	атто	a	а
$10^{-21}$	зепто	зп	z
$10^{-24}$	йокто	й	y

Приклад. Для довжини  $L = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 75 \text{ мкм} = 0,075 \text{ мм} = 75000 \text{ нм}$  слід вибрати 75 мкм.

Технічні вимірювання є складовою частиною *прикладної метрології*. У технічних вимірюваннях використовують такі методи: *безпосередньої оцінки, порівняння з мірою, протиставлення, диференціальний, нульовий, заміщення, а також збіжності*.

*Метод безпосередньої оцінки* - це метод вимірювання, при якому значення величини визначають безпосередньо на відліковому пристрої вимірювального приладу прямої дії (амперметри, ваттметри, лінійки, кутоміри, манометри, тягонапороміри і т.і.).

*Метод порівняння з мірою* - полягає в тому, що вимірювальну величину порівнюють безпосередньо з мірою даної величини. Наприклад, вимірювання маси на важільних терезах зрівноважуванням гирями.

*Метод протиставлення* - вимірювана величина і величина, що відтворюється мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами (вимірювання маси на рівноплечих терезах, коли вимірювану масу і гирю, що її врівноважує, розміщують на двох чашах терезів).

*Диференціальний (елементний) метод* - це метод порівняння з мірою, в якому на вимірювальний прилад впливає різниця значень вимірюваної і відомої, що відтворюється *мірою*, величин (перевірка мір довжини, що проводиться порівнянням з еталонною мірою на *компараторі* - приладі для порівняння величини, що вимірюється, з еталонною величиною).

*Нульовий метод* - результуючий ефект впливу величин на прилад порівняння доводять до нуля. Зважування вантажу на терезах - характерний приклад *нульового* методу вимірювання.

*Метод заміщення* - вимірювану величину замінюють відомою величиною, що відтворюється мірою, наприклад зважування, при якому на одну й ту саму чашу терезів кладуть по черзі вимірювану масу і гири.

*Метод збіжності* - це метод вирівнювання з мірою, при якому різницю між вимірюваною величиною і величиною, що відтворюється мірою, визначають за збіжністю відліків на шкалах, або періодичністю сигналів (вимірювання довжини за допомогою штангенциркуля з ноніусом - спостерігають збіжність відліків на шкалах штангенциркуля і ноніуса, стробоскопічні методи).

Процес вимірювання характеризується з одного боку *сприйманням* і *відображенням* фізичної величини, а з іншого - *нормуванням*, тобто присвоєнням їй певного *числового значення* (розміру), яке виражається в прийнятих одиницях. *Значення* величини не слід ототожнювати з *розміром*.

За способом отримання числового значення величини, що вимірюється всі технічні виміри можна розділити на *прямі* та *непрямі*. В лабораторній практиці та наукових дослідженнях мають місце також *сукупні* і *сумісні* виміри. *Прямі виміри* – це такі, за якими значення величини, вимірюється знаходять безпосередньо із експеримента. Наприклад, виміри температури - термометром, тиску – манометром.

Результат виміру може бути отриманий шляхом *непрямих вимірів*, тобто коли числове значення знаходять на підставі *прямих вимірів* величин, що пов'язані з величиною, що вимірюється певною залежністю

$$y = f ( X_1, X_2, ..., X_n), \quad (2.3)$$

де:  $y$  – шукана величина;  $X_1, X_2, ..., X_n$  – числові значення величин, що виміряні прямим способом.

Прикладом *непрямих вимірів* може бути визначення густини тіла за результатами вимірів маси і об'єма, визначення питомого електричного опору провідника за його опором, довжиною та площею поперечного перерізу.

Виміри здійснюються на основі фізичних явищ, що визначають *принцип виміру*, наприклад – вимір температури за розширенням речовини; вимір вакууму за під'ємом стовпчика врівноважуючої рідини. Для реалізації тих або інших принципів вимірів застосовуються різні *технічні засоби*. *Технічний засіб*, що використовується для вимірів і який має *нормовані метрологічні властивості* має назву *засіб виміру*. *Сукупність правил, що визначають принципи і засоби вимірів називають методом виміру*. Засоби виміру поділяються на дванадцять груп у відповідності із їх можливістю визначення різних значень вимірюваної величини. Для прикладу можна навести: штрихові інструменти з ноніусом; мікрометричні інструменти; важильно-механічні прилади та інші.

До *засобів вимірів* відносяться: *речові міри*; *вимірювальні перетворювачі*; *вимірювальні прилади*; *вимірювальні установки* і *вимірювальні системи*.

*Речові міри* призначені для відтворення фізичної величини певного розміру, який характеризується так званим *номінальним значенням*. За умов, що вказана точність, з якою відтворюється номінальне значення фізичної величини, гиря є *мірою* маси, конденсатор - ємності, кварцевий генератор - частоти електричних коливань і т.д. Відрізняють *однозначні* та ба-

*гатозначні міри*, а також *набори мір*. Наприклад, гиря та вимірювальний конденсатор постійної ємності - *однозначні міри*, масштабна лінійка і конденсатор перемінної ємності - *багатозначні міри*, а набір гирь та набір вимірювальних конденсаторів - *набори мір*. Порівняння з мірою виконують за допомогою спеціальних технічних засобів - *компараторів* (вимірювальний мост, рівноплечі ваги і т.д.). Іноді в якості *компаратора* може бути людина (наприклад, при вимірі довжини лінійкою).

*Вимірювальні перетворювачі* - це засоби вимірів, що переробляють вимірювальну інформацію у зручну форму для подальшого перетворення, передачі, зберігання, обробки, але вона не є доступною для безпосереднього сприймання наглядача (наприклад, термопари, вимірювальні підсилювачі, перетворювачі тиску та багато інших).

*Вимірювальний прилад* уявляє собою сукупність перетворювальних елементів, що утворюють вимірювальний ланцюг, та відліковий пристрій. На відміну від *речової міри* прилад не відтворює відоме значення фізичної величини. Вимірювальна величина повинна підводитись до нього та діяти на його первинний перетворювач.

*Вимірювальна установка* складається з функціонально об'єднаних засобів вимірів та допоміжних приладів, що об'єднані в одному місці. В *вимірювальних системах* ці засоби територіально роз'єднані, між ними існують тільки мережі зв'язку. І в установках, і в системах вимірювальна інформація може бути подана в зручній формі для безпосереднього сприйняття, автоматичної обробки, передачі і використання в автоматизованих системах управління.

### 2.3. Нормовані метрологічні характеристики засобів вимірів. Метрологічні характеристики засобів вимірів. Нормування метрологічних характеристик засобів вимірів. Класи точності засобів вимірів. Метрологічна надійність засобів виміру

Якість вимірів залежить від багатьох факторів, але головними чинниками, що впливають на якість є, безумовно, властивості засобів вимірів. Характеристики властивостей засобів вимірів, що безпосередньо впливають на результати вимірів та їх точність, називають *метрологічними характеристиками засобів вимірів*. Вони поділяються на групи:

1. *Характеристики, що призначені для визначення показників* засобів вимірів. До них відносяться: функція перетворення вимірювального перетворювача, а також вимірювального прилада, що має неіменовану шкалу, або шкалу, відградуйовану в одиницях, що відрізняються від одиниць на вході; значення однозначної або багатозначної міри; ціна поділу шкали вимірювального прилада і т.і.;

2. *Характеристики якості показань* - точності та вірності. Точність показань визначається його *середнім квадратичним відхиленням* або його аналогом. Вірність забезпечується внесенням поправки, що встановлюється при метрологічній атестації засобу виміру;

3. *Характеристики чутливості засобу виміру до впливаючих величин*. До них відносяться функції впливу та облік змін метрологічних характеристик засобів вимірів, що викликані змінами впливаючих факторів у встановлених межах;

4. *Динамічні характеристики засобів*, що враховують їх інерційні властивості;

5. *Характеристики взаємодії з об'єктами або пристроями на вході та виході засобів вимірів*;

6. *Неінформативні параметри вихідного сигналу*, що забезпечують нормальну роботу пристроїв, що підключені до засобу виміру.

Метрологічні характеристики є показниками якості і технічного рівня всіх без виключення засобів вимірів. Але для їх визначення у кожного конкретного екземпляру засобів вимірів він повинен пройти метрологічну атестацію. Метрологічна атестація - це всебічне дослідження засобу вимірів, що виконується метрологічним органом для визначення метрологічних властивостей цього засобу виміру, та видача документа, де вказані отримані результати. Кожний засіб виміру має відповідні нормативні документи, де наведено вимоги (норми), яким повинні відповідати ці засоби. Відповідність цим вимогам метрологічних характеристик кожного конкретного засобу виміру повинна перевірятись. Перевірка метрологічним органом або спеціально уповноваженою особою відповідності метрологічних характеристик нормам і встановлення на цій основі придатності засобів виміру до використання називається *пovіркою*. Законами про метрологічну діяльність передбачено заборону використання *неповірених* засобів виміру.

Існує шість груп засобів виміру, що відрізняються за *принципами нормування метрологічних характеристик*.

*Типові* метрологічні характеристики *нормують* як *номінальні* характеристики засобів виміру даного типу (характеристики першої групи). Номінальну функцію перетворення вимірювального перетворювача подають у вигляді формули, таблиці або графіка. Номінальні значення однозначної або багатозначної міри подають іменованими числами.

Для *конкретних екземплярів* засобів виміру нормуються межі (граничні характеристики), в яких повинна знаходитись індивідуальна метрологічна характеристика першої групи при передбачених умовах застосування засобів виміру.

Нормальні та робочі умови застосування засобів виміру встановлено в нормативно-технічних документах на засоби виміру. Нормальними вважають умови, за яких залежність метрологічних характеристик від зміни значень впливаючих величин можна не враховувати. Так, для багатьох типів засобів виміру *нормальними* вважають умови: температура -  $(293 \pm 5)^{\circ}\text{K}$ , відносна вологість -  $(65 \pm 15)\%$ , напруга в мережі живлення -  $220 \text{ В} \pm 10\%$ . *Робочі* умови відрізняються від *нормальних* більш широким діапазоном зміни значень впливаючих величин.

При нормуванні метрологічних характеристик *другої* групи враховують, що правильність показань засобів виміру забезпечується *поправкою*, точне значення якої для кожного конкретного екземпляра засобів виміру невідомо. Тому *встановлюють межі, в яких повинна знаходитись поправка* у всіх засобів даного типу. *Точність показань нормується указанням гранично допустимого значення середнього квадратичного відхилення*. Нормування метрологічних характеристик *другої* групи проводиться як для *нормальних* так і для *робочих умов*.

На відміну від цього метрологічні характеристики *третьої* групи нормуються тільки для *робочих умов*.

Метрологічні характеристики *четвертої* групи нормуються шляхом встановлення *номінальної динамічної характеристики, меж допустимих відхилень від неї та граничних*

допустимих характеристик. Їх представляють у вигляді числа, формули, таблиці або графіка. У всіх випадках представлення нормованих метрологічних характеристик у вигляді графіка допускається тільки при одночасному представленні їх у вигляді формули або таблиці.

Форми представлення нормованих метрологічних характеристик *п'ятої* та *шостої* груп встановлюються в нормативних документах на засоби виміру конкретних видів і типів. Більш детально всі питання нормування метрологічних характеристик засобів виміру регламентуються в відповідній літературі [ 3 ].

Врахування всіх метрологічних характеристик, що нормуються, - складна задача. Вона може бути оправдана тільки при потребі високої точності виміру, що характерно для метрологічної практики. Для звичайних виробничих умов вимірювання висока точність не потрібна. Тому в повсякденній практиці прийнято поділяти точність виміру на класи.

*Клас точності засобу виміру* - це узагальнена характеристика всіх засобів виміру даного типу, яка забезпечує правильність їх показань і встановлює оцінку знизу точності показань. Позначення класу точності можуть мати форму заглавних букв латинського алфавіту ( наприклад, М, С і т.д. ) або римських цифр ( I, II, III, IV і т.д. ) з додаванням умовних знаків. Смысл цих позначень розкривається в нормативно-технічній документації. Якщо клас точності позначається арабськими цифрами з додаванням якого-небудь умовного знаку, то ці цифри безпосередньо встановлюють оцінку знизу точності показань засобу виміру.

Для засобів виміру з рівномірною, практично рівномірною або ступененвою шкалою при нульовому значенні вхідного ( вихідного ) сигналу на межі або поза діапазоном виміру, позначення класу точності здійснюється арабськими цифрами з ряду ( 1; 1,5; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; )  $\cdot 10^n$ , де  $n = 1, 0, -1, -2$  і т.д., означає, що значення величини, що вимірюється, не відрізняється від того, що показує показчик відлікового пристрою, більше ніж на відповідне число відсотків від верхньої межі виміру.

Приклад. Показчик відлікового пристрою вольтметра, що має клас точності 0,5, показує 124 В. Верхня межа складає 200 В. Чому дорівнює напруга, що вимірюється?

Рішення: 0,5 відсотка від верхньої межі ( 200 В ) шкали складає 1 В. Тому напруга, що вимірюється, не може відрізнятися від показань більше, ніж на 1 В і складає  $123 \leq U \leq 125$  В, або  $124 \pm 1$  В.

У засобів виміру, які мають встановлене номінальне значення, відміна величини, що вимірюється від той, що показує показчик, не може перевищувати відповідне число відсотків від номінального значення.

Позначення класу точності для різних приладів та різних умов цифрами може супроводжуватись застосуванням допоміжних умовних знаків [ 3 ]. Необхідно зазначити, що клас точності є узагальненою характеристикою засобу виміру. Він показує не точність конкретного виміру, а лише межі, в яких знаходиться значення величини, що вимірюється.

В процесі експлуатації любого засобу виміру може виникнути несправність або поломка, що мають назву *відмова*. Раптові відмови неможливо прогнозувати. Для великої кількості серійно випускаємої вимірювальної техніки, приладів і їх елементів електротехнічного і радіотехнічного призначення ( транзистори, резистори, конденсатори і т.і. ) існують спеціальні таблиці, в яких вказується *інтенсивність*  $\lambda$  їх *відмов* - кількість відмов за одиницю часу. Інтенсивність відмов звичайно підраховується за експериментальними даними - задаються нормальні умови роботи приладу і фіксується кількість відмов  $L$  за певний період часу  $\Delta t$ . Інтенсивність відмов

підраховують за формулою

$$\lambda = L / N \cdot \Delta t \quad (2.4)$$

де :  $N$  - кількість однотипних елементів.

Якщо відома інтенсивність відмов кожного елемента  $\lambda_i$ , можна визначити інтенсивність відмов засобу виміру, що складається з цих елементів за формулою

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot m_i, \quad (2.5)$$

де :  $n$  - кількість типів елементів, що входять до складу засобу виміру;  $m_i$  - кількість елементів  $i$ -го типу.

*Вірогідність безвідмовної роботи засобу виміру*

$$P(t) = \exp \int_0^t \lambda_{\Sigma}(t) dt. \quad (2.6)$$

Середнє значення часу безвідмовної роботи або *напрацювання на відмову*

$$T_{\text{ср}} = \int_0^t P(t) dt. \quad (2.7)$$

Інтенсивність відмов  $\lambda_{\Sigma}$ , вірогідність безвідмовної роботи  $P(t)$  та напрацювання на відмову  $T_{\text{ср}}$  називають *показниками надійності* засобів виміру. Випадкова відмова може здійснитись в який завгодно момент незалежно від того, скільки часу напрацьовано вимірювальним приладом. Виходячи з цього – інтенсивність раптових відмов не залежить від часу

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \lambda_{\Sigma} = \text{const}. \quad (2.8)$$

У випадку, коли мова йде про раптові відмови, вірогідність безвідмовної роботи та напрацювання на відмову визначаються за простішими формулами:

$$P(t) = \exp(-\lambda_{\Sigma} \cdot t); \quad (2.9)$$

$$T_{\text{ср}} = L / \lambda_{\Sigma}. \quad (2.10)$$

Приклад. Електровимірювальний перетворювач складається з чотирьох транзисторів з інтенсивністю відмов  $\lambda_t = 0,0000001 \text{ г}^{-1}$ , восьми резисторів з  $\lambda_p = 0,00001 \text{ г}^{-1}$  та шести з  $\lambda = 0,0000003 \text{ г}^{-1}$ . Визначити вірогідність раптової відмови цього засобу виміру за 1000 годин роботи.

Рішення. Інтенсивність відмов електровимірювального перетворювача за формулою

$$(2.8): \lambda_{\Sigma} = \lambda_t + \lambda_p + \lambda = 4 \cdot 0,0000001 + 8 \cdot 0,00001 + 6 \cdot 0,0000003 = 0,0000984 \approx 0,0001 \text{ г}^{-1}.$$

Вірогідність безвідмовної роботи за 1000 годин за формулою (2.9) складе  $P(1000 \text{ г}) = \exp(-0,1) = 0,905$ . Вірогідність відмови за цей же час  $P_{\text{відм}}(1000 \text{ г}) = 1 - P(1000 \text{ г}) = 0,095$ .

*Метрологічна надійність* - це властивість засобів виміру зберігати встановлені значення метрологічних характеристик на протязі певного часу при нормальних режимах і робочих умовах експлуатації. *Метрологічна відмова* - вихід метрологічної характеристики засобу виміру за межі норм. *Міжперевірочний інтервал* визначається за формулою

$$T_{мп} = [ \ln ( 1 - P_{м.в.} ) / \ln P_m ( t ) ] t, \quad ( 2.11 )$$

де :  $P_m ( t )$  – вирогідність безвідмовної в метрологічному плані роботи;  $P_{м.в.}$  - вирогідність метрологічної відмови за період між перевірками.

Значення *допустимої вирогідності метрологічної відмови* нормуються. Так, в залежності від призначення вимірів вони складають:

Технічні виміри - 0,2...0,1;  
 Виміри при передачі інформації про розмір одиниць - 0,15...0,05;  
 Особливо важливі, відповідальні виміри - 0,05...0,01.

В процесі експлуатації може проводитись корегування міжперевірочного інтервалу в залежності від кількості вибракованих одиниць обладнання.

#### 2.4. Статистичний аналіз і оцінка похибок

вимірювання, види похибок вимірювання, їх виключення, обробка результатів вимірювання, що мають випадкові похибки, імпірична крива розподілу випадкових похибок, оцінка результатів вимірювання, поняття про довірчі границі, довірчий інтервал і довірчу ймовірність, їх оцінка, оцінка сумарної похибки результатів вимірювання, статистичні методи оцінки похибок вимірювання.

Вважають, що при здійсненні вимірів отримують *значення* фізичної величини, яке відрізняється від її *істинного* значення. Як правило, *істине* значення невідомо і замість нього використовують *дійсне* значення фізичної величини. Воно настільки наближене до *істинного*, що може бути використане замість нього. Відхилення результату виміру від *істинного* значення величини, що вимірюється, називається *похибкою*.

*Похибка виміру*, що виражена в одиницях величини, що вимірюється, має назву *абсолютної похибки виміру*:

$$\Delta X = X - X_{іст} \quad ( 2.12 )$$

де:  $\Delta X$  – абсолютна похибка;  $X$  – результат виміру;  $X_{іст}$  – істине значення величини, що вимірюється.

Відношення *абсолютної* похибки виміру до *істинного* значення величини, що вимірюється, називається *відотною* похибкою виміру. *Відносна* похибка може бути виражена у відсотках.

Похибка виміру складається з декількох складових, що класифікуються по ряду ознак. Похибки вимірів залежать від засобів виміру, методу виміру, відліку та інших причин. Похибки з зазначених причин мають назву *похибки засобів виміру* та *похибки методу виміру*.

*Точність виміру* є якість виміру, що відображує наближення їх результату до дійсного значення величини, що вимірюється.

Похибки виміру поділяються на *систематичні, випадкові та грубі*. Складова похибки виміру, що залишається постійною або змінюється за відомим законом при повторних вимірах називається *систематичною похибкою виміру*. Складова похибки виміру, що змінюється випадково, називається *випадковою похибкою виміру*. Похибка виміру, що суттєво перебільшує очікувану за даними умовами, називається *грубою похибкою*.

*Систематичні похибки* мають певне значення і знак, їх можна виправити шляхом введення *поправок*. *Поправка* - значення величини, що додається до отриманого при вимірах результату з метою виключення систематичної похибки.

*Випадкові похибки* - це похибки, про появу яких не може бути зроблено жодного прогнозу. Для того, щоб виявити *випадкову похибку*, необхідно провести ряд повторних вимірів тієї ж самої величини. Якщо результат кожного виміру буде відрізнятися від інших результатів вимірів, то буде мати місце *випадкова похибка*. Оцінити ці похибки можливо за допомогою методів теорії ймовірностей та математичної статистики, які дають можливість оцінити ступінь наближення результату виміру до дійсного значення величини, що вимірюється, дають можливість оцінити імовірні межі похибок, а також дозволяють уточнити результат, тобто знайти результат виміру більш наближений до дійсного значення ніж результат одноразового виміру цієї ж величини.

Випадкові похибки є результатом впливу великої кількості факторів, що незалежать один від другого. Кожен з них має незначний вплив на результат, але сумарна їх дія достатньо впливова. Похибки окремих вимірів мають різні за знаком та величиною значення. Кожне окреме значення похибки оцінити неможливо, але сумарну дію і вплив на результат виміру - можливо за допомогою статистичних методів. Застосування статистичних методів до оцінки випадкових похибок можливо за умов, що випадкова похибка розглядається як випадкова подія, тобто вона може з'явитись, або не з'явитись. Випадкова похибка ( або величина ) може бути повністю описана з точки зору теорії ймовірності, якщо буде задано закон розподілу випадкової величини, тобто буде визначена ймовірність появи всіх значень похибки ( випадкової величини ). З цього закону можна визначити всі важливі відомості про випадкову похибку.

Результати вимірів, що містять випадкові похибки, можна представити у вигляді графіка ( рис.2.2 ). По вісі абсцис відкладені результати вимірів, що містять випадкові похибки, а по вісі ординат - щільність імовірності їх появи. Для більшості вимірів має місце так званий нормальний закон розподілу випадкової величини ( похибки ).

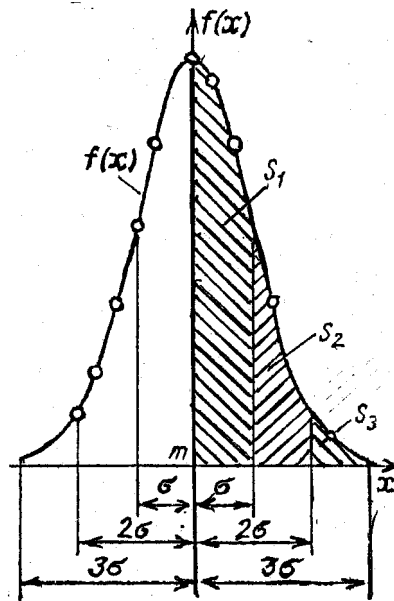


Рис. 2.2. Крива нормального закону розподілу випадкових величин

В основу цього закону покладено наступне:

- похибки вимірів можуть приймати значення, що визначаються безперервним рядом;
- при великій кількості вимірів похибки однакового значення, але різного знаку зустрічаються однаково часто;
- частота (імовірність) появи похибок зменшується із збільшенням їх значень.

Для *нормального закону розподілу похибок* найбільш імовірним значенням величини, що вимірюється, є *математичне очікування*  $m$ , яке оцінюється як середнє арифметичне значення за формулою

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2.13)$$

де:  $X_i$  - значення величини, що вимірюється;  $n$  - кількість вимірів.

Чим більше число вимірів  $n$ , тим ближче  $m$  до істинного значення математичного очікування. Випадкові похибки для кожного виміру визначаються за формулою

$$\Delta = X_i - m, \quad (2.14)$$

Нормальний закон розподілу випадкової величини має вираз для щільності імовірності

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - m)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.15)$$

де:  $f(x)$  - щільність імовірності значення параметру, що вимірюється;  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;  $x$  - заміряне значення параметра, що має випадкову похибку.

Математичне очікування  $m$  та середнє квадратичне відхилення  $\sigma$  повністю визначають нормальний закон розподілу випадкової величини.

Середнє квадратичне відхилення визначається за виразом

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m)^2}{n - 1}} \quad (2.16)$$

Дисперсія випадкової ( $D(x)$ ) величини характеризує розсіювання, розкиданість значень випадкової величини навколо її математичного очікування. Для визначення вирогідності появи різних значень випадкової похибки необхідно проінтегрувати вираз (2.15) для щільності імовірності випадкової величини в інтервалі значень випадкової величини  $x$ . Значення інтегралу цієї функції для практичних розрахунків наведено в таблицях [4].

В практиці результати обробки статистичних даних подають у вигляді  $m \pm \sigma$ , тобто дають значення середньої величини  $m$  і інтервал її існування в певних межах  $\pm \sigma$  (або  $2\sigma$ , чи  $3\sigma$ ) в залежності від того, з яким значенням ймовірності потрібно отримати цю величину. Згідно рис.2.2 площа  $S$  під кривою  $f(x)$  в межах  $\pm \sigma$  дорівнює 68% всієї площі. Це означає, що у всіх випадках вимірів якої-небудь величини 68% отриманих значень будуть відхилятися від середнього не більше ніж на  $\sigma$ . Якщо взяти за допустимий інтервал відхилення  $\pm 2\sigma$ , то в цьому інтервалі міститься приблизно 95% всіх значень величини, що вимірювалась, а імовірність існування результатів вимірів в інтервалі  $\pm 2\sigma$  складає 0,95. Для інтервалу  $\pm 3\sigma$  імовірність появи результатів вимірів в цьому інтервалі складає 0,9973. З цього виникає поняття *довірчого інтервалу*. Довірчим називається інтервал, в якому з заданою імовірністю знаходиться істинне значення величини, що вимірюється. Наприклад, для імовірності 0,95 довірчий інтервал складає  $\pm 2\sigma$ , або для довірчого інтервалу  $\pm \sigma$  імовірність дорівнює 0,68. В більшості технічних вимірів імовірність 0,95 вважається достатньою.

В загальному випадку довірчий інтервал для нормального закону розподілу може бути визначений із виразу

$$m_x - \varepsilon_x \leq X \leq m_x + \varepsilon_x, \quad (2.17)$$

або

$$m_x - t_{\beta} \sigma_x \leq X \leq m_x + t_{\beta} \sigma_x, \quad (2.18)$$

де:  $\varepsilon_x$  - напівширина довірчого інтервалу;  $t_{\beta}$  - коефіцієнт розподілу Стюдента.

Визначається довірчий інтервал для конкретного випадку наступним чином. Для великої кількості вимірів визначені: середнє значення тиску -  $m = 23,85$  МПа та дисперсія -  $\sigma = 0,13$  МПа. Для імовірності 0,95 межі довірчого інтервалу складають

$$(m - 2\sigma; m + 2\sigma) = (23,85 - 2 \cdot 0,13; 23,85 + 2 \cdot 0,13) = (23,59; 24,11) \text{ МПа.}$$

Слід зазначити, що все викладене вище стосується великої кількості однорідних вимірів, коли має місце *нормальний закон розподілу* похибок. Оцінку похибки можна зробити тільки в певних межах та при певній імовірності. В цьому заключається особливість виміру випадкової величини. Довірчий інтервал для величини, що вимірюється при невеликій кількості вимірів визначається за формулою ( 2.18 ) і для нашого випадку складе ( 23,49; 24,21 ) МПа.

З графіка рис.2.2 витікає, що довірчий інтервал залежить від довірчої імовірності. З достатньо високою імовірністю 0,9973 всі значення результату виміру, що відповідають нормальному закону, повинні групуватись в межах довірчого інтервалу  $m \pm 3\sigma$ . На цій підставі можна сформулювати наступне правило: *якщо при багаторазовому вимірюванні тієї ж фізичної величини постійного розміру сумнівні значення результату виміру відрізняються від середнього значення більше ніж на  $3\sigma$ , то з імовірністю 0,9973 воно є хибним і його треба виключити з експериментальних даних*. Це правило має назву - *“правило трьох сигм”*.

Оцінки числових характеристик законів розподілу імовірності випадкових чисел або величин, що відображуються на числовій вісі точкою, мають назву - *точкові*. На відміну від саме числових характеристик *точкові оцінки* є випадковими, їх значення залежать від об'єму експериментальних даних, а закони розподілу імовірності - від законів розподілу імовірності саме випадкових чисел або значень величин, що вимірюються. Оцінки повинні задовольняти трьом вимогам: бути *переконливими* ( *слухними* ), *незміщеними* та *ефективними*. *Переконливою* є оцінка, яка сходиться за імовірністю з числовою характеристикою, що оцінюється. *Незміщеною* є оцінка, математичне очікування якої дорівнює числовій характеристиці, що оцінюється. Найбільш *ефективною* вважають ту з кількох можливих незміщених оцінок, яка має найменше *розсіювання*.

*Середнє арифметичне* значення результату виміру незалежно від виду закона розподілу імовірності може бути *переконливою точковою оцінкою* середнього значення ( доказ не наводиться ). Крім того воно може бути не тільки *переконливою оцінкою*, але ще й *незміщеною оцінкою* середнього значення, чим забезпечується правильність результату багаторазового вимірювання. Середнє арифметичне значення за критерієм *найменших квадратів* ( тобто коли сума квадратів відхилень від середнього значення є мінімальною ) є найбільш *ефективною оцінкою* [ 3 ].

Алгоритм обробки сукупності *точкових характеристик* ( масиву ) наступний:

- підраховується середнє арифметичне значення за формулою

$$X_{\text{ср}} = (\sum X_i) / n;$$

- підраховується стандартне відхилення за формулою

$$\sigma = \sigma(x) \sqrt{n^{-1}}; \quad (2.19)$$

- підраховується значення  $3\sigma$ ;
- підраховуються значення  $(X_i - X_{\text{ср}})^2$  для кожного окремого виміру;
- порівнюється значення  $3\sigma$  із значенням  $(X_i - X_{\text{ср}})^2$  кожного виміру;
- якщо якесь із значень дії  $(X_i - X_{\text{ср}})^2$  більше за  $3\sigma$ , то робиться висновок, що відповідне значення виміру  $X_i$  не відповідає всій сукупності значень, тобто

є *хибним*. Хибне значення відкидається і процедура розрахунку повторюється за таким же алгоритмом, але з меншою ( без хибного ) кількістю значень вимірювання;

- при досягненні умов, що жодне із значень дії  $(X_i - X_{\text{ср}})^2$  менше  $3\sigma$ , вважається, що хибних значень немає ( з імовірністю 0,997 );
- далі результати розрахунків подаються у вигляді середнього  $X_{\text{ср}}$  та меж довірчого інтервалу  $\pm 3\sigma$ .

Сумарна похибка вимірів, яка враховує похибки кожного з вимірювальних приладів метрологічної системи, також похибки методики та інші визначається за формулою

$$\Delta X = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial x}{\partial X_i} \Delta X_i \right)^2} \quad (2.20)$$

де:  $\Delta X_i$  - абсолютна похибка однієї зі складових сумарної похибки.

## 2.5. Оцінка похибок при вимірюванні параметрів середовищ в техніці ТГПіВ

В техніці ТГПіВ при експериментальних дослідженнях середовищ вимірюють такі фізичні величини: *температура, °C; тиск, Па; витрати, кг/с та їх похідні.*

При вимірюванні *температури* середовищ в залежності від методу вимірювання та приладів виникають різні похибки. При використанні *скляних термометрів* ( з різними термометричними рідинами ) має місце систематична похибка, яка характерна для цього засобу виміру. Це похибка за рахунок *виступаючого стовпчика* термометра. Якщо термометр був проградуйований при повному його зануренні в середовище, що вимірювалось до відлікової температурної відмітки, а на практиці він не був занурений до цієї відмітки і частина стовпчика термометричної речовини знаходилась вище рівня речовини, то в цьому випадку може бути похибка за рахунок виступаючого стовпчика. Ця похибка має місце у випадку, коли температура виступаючої частини стовпчика термометричної рідини і частини, що занурена мають різні значення температури. Поправка на *виступаючий стовпчик* до показань термометра може бути визначена в градусах за виразом

$$\partial(t) = n\gamma(t - t_{\text{вс}}), \quad (2.21)$$

де:  $n$  – число градусів в виступаючому стовпчику, °C;  $\gamma$  - видимий температурний коефіцієнт об'ємного розширення термометричної рідини в склі,  $K^{-1}$ ;  $t$  - температура, що показує термометр, °C;  $t_{\text{вс}}$  – середня температура виступаючого стовпчика.

Аналогічна похибка виникає також у технічних термометрів, які звичайно відградуйовані при зануренні всієї нижньої частини, а температура виступаючої частини суттєво відрізняється

від її температури при градуванні термометра. В цьому випадку поправка визначається за виразом

$$\partial(t) = n\gamma(t_{\text{вс.град.}} - t_{\text{вс}}), \quad (2.22)$$

де:  $t_{\text{вс.град.}}$  – температура виступаючого стовпчика при градуванні  
(звичайно  $t_{\text{вс.град.}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Слід зазначити, що похибка за рахунок виступаючого стовпчика у ртутних термометрів на порядок нижче, ніж у термометрів з органічними термометричними рідинами за рахунок суттєвої різниці температурного коефіцієнта розширення.

Іншою суттєвою похибкою, що характерна для скляних термометрів розширення, є зміщення нульової точки. Це зміщення спостерігається після нагріву термометра до значень температур, що наближаються до верхньої межі виміру. При наступному охолодженні термометра до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  скляний капіляр не відразу набуває тих самих геометричних розмірів, що були до нагрівання. Тому ртуть, об'єм якої придбав первинне значення, буде міститись в капілярі, переріз якого ще не відновився, - тобто нижче відмітки  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Це зміщення нульової точки термометра може досягати у технічних термометрів зі шкалою  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  значення  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В техніці ТГПів використовують *манометричні* термометри (рис.2.3). Принцип їх дії базується на залежності тиску термометричної речовини в закритому об'ємі від температури.

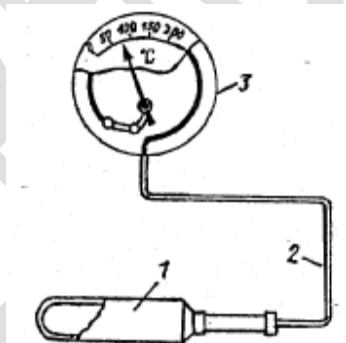


Рис.2.3. Манометричний термометр

Термосистема манометричного термометра складається з термобалону 1, капіляру 2 і манометричної пружини. Один кінець манометричної пружини приєднан до капіляру, а другий, що запаяний, - до стрілки вимірювального приладу 3. Манометричні термометри в залежності від виду робочої (термометричної) речовини, що заповнює термосистему поділяються на *газові* ( $-200, +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), *рідинні* ( $-150, +300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та *конденсаційні* ( $-50, +300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При здійсненні вимірювань термобалон занурюють в середовище, що вимірюється, а вимірювальний прилад - в зручному для спостереження місці. В результаті нагрівання або охолодження тиск речовини в термобалоні підвищується або зменшується. Зміна тиску робочої речовини через гнучкий ка-

піляр передається на вимірювальний прилад. Залежність тиску газу від температури при постійному об'ємі визначається за формулою

$$p_t = p_0 (1 + \beta t), \quad (2.23)$$

де:  $p_t$  та  $p_0$  - тиск газу при температурах  $0^\circ\text{C}$  и  $t^\circ\text{C}$ ;  $\beta$  - температурний коефіцієнт розширення газу ( $\beta = 0,00366 \text{ K}^{-1}$ ).

Рівняння шкали газового манометричного термометру має вид

$$p_k - p_n = p_n \beta (t_k - t_n) / (1 + \beta t_n), \quad (2.24)$$

де:  $p_n$  та  $p_k$  - відповідно тиск газу, Па при температурах, що відповідають початку  $t_n$  і кінцю  $t_k, ^\circ\text{C}$  шкали термометра.

В манометричних термометрах може мати місце гідростатична *похибка*, що виникає за рахунок різного рівня розташування термобалону і вимірювального приладу при градуюванні та при вимірах. Додатковий тиск, що виникає за рахунок цього визначається за формулою

$$p_{\text{дод}} = \rho g \Delta h, \text{Па} \quad (2.25)$$

де:  $\rho$  - густина термометричної речовини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $\Delta h$  - різниця висот розташування термобалону та вимірювального приладу при градуюванні та вимірах, м.

Досить широке застосування в вимірах температури отримали *термоелектричні термометри*. Принцип їх дії базується на залежності *термоелектрорушійної сили термопари* від температури. *Термоелектрорушійна сила* (термо-ЕРС) виникає в ланцюгу, що складається з двох різнорідних провідників, якщо значення температур в місцях їх з'єднання різні (рис.2.4).

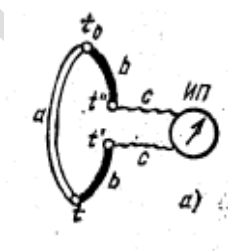


Рис.2.4. Термопара

Якщо в ланцюгу значення температур в місцях з'єднання провідників  $a$  і  $b$  будуть однакові і дорівнюють  $t$ , то і різниці потенціалів будуть однакові за значенням, але протилежні за знаком:

$$e_{ab}(t) = -e_{ba}(t), \quad (2.26)$$

а сумарна термо-ЕРС та струм в ланцюгу будуть дорівнювати нулю:

$$E_{ab}(t, t) = \mathcal{E}_{ab}(t) - \mathcal{E}_{ba}(t) = 0. \quad (2.27)$$

Якщо  $t \neq t_0$ , то сумарна термо-ЕРС не дорівнює нулю:

$$E_{ab}(t, t_0) = \mathcal{E}_{ab}(t) - \mathcal{E}_{ba}(t_0) \neq 0, \quad (2.28)$$

тому, що різниці потенціалів для таких самих провідників при різних температурах не дорівнюють один одному  $\mathcal{E}_{ab}(t) - \mathcal{E}_{ba}(t_0) \neq 0$ . Для того, щоб отримати однозначну залежність термо-ЕРС від вимірюваної температури  $t$ , необхідно іншу температуру  $t_0$  підтримувати постійною. Для виміру термо-ЕРС в ланцюг термоелектричного термометра включають вимірювальний прилад - мілівольтметр (на рис. ИП) На рис. 2.5 наведена типова схема підключення термоелектричного термометра до мілівольтметра.

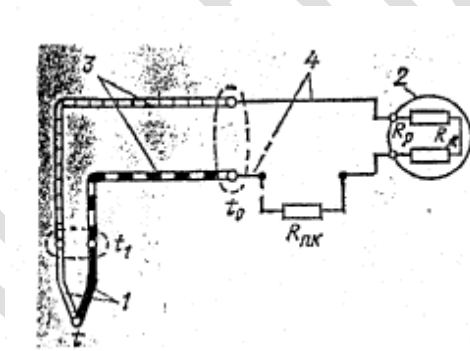


Рис.2.5. Типова схема підключення термопар  
до мілівольтметра

На схемі термоелектричний термометр 1 підключається до мілівольтметра 2 подовжуючими 3 та з'єднуювальними 4 провідниками. Для підгонки опору зовнішнього ланцюгу до градуювочного значення використовують підгоночну катушку ( $R_{пк}$ ).

Показання мілівольтметра будуть визначатись формулою

$$\varphi = SI = SE(t, t_0) / (R_{мв} + R_m + R_{зп} + R_{пк}), \quad (2.29)$$

де:  $E(t, t_0)$  - термо-ЕРС термометра при температурах *робочого кінця*  $t$  і *вільного кінця*  $t_0$ ;  $R_{мв}$  - опір мілівольтметра;  $R_m$  - опір термометра;  $R_{зп}$  - опір з'єднуювальних провідників;  $R_{пк}$  - опір підгоночної катушки.

Зміна показань мілівольтметра може виникнути за рахунок зміни значень опору всіх елементів зовнішнього ланцюгу, а також мілівольтметра. Відносна зміна показань вимірювальної системи

термометр - мілівольтметр, що викликана відхиленням опору вимірювального ланцюгу від градуировочного значення, складає:

$$\delta\varphi = (\varphi_{\text{ек}} - \varphi_{\text{гр}})/\varphi_{\text{гр}} = (R_{\text{ек}} - R_{\text{гр}})/R_{\text{гр}}, \quad (2.30)$$

де: індекси "ек" та "гр" відповідно означають експлуатаційне та градуировочне значення параметрів.

На рис.2.6 наведено чутливий елемент термоелектричного термометру. Він складається з термоелектродів 1, "гарячого" спаю 2, футляра 3, ізолюючих елементів 4, кожуха 5, закріплюючих елементів 6,7 та з'єднуювальних дротів 8.

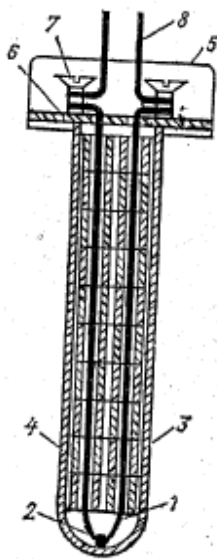


Рис.2.6. Чутливий елемент термоелектричного термометру

Слід зазначити, що рівняння визначають зміну показань в мілівольтах. Для того, щоб перевести ці показання в температуру, необхідно враховувати нелінійний характер залежності термо-ЕРС від температури.

При вимірюванні температур в техніці ТГПів користуються *термометрами опору*. Принцип дії термометрів опору базується на властивості різних матеріалів ( в першу чергу металів ) змінювати свій електричний опір зі зміною температури. Параметр, що характеризує зміну електричного опору від зміни температури, має назву *температурний коефіцієнт електричного опору*. Для матеріалів, у яких температурний коефіцієнт не залежить від температури, він може бути визначений за формулою

$$\alpha = (R_t - R_0)/(R_0 t), \quad (2.31)$$

де:  $R_t$ ,  $R_0$  - електричний опір при температурі  $t$  і  $0^\circ\text{C}$ .

Для матеріалів, у яких термічний коефіцієнт залежить від температури, він може бути визначений тільки для кожного значення температури як

$$\alpha = (1/R_0)(dR_t/dt) \quad (2.32)$$

Температурний коефіцієнт виражають в  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

На рис. 2.7 наведено варіант конструкції термометру опору. Чутливий елемент термометра опору виконано у вигляді спіралі з дроту 1, що ізольована керамічними елементами 2. Чутливий елемент має захисну оболонку 3, що ущільнена керамічною втулкою 4. Від чутливого елемента відходять два з'єднувальних дрота 5, що проходять скрізь ізоляційну керамічну трубу 6. Вся конструкція міститься в захисному кожусі 7, який встановлюється на об'єкті виміру за допомогою різьбового штуцера 8. На кінці захисного кожуха міститься з'єднувальна головка 11 термометра, а в середині - ізоляційна колодка 10 з гвинтами 9 для закріплення з'єднувальних дротів.

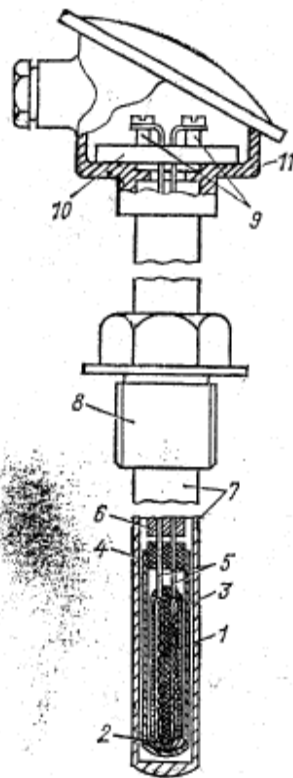


Рис.2.7. Термометр опору

Основна похибка, що виникає при вимірюванні термометрами опору, це похибка, що виникає за рахунок невідповідності електричного опору вимірювальної системи об'єкту вимірювання

$$\Delta t = (R_{\text{екс}} - R_{\text{ар}}) / S, \quad (2.33)$$

де:  $\Delta t$  - похибка виміру,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $R_{\text{екс}}$ ,  $R_{\text{ар}}$  - значення опору з'єднувальних дротів відповідно при експлуатації та при градуванні, Ом;  $S$  - коефіцієнт перетворення термометра (ціна поділу), Ом/К.

Для зменшення цієї похибки використовують різні схеми приєднання термометрів до вимірювальних приладів ( двопровідні, трьохпровідні та чотирьохпровідні схеми та інш.) [ 4 ].

Розглянуті вище термометри стосуються контактного методу вимірювання температури, тобто коли є безпосередній контакт чутливого елемента термометра та речовини, температура якої вимірюється. Верхня межа температури, що вимірюється складає 1800...2200°C. В багатьох випадках в промисловості та при дослідженнях виникає необхідність в вимірах більш високих температур. Крім того досить часто недопускається безпосередній контакт вимірювальної рідини і термометру. В таких випадках використовують *безконтактні* методи і відповідні засоби вимірювання температури, які вимірюють температуру тіла за його тепловим випромінюванням. Такі засоби виміру мають назву *пірометри*. Сучасні пірометри вимірюють температуру в досить широкому діапазоні температур ( 20 ... 6000°C ), вони практично не мають обмежень зверху. Можливості їх використання визначаються відповідністю спектрів випромінювання тіл та спектральних характеристик пірометрів.

Як відомо всі тіла випромінюють електромагнітні хвилі різної довжини  $\lambda$  ( або частоти  $\nu$  ). Електромагнітне випромінювання, що збуджується тепловим рухом молекул, називають *тепловим випромінюванням*. Це випромінювання має місце при температурах до 4000°C як результат коливального або обертового руху молекул. Існує велика кількість різних методів вимірювання температури по випромінюванню, але для реальних технологічних процесів використовують наступні *пірометри*: *квазімонохроматичний, повного випромінювання та спектрального відношення*. Зв'язок між дійсною *температурою тіла*  $T$  та так званою *температурою яскравості тіла*  $T_{\lambda}$ , що фіксується пірометром, встановлює вираз

$$T = \frac{T_{\lambda}}{1 + a T_{\lambda}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad ( 2.34 )$$

де:  $a$  — коефіцієнт, що пов'язує різні константи ( коефіцієнт теплового випромінювання, довжину хвилі і т.д.).

На рис. 2.8 наведено принципову схему квазімонохроматичного пірометра. Випромінювання від об'єкту виміру 1 проходить крізь об'єктив 2 і фокусується в площині 3. В цій самій площині міститься нитка розжарення пірометричної лампи 4. Зображення об'єкту виміру та нитки пірометричної лампи може бути розглянуто наглядачем 6 крізь окуляр 5. Між ниткою та окуляром міститься червоний світлофільтр 7. Між об'єктивом та ниткою пірометричної лампи може бути встановлено поглинаюче скло 8. Для виміру розжарення нитки використовують реостат 9, який змінює струм, що проходить від джерела живлення 10. Значення сили струму вимірюється амперметром 11, що отградуирований в значеннях температури яскравості  $T_{\lambda}$ .

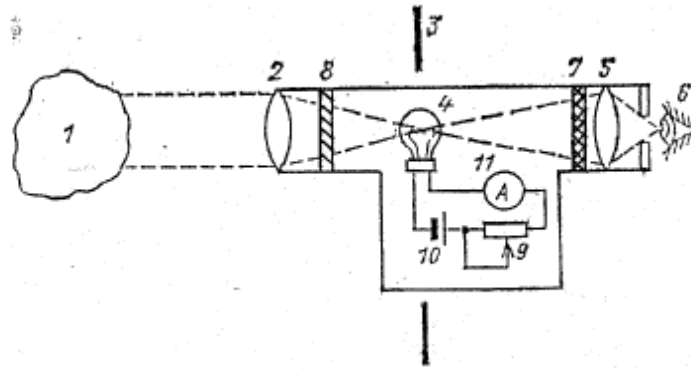


Рис.2.8. Схема квазімонохроматичного пірометра

Квазімонохроматичний пірометр передбачає вимір температури по спектральній енергетичній яскравості тіла, тобто по випромінюванню при певній довжині хвилі. Для *монохроматизації* (виділення певної довжини хвилі) випромінювання в пірометрі встановлюється червоний світлофільтр. Людське око сприймає скрізь червоний світлофільтр випромінювання в досить вузькому інтервалі, що має ефективну довжину хвилі  $\lambda = 0,65 \text{ мкм}$ . Це дає можливість досить ефективно вимірювати температуру в широкому інтервалі значень. Процес вимірювання зводиться до зміни розжарення нитки пірометричної лампи, а це значить – і її яскравості до тих пір, поки око наглядача перестане розрізняти нитку пірометричної лампи на тлі об'єкту вимірювання. В цей момент проводять відлік значень температури.

Слід зазначити, що наведені вище методики та прилади для виміру температур не відображають всієї сукупності. Більш детально з цим можна ознайомитись в літературі [4].

При *вимірюванні тиску* в системах ТГПІВ використовують різноманітні прилади в залежності від об'єкту виміру та величини тиску. Співвідношення між одиницями тиску, що використовують в техніці ТГПІВ, такі:  $1 \text{ Па} = 10^{-5} \text{ Бар} = 1,0197 \cdot 10^{-5} \text{ кгс/см}^2 = 0,10197 \text{ кгс/м}^2 (\text{мм.вод.ст.}) = 7,5006 \cdot 10^{-3} \text{ мм.рт.ст.}$

При вимірах відрізняють *абсолютний, надлишковий та вакууметричний тиск*. Під *абсолютним*  $P_a$  розуміють *повний тиск*, що дорівнює сумі атмосферного  $P_{atm}$  та надлишкового  $P$

$$P_a = P + P_{atm}, \quad (2.35)$$

Поняття *вакууметричного тиску*  $P_v$  має місце при виміру тиску, що нижче за атмосферний

$$P_v = P_{atm} - P_a \quad (2.36)$$

Засоби виміру, що призначені для виміру тиску та різниці тисків, мають назву *манометри*. В залежності від того середовища, що вимірюється, вони поділяються на *барометри, манометри надлишкового тиску, вакууметри і манометри абсолютного тиску*.

Конструкції манометрів різноманітні, тому ми розглянемо лише найбільш розповсюджені.

Для виміру тиску і різниці тисків використовують двотрубні манометри та дифманометри з видимим рівнем (часто мають назву  $U$  – подібними). Принципова схема такого манометра подана на рис.2.9. Він складається з двох вертикальних сполучених між собою скляних трубок 1, 2, що закріплені на дерев'яній або металевій основі 3. До основи прикріплена шкальна пластина 4. Трубки заповнюються робочою рідиною до нульової відмітки. До трубки 1 подається вимірюваний тиск, трубка 2 сполукається з атмосферою. При вимірюванні різниці тисків до двох трубок подається тиск, що вимірюється.

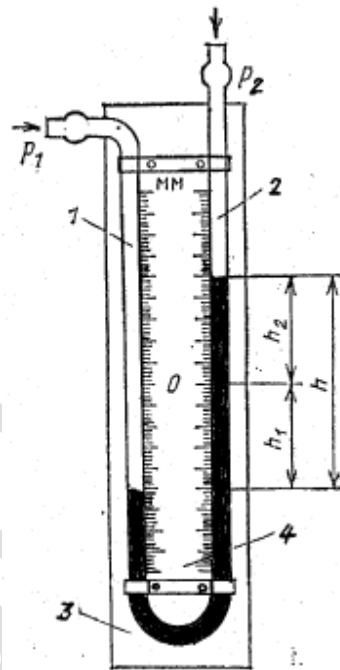


Рис.2.9. Принципова схема двотрубного рідинного манометра

Стовб рідини висотою  $h$  врівноважує різницю тисків

$$P_1 - P_2 = \rho q h, \text{ Па}; \quad (2.37)$$

$$h = \frac{1}{\rho q} (P_1 - P_2), \text{ м}; \quad (2.38)$$

де:  $\rho$  - густина робочої рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $q$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

В рідинних манометрах функції *чутливого елемента*, що сприймає зміну тиску величини, що вимірюється, виконують різні види робочої рідини (вода, ртуть, спирт, трансформаторне

масло ). У випадку, коли густина середовища над робочою рідиною сумірна з густиною робочої рідини, вираз ( 2.38 ) буде мати вигляд

$$P_1 - P_2 = (\rho_1 - \rho_2) qh = q(\rho_1 - \rho_2)(h_1 - h_2), \quad (2.39)$$

де:  $\rho_1, \rho_2$  - відповідно значення густини робочої рідини і середовища над нею.

Висота стовпа  $h$  визначається як сума висот  $h_1$  та  $h_2$ . Подвоєння висоти  $h_1$ , або  $h_2$  недопустимо тому що діаметри трубок можуть бути різними. Для виключення впливу капілярних сил трубки мають діаметр 8...10 мм.

Для виключення похибки, що пов'язана з тим, що значення прискорення вільного тиску є величиною, що має постійне значення для кожної місцевості, необхідно місцеве значення прискорення вільного падіння підраховувати за формулою

$$g = 9,80665 [1 - 0,0026 \cos(2\Delta\varphi) - 0,0000002 H], \text{ м/с}^2, \quad (2.40)$$

де:  $\Delta\varphi$  – відхилення географічної широти від значення  $45^\circ$ , що відповідає нормальному прискоренню вільного падіння;  $H$  - висота над рівнем моря, м.

Значення густини робочої рідини і середовища подано в таблицях теплофізичних властивостей речовин в залежності від температури і тиску. Похибки відліку різниці висот рівнів робочої рідини залежать від ціни поділу шкали. Без додаткових технічних пристроїв при ціні поділу 1 мм похибка відліку різниці рівнів складає  $\pm 2$  мм з урахуванням похибки нанесення шкали. При використанні додаткових пристроїв для підвищення точності відліку  $h_1, h_2$  необхідно враховувати розбіжності температурних коефіцієнтів розширення шкали, скла та робочої речовини. Різницю висот рівнів приводять до  $0^\circ \text{C}$  з використанням формули

$$h_0 = h_t [1 - (\beta - \alpha)t] \quad (2.41)$$

де:  $\beta$  - коефіцієнт видимого розширення робочої речовини в склі, у ртуті  $\beta = 0,00018^\circ \text{C}^{-1}$ ;

$\alpha$  - температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу шкали, для латуні

$\alpha = 0,000019^\circ \text{C}^{-1}$ .

Для підвищення точності відліку різниці висот рівнів використовують однотрубні (чашкові) манометри (рис.2.10). Робоча рідина заливається в манометр до нульової відмітки. Оскільки об'єм рідини, що переміщується з широкого сосуда, дорівнює об'єму, що надходить до вимірювальної трубки, то можна записати

$$h_1 F = h_2 f, \quad h_1 = h_2 f / F, \quad (2.42)$$

де:  $f, F$  – відповідно площа поперечного перерізу вимірювальної трубки та широкого сосуда.

За умов, що  $f \ll F$  та  $h_1 \ll h_2$ , а також якщо  $F/f \gg 400$ , зміною рівня в широкому посуді

нехтують і при вимірюванні враховують тільки зміну рівня вимірювальної трубки. Шкала градується в одиницях тиску у відповідності з рівнянням

$$P_1 - P_2 = \rho q (h_1 + h_2) = \rho q h_2 (1 + f/F) \quad (2.43)$$

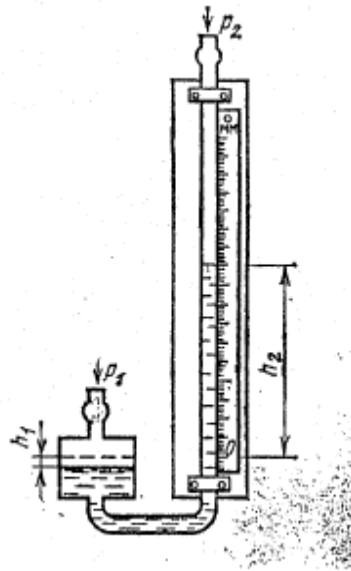


Рис.2.10. Однотрубний манометр

Виміри в однотрубних манометрах висоти одного стовпа робочої рідини призводять до зниження похибки відліку, яка з урахуванням похибки градування шкали не перевищує  $\pm 1$  мм при ціні поділу шкали 1 мм. Інші складові похибки, що обумовлені відхиленням від розрахункового значення прискорення вільного падіння, густини робочої речовини та середовища над нею, значеннями температурного розширення елементів приладу є загальними для всіх рідинних манометрів і розраховуються за вищевказаними методиками.

Для виміру тиску і різниці тисків до 3 кПа використовують мікроманометри, які є різновидом однотрубних манометрів і мають спеціальний пристрій для підвищення точності відліку рівня (або зменшення ціни поділу шкали). Найбільш розповсюдженим є мікроманометр типу ММН, що має наклонну вимірювальну трубку (рис.2.11). Показання мікроманометра визначаються по довжині стовпчика робочої рідини  $l$  в вимірювальній трубці 1, що має кут нахилу  $\alpha$ .

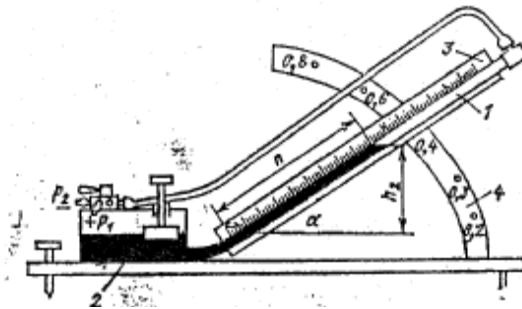


Рис.2.11. Мікроманометр

Виходячи з того, що об'єм рідини, що витікає з широкого сосуда 2 дорівнює об'єму, що надходить до вимірювальної трубки 1, запишемо

$$h_1 F = n f, \quad h_1 = n f / F \quad (2.44)$$

де:  $h_1$  - зміна рівню в широкому посуді;  $F, f$  - площі поперечного перерізу широкого сосуда та вимірювальної трубки.

Виходячи з того, що  $h_2 = \sin \alpha$ , будемо мати

$$P_1 - P_2 = g \rho (h_1 - h_2) = n g \rho (f / F + \sin \alpha) \quad (2.45)$$

При певній густині робочої речовини  $\rho_r$  (звичайно - спирт) та нормальному значенні прискорення вільного падіння  $g_n$  всі множники при  $n$  в виразі (2.45) позначають одним коефіцієнтом  $k$ , що змінюється в діапазоні 0,2...0,8. При зміні густини спирта в разі зміни температури або використанні робочої рідини з густиною  $\rho \neq \rho_r$ , а також  $g \neq g_n$ , різниця тисків підраховується за формулою

$$P_1 - P_2 = k n g \rho / (\rho_r g_n) \quad (2.46)$$

На рис.2.11 кронштейн 3 з вимірювальною трубкою 1 кріпиться на секторі 4 в одному з п'яти положень, яким відповідають  $k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8$  і п'ять діапазонів виміру приладу від 0,6 кПа до 2,4 кПа. Приведена похибка не перевищує 0,5%. Мінімальна ціна поділу при  $k = 0,2$  складає 2 Па.

Існує ще багато різних видів манометрів (поплашкові, деформаційні, сільфонні, електроконтактні, трубчато-пружинні і т.д.), принцип дії яких подано спеціальній літературі [4].

При вимірах, що пов'язані з обліком кількості речовини, найважливішим вихідним поняттям є *витрати* і *кількість речовини*. Витрати - це кількість речовини, що протікає через переріз трубопроводу (повітропроводу) за одиницю часу. Кількість речовини (вода, повітря, газ) можна виміряти в одиницях маси, або в одиницях об'єму, що є зручними для сприйняття (див. розд.2.2). У відповідності одиницям маси проводяться виміри витрат відповідних одиниць

за певний час. Найбільш розповсюджені одиниці виміру витрат: кг/с; кг/г; т/г ( масові ); м<sup>3</sup>/с; л/с; м<sup>3</sup>/г ( об'ємні ). Одиниці маси дають більш повну інформацію про кількість та витрати речовини, тому, що об'єм речовини, особливо газу, залежить від тиску та температури. При вимірах об'ємних витрат для отримання порівняльних значень результати виміру приводять до певних ( так званих *стандартних* ) умов. Такими умовами є: температура  $t_{cm} = 20^{\circ}\text{C}$ ; тиск  $p_{cm} = 101325 \text{ Па}$ ; відносна вологість  $\phi = 0 \%$ . У відповідності стандартам, вимірювальний прилад, що вимірює *витрати* речовини, має назву *витратомір*, а прилад для вимірювання кількості речовини - *лічильник кількості* ( *лічильник* ). В кожному конкретному випадку до цих термінів слід додавати найменування речовини, що контролюється. Серед великої кількості різноманітних витратомірів та лічильників найбільше розповсюдження отримали такі: змінного перепаду тиску зі звужуючими пристроями ( відносяться до загальної групи витратомірів змінного перепаду ); постійного перепаду тиску ( відносяться до загальної групи витратомірів обтікання ); тахометричні; електромагнітні; ультразвукові.

Метод виміру витрат по перепаду тиску базується на залежності перепаду тиску в нерухомому звужуючому пристрої, що встановлено в трубопроводі, від витрати середовища, що вимірюється. Перепад тиску, що утворюється за звужуючим пристроєм, вимірюється диференціальним манометром ( дифманометром ), шкала якого проградуєвана в одиницях витрат. Принцип виміру, що пропонується, базується на тому явищі, що при протіканні потоку через отвір звужуючого пристрою підвищується швидкість потоку в порівнянні зі швидкістю до звуження. Підвищення швидкості та, відповідно, - кінетичної енергії викликає зменшення потенціальної енергії та статичного тиску. Витрати визначаються по перепаду тиску  $\Delta P$  ( який заміряно дифманометром ) у відповідності градуєвочній характеристиці  $\Delta P = f(Q)$ . Використання поданого методу виміру потребує виконання певних умов: характер руху потоку до і після звужуючого пристрою повинен бути турбулентним і стаціонарним; весь переріз потоку повинен бути заповнений речовиною, що вимірюється; фазовий стан потоку не повинен змінюватись поки він рухається через звужуючий пристрій; на поверхні звужуючого пристрою не повинно бути ні яких відкладень, що можуть змінювати його геометричні розміри.

В якості звужуючого пристрою для виміру витрат рідини, газів та пари використовують діафрагми (а), сопла (б) та іноді сопла Вентурі (в) ( рис.2.12 ).

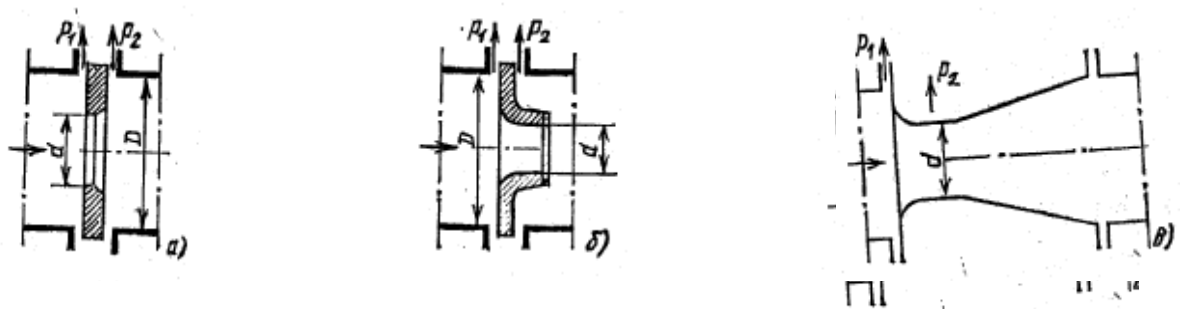


Рис.2.12. Конструкції звужуючих пристроїв

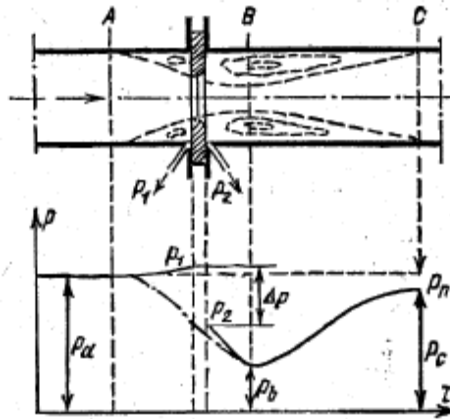


Рис.2.13. Профілі потоку, що проходить через діафрагму

На рис.2.13 показано профілі потоку, що проходить через діафрагму, а також розподіл тиску вздовж стінки труби (суцільна лінія) та на вісі труби (штрихпунктирна лінія). Після перерізу А струмина звужується, а середня швидкість потоку збільшується. Завдяки інерції струмина продовжує звужуватись і на певній відстані від діафрагми в перерізі В існує місце найбільшого її звуження. Збільшення швидкості на ділянці АВ супроводжується зменшенням статичного тиску від первинного значення  $p_a$  до мінімального значення  $p_b$ . Після перерізу В починається розширення струмини, яке закінчується в перерізі С. Цей процес супроводжується зменшенням швидкості та збільшенням статичного тиску. В перерізі С швидкість приймає первинне значення (як в перерізі А), але тиск  $p_c$  буде менше первинного на величину  $p_n$ , тобто на величину втрат тиску на звужуючому пристрої. Для визначення загальної залежності між витратами та перепадом тиску зробимо припущення, що рідина є нестисливою (тобто густина не змінюється при проходженні через звужуючий пристрій), відсутній теплообмін з оточуючим середовищем та трубопровід є горизонтальним. В цьому випадку закон збереження енергії для перерізів А та В може бути записаний у вигляді рівняння Бернуллі

$$p_a/\rho + k_a V_a^2/2 = p_b/\rho + k_b V_b^2/2 + \zeta V_b^2/2, \quad (2.47)$$

де:  $k_a$  та  $k_b$  - поправочні коефіцієнти на нерівномірність розподілу швидкостей в перерізах А та В;  $\zeta$  - коефіцієнт опору на ділянці АВ, віднесений до швидкості  $V_b$ .

Для нерозривної струмини з нестисливою рідиною, що має густину  $\rho$  і рухається зі швидкістю  $V$  по трубі перерізом  $F$ , масові витрати можна записати формулою  $Q_m = \rho V F$ . З цього рівняння легко отримати співвідношення

$$F_a V_a = F_b V_b, \quad (2.48)$$

де:  $F_a$  та  $F_b$  - значення площин струмини в перерізах А та В.

Відношення площини отвору звужуючого пристрою  $F_0$  до площини трубопроводу  $F$  має назву відносної площини (модуль) звужуючого пристрою  $m = F_0 / F = (d/D)^2$ , де  $d$  та  $D$  - діаметри отворів звужуючого пристрою та трубопроводу. Відношення  $\mu = F_6 / F_0$  називається коефіцієнтом звуження струмини. З урахуванням вищенаведеного можна отримати інший вид виразу (2.48)

$$V_a = \mu m V_6. \quad (2.49)$$

Якщо підставити цей вираз в рівняння (2.47), отримуємо

$$V_6 = \frac{1}{\zeta + k_b - k_a \mu^2 m^2} \times \sqrt{\frac{2}{\rho}} (P_a - P_b), \quad (2.50)$$

В більшості витратомірах перепад тиску вимірюється не в перерізах А та В (тобто не  $P_a - P_b$ ), а безпосередньо до та після звужуючого пристрою (перепад  $\Delta P = P_1 - P_2$ ). Ці перепади відрізняються по значенню. Відношення цих перепадів  $\psi = (P_a - P_b) / (P_1 - P_2)$ , тоді рівняння (2.50) буде мати вигляд

$$V_6 = \sqrt{\frac{\psi}{\zeta + k_b - k_a \mu^2 m^2}} \times \sqrt{\frac{2}{\rho}} (P_1 - P_2). \quad (2.51)$$

Враховуючи, що  $Q_m = \rho V_6 F_6 = \rho V_6 \mu F_0$ , отримаємо кінцевий вигляд рівняння для масових витрат

$$Q_m = \mu \sqrt{\psi F_0} \sqrt{2 \rho (P_1 - P_2)} / \sqrt{\zeta + k_b - k_a \mu^2 m^2} = \alpha F_0 \sqrt{2 \rho (P_1 - P_2)}. \quad (2.52)$$

Величина  $\alpha = \mu \sqrt{\psi} / \sqrt{\zeta + k_b - k_a \mu^2 m^2}$  називається *коефіцієнтом витрат*. Для об'ємних витрат справедливе рівняння  $Q_o = Q_m / \rho$ .

Вищенаведені формули справедливі для нестисливих рідин. Завдяки зміні тиску при проходженні рідини через звужуючий пристрій густина змінюється, тому для такого випадку це враховується множителем  $\varepsilon$  на розширення середовища. Для масових витрат буде мати місце вигляд

$$Q_m = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2 \rho (P_1 - P_2)}, \quad (2.53)$$

де:  $\rho$  - густина середовища в перерізі А (тобто до звужуючого пристрою).

Формули (2.52), (2.53) є основними формулами для розрахунку витратомірів зі звужуючими пристроями. Вони годяться для нестисливих ( $\varepsilon = 1$ ) та стисливих середовищ. При використанні цих формул слід знати, що значення  $\rho$ ,  $F_0$ ,  $\alpha$  та  $\varepsilon$  не повинні бути залежними від витрат. Тоді вони можуть бути записані у вигляді

$$Q_m = k_m \sqrt{\Delta P}, \quad Q_o = k_o \sqrt{\Delta P}. \quad (2.54)$$

де:  $k_m$ ,  $k_o$  - постійні коефіцієнти.

Слід зазначити, що існуючі конструкції звужуючих пристроїв можуть забезпечити постійне значення коефіцієнта витрат  $\alpha$  тільки в певному інтервалі швидкості рідини ( або в певному інтервалі значень чисел  $Re$  ). На рис.2.14 представлено графічні залежності  $\alpha = \varphi ( Re )$ .

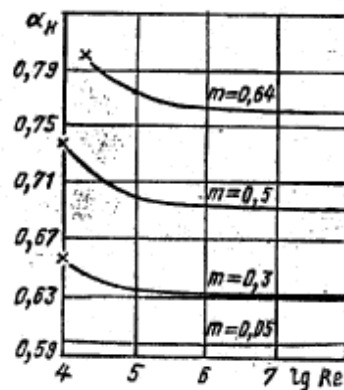


Рис.2.14. Графік залежності  $\alpha = \varphi ( Re )$ .

Для практичного використання формул для підрахунку витрат слід брати до уваги наступні залежності

$$Q_m = 0,01252 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\rho \Delta P} = 0,01252 \alpha \varepsilon m D^2 \sqrt{\rho \Delta P}; \quad (2.55)$$

$$Q_o = 0,01252 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\Delta P / \rho} = 0,01252 \alpha \varepsilon m D^2 \sqrt{\Delta P / \rho}; \quad (2.56)$$

Величини, що входять до цих формул, мають такі розмірності:  $d$ , мм;  $\Delta P$ , кгс/м<sup>2</sup>;  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>;  $Q_m$ , кг/г;  $Q_o$ , м<sup>3</sup>/г.

Існують різні за конструкцією способи відбору тиску: фланцевий та кутовий [ 4 ].

Рівняння витрат ( 2.55 ) та ( 2.56 ) показують, що значення витрат є результатом непрямих вимірів. Тому похибка виміру витрат може бути визначена у відповідності до виразу ( 2.20 ), якщо відомі всі складові похибок величин, що входять до формул витрат. Так, по відомим значенням середньоквадратичних відхилень  $\sigma_\alpha$ ,  $\sigma_\varepsilon$ ,  $\sigma_d$ ,  $\sigma_\rho$ ,  $\sigma_{\Delta P}$  можна визначити середньоквадратичну похибку виміру масової витрати при відсутності кореляційної залежності між похибками  $\sigma_i$  за формулою

$$\sigma_{Q_m} = \sqrt{[(\partial Q_m / \partial \alpha) \sigma_\alpha]^2 + [(\partial Q_m / \partial \varepsilon) \sigma_\varepsilon]^2 + [(\partial Q_m / \partial d) \sigma_d]^2 + [(\partial Q_m / \partial \rho) \sigma_\rho]^2 + [(\partial Q_m / \partial (\Delta P)) \sigma_{(\Delta P)}]^2}. \quad (2.57)$$

Формула ( 2.57 ) подана в загальному вигляді. Для конкретного її використання треба прийняти ряд допущень, які розглядаються в літературі [ 4 ].

Крім витратомірів змінного перепаду тисків застосовуються витратоміри *постійного перепаду тисків* - *ротаметри*. Вони використовуються для виміру невеликих значень витрат - води в діапазоні 0,04...16 м³/год, повітря (газів) - 0,063...40 м³/год. Їх встановлюють на вертикальних ділянках трубопроводів діаметром 4...100 мм. В простому вигляді *ротаметр* уявляє собою вертикальну конічну (що розширяється вгору) скляну трубу 1 (рис.2.15), в середині якої міститься поплавець 2.

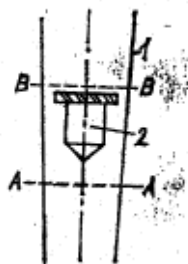


Рис.2.15. Ротаметр

Через трубу пропускається середовище, що контролюється (знизу – вгору), при цьому поплавець підіймається на певну висоту і при сталому значенні витрат залишається в підвищеному стані. Поплавець сконструйовано таким чином, що він центрується по вісі труби і уникається його тертя о стінки. Між бортиком поплавця та стінкою трубки існує кільцевий зазор  $f_k$ , в якому рідина, що проходить стискається, завдяки чому виникає різниця тисків між  $P_1$  в перерізі AA до початку звуження і тиском  $P_2$  в найбільш вузькому перерізі BB кільцевої струмини. Принцип дії ротаметра оснований на врівноваженні при різних витратах сили тяжіння поплавця силами, що діють на нього зі сторони рідини. Вертикальне положення поплавця однозначно пов'язано з витратами (на скляній трубці є шкала). Рівняння витрат для ротаметру має вигляд

$$Q_0 = \alpha f_k \sqrt{2gv (\rho_p - \rho) / \rho f}, \quad (2.58)$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт витрат;  $\rho_p$  та  $\rho$  – густина поплавця та рідини;  $f_k, f$  – площа перерізу кільцевого зазору (BB) та в перерізі AA.

Ротаметри градуюють на два види середовищ: *рідину* та *гази*. Перші градують по *воді*, другі - по *повітрю*. У разі використання таких ротаметрів для виміру інших середовищ необхідно їх показання помножити на поправочний множник  $k$ , який для різних випадків визначають:

- для випадку, коли значення в'язкості градуйовочної середи та вимірюваної дорівнюють одна другій

$$k = \sqrt{\rho_{гр} (\rho_p - \rho) / \rho (\rho_p - \rho)}, \quad (2.59)$$

де:  $\rho_{гр}$  та  $\rho$  градуйовочна та дійсна густина середовища;

- для газів ( $\rho \ll \rho_n$ )

$$k = \sqrt{\rho_{гр} / \rho}. \quad (2.60)$$

Похибки виміру витрат ротаметром можуть бути визначені через складові похибок окремих величин, що входять до формули (2.58) у відповідності до (2.20). Найбільший вплив на похибку справляє зміна коефіцієнта витрат  $\alpha$  (наприклад в разі зміни структури потоку), похибки визначення густини речовини, відміни геометричних розмірів поплавця та трубки від розрахункових. Ці похибки обумовлюють невисокий клас точності ротаметрів, який досягає 2,5. Похибка ротаметрів може бути зменшена за рахунок індивідуального градування для кожної конкретної речовини.

Існує клас *тахометричних витратомірів*. Це витратоміри, в яких швидкість руху робочого тіла пропорційна витратам середовища, що вимірюється. В більшості випадків робоче тіло - перетворювач витрат (турбінка, кулька і т.д.) - під впливом потоку рухається. В залежності від устрою тахометричні витратоміри поділяються на *турбінні*, *кулькові* та *камерні*. Вони можуть використовуватись як лічильники. В цьому випадку перетворювач витрат приєднан до лічильного механізму. Тахометричні витратоміри вимірюють об'ємні витрати. При необхідності вимірів масових витрат до них додається вимірювач густини та обчислювач.

*Турбінні витратоміри* використовують для виміру витрат різних рідин за виключенням дуже в'язких та забруднених. На рис.2.16 схематично показано устрій турбінного перетворювача. Корпус перетворювача 1 представляє собою відрізок труби з двома фланцями для приєднання до трубопроводу. Всередині корпусу встановлено випрямовувачі струмینی 2 та 3, що з'єднані нерухомою віссю, на який встановлена турбінка 4.

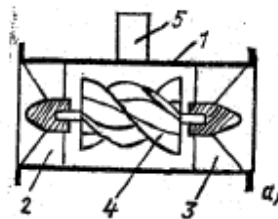


Рис.2.16. Турбінний перетворювач

В витратомірах частота обертів турбінки (пропорційна об'ємним витратам) за допомогою тахометричного перетворювача 5 перетворюється в частоту вихідної напруги електричного струму, а потім за допомогою спеціальної схеми - в аналоговий вихідний сигнал. Турбінки витратомірів можуть бути *аксіальними* та *тангенціальними*. Найбільша похибка турбінних витратомірів може досягнути 2,5%, найменша не перевищує 0,5%. Перевагою турбінних витратомірів є можли-

вість вимірювання витрат в широкому діапазоні ( $50 \cdot 10^{-10} \dots 2 \text{ м}^3/\text{с}$ ) на трубопроводах діаметром 4...750 мм при тиску до 250 МПа і температурі - 240...+700 °С.

*Кулькові витратоміри* - це витратоміри, в яких рухомих елементом є кулька. Кулька під дією попередньо закрученого потоку рухається по внутрішній поверхні труби по колоподібній траєкторії ( рис. 2.17 ).

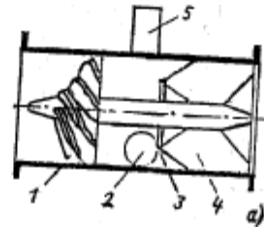


Рис.2.17. Схема кулькового витратоміра

Швидкість обертів кульки по колу прямо пропорційна витратам. Рідина, що закручена формувачем 1 в гвинтовому напрямку, викликає рух кульки 2 по колу. Від переміщення вздовж труби кулька утримується обмежувачем 3. За кільцем по ходу міститься випрямляч струмнини 4. На зовнішній стороні корпусу знаходиться тахометричний перетворювач потоку 5 для перетворення частоти обертів кульки в частотний електричний сигнал. Частота  $f$  імпульсів тахометричного перетворювача пов'язана зі швидкістю кульки  $V_k$  співвідношенням  $f = V_k / (2\pi r)$  ( $r$  – радіус обертання центру кульки). Швидкість потоку  $V$  пов'язана зі швидкістю кульки  $V_k$  залежністю  $S = (V - V_k) / V$  ( $S$  - коефіцієнт ковзання, що характеризує невідповідність  $V$  та  $V_k$ ). Враховуючи те, що швидкість потоку  $V$  пов'язана з об'ємними витратами  $Q_0$  виразом  $V = k Q_0$  ( $k$  – коефіцієнт пропорційності), остаточно можна записати

$$f = k Q_0 (1 - S) / (2\pi r). \quad (2.61)$$

Основна похибка виміру витрат кульковими витратомірами складає  $\pm (1,5 \dots 2,5\%)$ .

*Камерними* називають витратоміри, які мають один, або декілька рухомих елементів, що при русі відміряють певні об'єми рідини. Звичайно ці рухомі елементи рухаються безперервно зі швидкістю, що є пропорційною об'ємним витратам. На рис.2.18 наведена схема лічильника з овальними шестернями. В положенні шестерень ("а") під дією перепаду тисків  $p_1 - p_2$  виникає обертовий момент, що обертає ліву шестерню проти годинникової стрілки. Права шестерня при цьому буде веденою і за рахунок зубчатого зчеплення буде повертатись за часовою стрілкою. Через половину оберту шестерні стануть в положення "б". Обертовий момент буде на правій шестерні, ліва стає веденою. За повне обертання вимірювальні камери (на рисунку заштриховані) двічі заповнюються та опорожнюються, тобто за одне обертання об'єм рідини, що пропускається, дорівнює чотирьом об'ємам однієї вимірювальної камери. На

лічильний механізм передається рух однієї шестерні. Камерні лічильники мають високий клас точності – для рідини 0,5...1%, а для газів 1...1,5%.



Рис.2.18. Схема лічильника з овальними шестернями

Серед витратомірів певне місце займають *електромагнітні*. Принцип їх дії базується на законі електромагнітної індукції, у відповідності з яким в електропровідній рідині, що пересікає магнітне поле, індукується ЕРС, яка є пропорційною швидкості руху рідини. На рис.2.19 показана схема електромагнітного витратоміру.

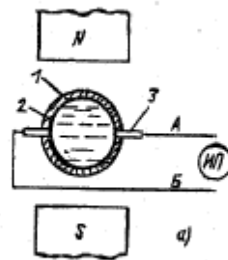


Рис.2.19.Схема електромагнітного витратоміру

Корпус 1 перетворювача виготовлено з немагнітного матеріалу і має внутрішню ізоляцію 2 (резина, емаль, фторопласт і т.д.). Він розташований між полюсами магніту. Через стінку труби ізольовано від неї по діаметру заведено електрод 3, що має електричний контакт з рідиною. Силкові лінії магнітного поля направлені перпендикулярно площині, що проходить через вісь труби та лінію електродів. У відповідності із законом електромагнітної індукції між електродами буде наводитись ЕРС

$$E = B D v, \quad (2.62)$$

де:  $B$  - індукція магнітного поля;  $D$  – довжина рідинного провідника (дорівнює діаметру труби).

Враховуючі, що  $Q_0 = v (\pi D^2/4)$ , отримаєм

$$E = 4 B Q_0 / \pi D. \quad (2.63)$$

З цього витікає, що ЕРС “ $E$ ” є прямо пропорційною вимірюваним об’ємним витратам. Електромагнітні витратоміри мають клас точності 1 та 1,5. Вони мають недоліки, які стосуються обмеження електропровідності рідини, що вимірюється.

Останнім часом досить широкого застосування отримали ультразвукові витратоміри. Ультразвуковий метод виміру витрат базується на залежності швидкості ультразвука відносно труби від швидкості потоку. На рис. 2.20 показано схему ультразвукового витратоміру, що має випромінювання перпендикулярне потоку.

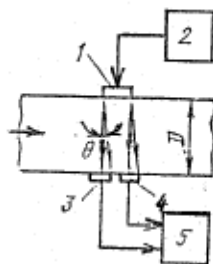


Рис.2.20. Схема ультразвукового витратоміру

Основним елементом перетворювачів ультразвукових витратомірів є випромінювачі та приймачі ультразвукових коливань. Ультразвукові коливання, що попадають на приймач, викликають його механічну деформацію у вигляді періодичних стискань та розтягнень, які перетворюються в перемінну електричну напругу. П'єзоелемент 1, що збуджується генератором 2, створює ультразвукові коливання, які направлені перпендикулярно вісі труби. Зі зміною середньої швидкості потоку  $V_{cp}$  ультразвуковий промінь відхиляється в напрямку швидкості  $V$ . Кут відхилення променя  $\Theta$  визначається як

$$\Theta = \arcsin ( V_{cp}/C ), \quad (2.64)$$

де:  $C$  — швидкість ультразвуку в нерухомому середовищі.

Лінійне відхилення променя у приймача п'єзоелементів 3 та 4  $\delta = D \tg \Theta \approx D( V_{cp}/C )$ . Із збільшенням  $V_{cp}$ , кількість енергії, що поступає на п'єзоелемент 3, зменшується, а на п'єзоелемент 4 - збільшується, що збільшує в цілому різницю сигналів, яка підсилюється в підсилювачі 5. В сучасних ультразвукових витратомірах похибка не перевищує 1%, а в спеціальних конструкціях - не більше 0,3%.

Вимір *витрат і кількості теплоти* відіграє велику роль в автоматизації систем теплопостачання, що в свою чергу заощаджує теплову енергію. Прилад, що вимірює кількість теплоти, перенесеної теплоносієм за одиницю часу, називається *теплотміром*. В теплоенергетиці можуть вимірюватись *витрати теплоти* з потоком теплоносія (теплова потужність

потока ), або *кількість теплоти*, що виробляється або споживається різними установками. В першому випадку витрати  $q$  визначаються через масові витрати  $Q_m$  та ентальпію  $i$  потоку у відповідності відомому виразу

$$q = Q_m i, \quad ( 2.65 )$$

Тепломіри, що реалізують цей вираз отримали назву *тепломіри потоку*.

В другому випадку витрати теплоти можуть бути визначені як різниця теплових потужностей на вході і на виході установки

$$q = ( Q_m i )_{\text{вх}} - ( Q_m i )_{\text{вих}}, \quad ( 2.66 )$$

Тепломіри, що реалізують цей вираз мають назву *тепломіри різниці*.

За умов, що витрати теплоносія на вході та на виході однакові будемо мати

$$q = Q_m (i_{\text{вх}} - i_{\text{вих}}), \quad ( 2.67 )$$

де:  $i_{\text{вх}}$  та  $i_{\text{вих}}$  - ентальпія теплоносія ( підраховується окремо ) на вході та на виході з установки.

Функціональна схема теплолічильника подана на рис.2.21. Від складається з витратоміра 1, двох термометрів опору 3 та 4, перетворювача сигналу з витратоміру 2, обчислювального модулю 5 та показуючого пристрою 6. Обчислювальний модуль 5 сприймає електричні сигнали з термометрів та витратоміра, обробляє їх за формулою ( 2.67 ) та видає результати обчислень ( показання ).

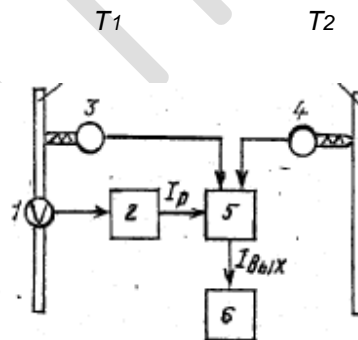


Рис.2.21. Функціональна схема теплолічильника

Існує багато комбінацій застосування наведеної схеми тепломіра в залежності від потреб.

## Лекція №3

### 3.Управління якістю продукції.

#### 3.1.Елементи системи якості, фінансові аспекти

системи якості, визначення якісних показників продукції, управління якістю продукції, система та принципи управління, сертифікація продукції, державний і відомчий контроль якості і випробування продукції, атестація продукції

В умовах ринкових відносин якість забезпечується і гарантується підприємством. А якщо вона не забезпечується і не гарантується - підприємство гине: автоматично забезпечує це той же ринок із збалансованим попитом та пропозицією. В 60-70-і роки вважали, що для успіху виробника достатньо, щоб продукції було багато і вона була дешевою. В 80-і роки стало очевидним, що виникла конкуренція не цін, а якості: 80% покупців приймали рішення про покупку, звертаючи увагу в першу чергу на якість продукції. Таким чином, конкурентноспроможною могла стати лише продукція, яка мала, при інших рівних умовах, меншу виробничу собівартість і вищу якість.

Проблема забезпечення якості турбує весь світ. Методичною її основою є так звана "петля якості" [ 5 ], яка в класичному варіанті має такий вигляд ( рис.3.1 )

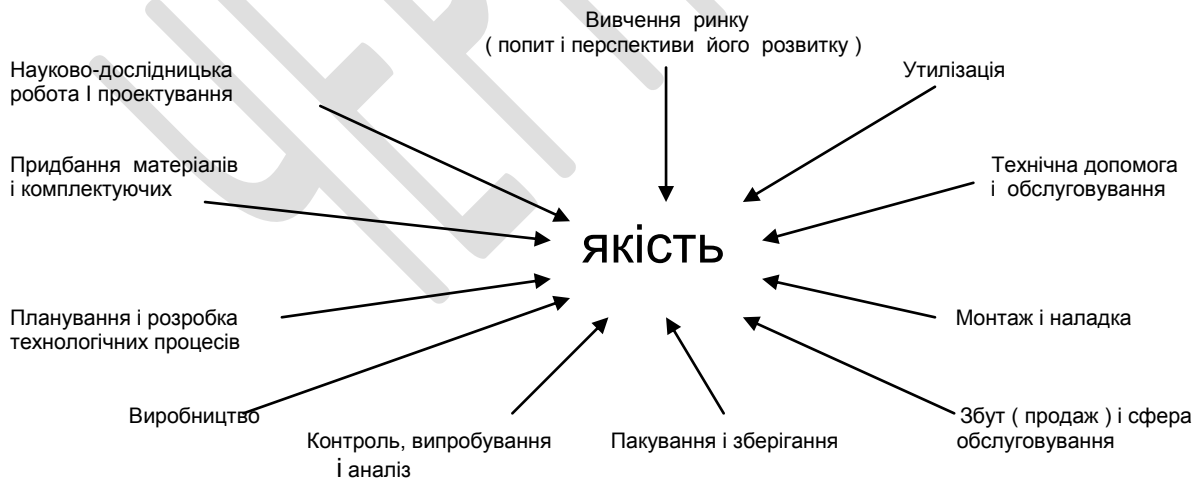


Рис.3.1. "Петля якості", або етапи, на яких забезпечується якість

На якість продукції впливає значна кількість факторів, які діють як самостійно, так і в взаємному зв'язку між собою, як на окремих етапах життєвого циклу продукції, так і на протязі всього циклу від початку розробки до кінця експлуатації. Всі впливаючі фактори поділені на чотири групи: *технічні, організаційні, економічні та суб'єктивні*.

До *технічних* факторів належать: конструкція, схема послідовного зв'язку елементів, система резервування, схемні вирішення, технологія виготовлення, засоби технічного обслуговування і ремонту, технічний рівень бази проектування, виготовлення, експлуатації та інші.

До *організаційних* факторів належать: розподіл праці і спеціалізація, форми організації виробничих процесів, ритмічність виробництва, форми і методи контролю, порядок пред'явлення і здачі продукції, форми і способи транспортування, зберігання, експлуатації (споживання), технічного обслуговування, ремонту та інші. Організаційним факторам, на жаль, ще не приділяється стільки уваги, скільки технічним, тому дуже часто добре спроектовані і виготовлені вироби в результаті поганої організації виробництва, транспортування, експлуатації і ремонту достроково втрачають свою високу якість.

До *економічних факторів* належать: ціна, собівартість, форми і рівень зарплати, рівень затрат на технічне обслуговування і ремонт, ступінь підвищення продуктивності суспільної праці та інше. Економічним факторам властиві контрольно-аналітичні і стимулюючі властивості. До перших відносять такі, що дозволяють виміряти: затрати праці, засобів, матеріалів на досягнення і забезпечення певного рівня якості виробів. Дія стимулюючих факторів приводить як до підвищення рівня якості, так і до його зниження. Найбільш стимулюючими факторами є ціна і зарплата. Правильно організоване ціноутворення стимулює підвищення якості. При цьому ціна повинна покривати всі витрати підприємства на заходи по підвищенню якості і забезпечувати необхідний рівень рентабельності. В той же час вироби з більш високою ціною повинні бути високої якості. Існує помилкова думка, що більш висока якість обходиться дорожче. Але аналітичний погляд на механізм створення якості і процеси виробництва показав, що висока якість не завжди коштує дорожче. Вкладання коштів в наукові дослідження і дослідні розробки може дати в результаті досить помітне підвищення якості продукції при одночасному зниженні собівартості продукції. Це широко продемонстровано в Японії і на Заході на всьому діапазоні промислових товарів масового виробництва: комп'ютери, побутова електротехніка і побутові прилади. За останні два десятиріччя якість цих виробів помітно поліпшилась, а вартість впала.

В забезпеченні якості значну роль відіграє людина з її професійною підготовкою, фізіологічними і емоціональними особливостями, тобто мова йде про *суб'єктивні фактори*, які по-різному впливають на розглянуті вище фактори. Від професійної підготовки людей, які зайняті проектуванням, виготовленням і експлуатацією виробів, залежить рівень використання технічних факторів. Але якщо в процесі функціонування технічних факторів роль суб'єктивних слабшає, тому що на цій стадії процес проходить з використанням сучасної техніки і технології, яка максимально звільняє технологічний процес від участі людини, то в організаційних факторах суб'єктивний елемент відіграє вже значну роль, особливо коли мова заходить про способи і форми експлуатації і споживання виробів.

Із різноманітних характеристик якості продукції виділяється сукупність властивостей, які обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби. Кожна окрема властивість продукції – це об'єктивна особливість, яка може виявити себе при її створенні, обігу та споживанні, і характеризується певними показниками.

З метою оцінки *рівня якості* вся промислова продукція поділена на два класи і п'ять груп [ 5 ]:

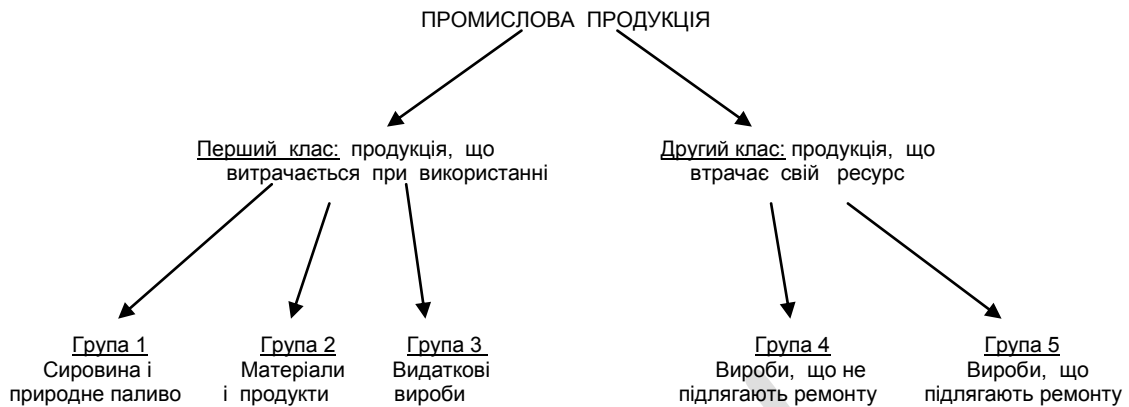


Рис.3.2. Класифікація промислової продукції

Така класифікація промислової продукції необхідна для:

- вибору номенклатури показників певної групи продукції;
- визначення сфери використання продукції;
- обґрунтування можливості вибору конкретного виробу або кількох виробів як базових зразків;
- створення системи державних стандартів на номенклатуру показників якості продукції.

Показники якості продукції в залежності від характеру вирішуваних задач по оцінці рівня якості продукції класифікуються таким чином [ 5 ].

1. В залежності від *властивостей*, що характеризуються, - на показники призначення; надійності ( безвідказності, довговічності, ремонтноздатності, збереження); ергономічні; естетичні; показники технологічності; транспортабельності; стандартизації і уніфікації; патентно-правові; безпеки і економічні.

2. В залежності від *способу вираження* - на показники, що виражені в натуральних одиницях ( кг, м, бали, безрозмірні ), і показники, що виражені в вартісних одиницях.

3. В залежності від *кількості властивостей*, що характеризуються, - на одиничні і комплексні ( групові, узагальнені та інтегральні ).

4. В залежності від *використання для оцінки* на базові і відносні.

5. В залежності від *стадії визначення значень* показників - на прогнозовані, проектні, виробничі і експлуатаційні.

Номенклатура показників якості продукції встановлює перелік кількісних характеристик її властивостей, що визначають якість. Її вибирають з урахуванням:

- призначення і умов використання продукції;
- складу і структури характеризованих властивостей;
- вимог споживачів до якості ( результатів вивчення попиту );
- досягнутого рівня якості продукції і завдань управління якістю;
- основних вимог до показників якості.

Якість продукції кількісно визначається:

- технічним рівнем продукції;

- рівнем якості виготовлення продукції;
- рівнем якості продукції в експлуатації або споживанні.

Під технічним рівнем продукції розуміють відносну характеристику якості продукції, основану на співставленні значень показників, які характеризують технічну довершеність продукції, що оцінюється, у відповідності з базовими значеннями.

Для знаходження значень показників якості продукції використовуються дві групи методів: за способами одержання інформації і за джерелами одержання інформації.

В залежності від *способу одержання інформації* методи поділяються на: *вимірювальний, реєстраційний, органолептичний і розрахунковий*.

*Вимірювальний* метод ґрунтується на використанні інформації, яку одержують з використанням технічних вимірювальних засобів. Він найбільш поширений.

*Реєстраційний* метод ґрунтується на використанні інформації, яку одержують шляхом підрахунку кількості подій, предметів або затрат на створення, експлуатацію продукції, кількість частин складного виробу ( стандартних, уніфікованих, захищених авторським свідоцтвом тощо ). Цим методом визначають показники уніфікації, патентно-правові тощо.

*Органолептичний* метод ґрунтується на використанні інформації, яку одержують за допомогою органів чуття: зору, слуху, нюху, дотику, смаку. При цьому значення показників знаходять методом аналізу одержаних відчуттів на основі колишнього досвіду і виражають в балах.

*Розрахунковий* метод ґрунтується на використанні інформації, яку одержують за допомогою теоретичних або емпіричних залежностей. Цим методом користуються в основному при проектуванні продукції, коли остання ще не може бути об'єктом експериментальних досліджень або випробувань. Ним можна користуватися для визначення показників продуктивності, довговічності, ремонтноздатності виробу тощо.

В залежності від *джерела інформації* методи знаходження значень показників якості продукції поділяються на: *традиційні, експертні, соціологічні*.

При *традиційному* методі знаходження значень показників якості здійснюються спеціалістами лабораторій, конструкторських відділів, обчислювальних центрів тощо, при проведенні випробувань виробів.

При *експертному* методі знаходження значень показників якості здійснюють групи спеціалістів-експертів, які, як правило, користуються експертним методом одержання інформації про якість продукції. Цим методом користуються у випадках, коли значення показників якості не можуть бути отримані більш об'єктивними методами.

При *соціологічному* методі знаходження значень показників якості здійснюється шляхом вивчення попиту фактичних або потенціальних споживачів продукції за допомогою усних опитувань або спеціальних анкет.

При необхідності значення показників якості знаходять з використанням кількох розглянутих методів.

Визначення числових значень показників якості, а також значень базових і відносних показників є одною з найважливіших операцій оцінки рівня якості продукції і, як правило, вимагає використання статистичних методів. Необхідність їх використання пояснюється тим, що, як

правило, значення показників якості є *випадковими* числами, в процесі виготовлення і споживання продукції на неї діє значна кількість випадкових факторів.

В Держстандарті України існує технічний комітет ТК 93 "Управління якістю і забезпечення якості", який безпосередньо відповідає за розробку системи стандартів з якості продукції. Впровадження систем управління якістю продукції згідно вимог щодо цих систем (ДСТУ ISO 9001-2001) повинне бути стратегічним рішенням найвищого керівництва організації. На розроблення і впровадження організацією системи управління якістю впливають зміна потреб, конкретні цілі, продукція, яку постачають, застосовувані процеси, а також розмір та структура організації. Вказаний стандарт ґрунтується на восьми принципах управління якістю. Проте він не спрямований на установаження однаковості ні в структурі систем управління якістю, ні в документації.

*Метою організації є:*

- результативне та ефективне встановлення і задоволення потреб та очікувань своїх замовників та інших зацікавлених сторін (працівників організації, постачальників, власників, суспільства) для досягнення конкурентної переваги;
- досягнення, підтримування та поліпшення загальних показників діяльності організації та її спроможностей.

Застосування принципів управління якістю не лише забезпечує безпосередні переваги, але також робить важливий внесок в управління витратами та ризиками. Міркування керівництва щодо переваг, витрат та ризику є важливими для організації, її замовників та інших зацікавлених сторін. Ці міркування щодо загальних показників діяльності організації можуть впливати на:

- прихильність замовників;
- стабільність ділової активності та відгуки про організацію;
- результати господарської діяльності, такі, як доходи та ринкова частка;
- гнучкість та швидкість реагування на зміни ринкової ситуації;
- витрати та тривалість циклу завдяки результативному та ефективному використанню ресурсів;
- встановлення послідовності процесів, завдяки яким краще можна досягти бажаних результатів;
- конкурентну перевагу завдяки поліпшенню спроможностей організації;
- розуміння та мотивацію працівників цілей та завдань організації, а також участь у процесі постійного поліпшення;
- впевненість зацікавлених сторін у результативності та ефективності організації, доведених фінансовими та соціальними вигодами, підтверджених показниками діяльності організації, життєвим циклом продукції та репутацією;
- здатність створювати цінності як для організації, так і для її постачальників завдяки витрат та ресурсів, а також гнучкості та швидкості спільного реагування на зміни ринкової ситуації.

До вищевказаних восьми принципів управління якістю належать:

а) *Орієнтація на замовника*. Організації залежать від своїх замовників і тому повинні розуміти поточні та майбутні потреби замовників, виконувати їхні вимоги і прагнути до перевищення їхніх очікувань.

б) *Лідерство*. Керівники встановлюють єдність мети та напрямів діяльності організації. Їм слід створювати та підтримувати таке внутрішнє середовище, в якому працівники можуть бути повністю залучені до виконання завдань, що стоять перед організацією.

в) *Залучення працівників*. Працівники на всіх рівнях становлять основу організації, і їхнє повне залучення дає змогу використовувати їхні здібності на користь організації.

г) *Процесний підхід*. Бажаного результату досягають ефективніше, якщо діяльністю та пов'язаними з нею ресурсами управляють як процесом.

д) *Системний підхід до управління*. Ідентифікування, розуміння та управління взаємопов'язаними процесами як системою сприяє організації у результативнішому та ефективнішому досягненні її цілей.

е) *Постійне поліпшення*. Постійне поліпшення діяльності організації в цілому слід вважати незмінною метою організації.

ж) *Прийняття рішень на підставі фактів*. Ефективні рішення приймають на підставі аналізування даних та інформації.

и) *Взаємовигідні стосунки з постачальниками*. Організація та її постачальники є взаємозалежними, і взаємовигідні стосунки підвищують спроможність обох сторін створювати цінності.

Ці вісім принципів управління якістю формують основу стандартів на системи управління якістю, які входять до стандартів серії ISO 9000. Стандарти серії ISO 9000 розроблено для сприяння організаціям, незалежно від їх типу та чисельності працівників, у впровадженні та забезпеченні функціонування ефективних систем управління якістю.

ISO 9000 описує основні положення систем управління якістю і визначає термінологію для систем управління якістю.

ISO 9001 установлює вимоги до системи управління якістю, якщо організація потребує продемонструвати свою спроможність поставляти продукцію, що відповідає вимогам замовників і застосованих регламентів, а також прагне до підвищення задоволеності замовників.

ISO 9004 містить настанови щодо результативності та ефективності системи управління якістю. Метою цього стандарту є поліпшення показників діяльності організації, а також задоволення замовників та інших зацікавлених сторін.

ISO 19011 містить рекомендації щодо здійснення аудиту систем управління якістю і систем управління навколишнім середовищем.

Разом вони формують узгоджену серію стандартів на системи управління якістю, яка сприяє взаєморозумінню в національній та міжнародній торгівлі.

*Сертифікація продукції* є одним із важливих механізмів управління якістю, який дає можливість об'єктивно оцінити продукцію, надати споживачу підтвердження її безпеки, забезпечити контроль за відповідністю продукції вимогам екологічної чистоти, а також підвищити її конкурентоздатність. Основи сертифікації були закладені ще ООН, яка розробила і затвердила Основний міжнародно-правовий документ "Звід загальних керівних принципів ООН щодо захисту інтересів споживачів". В Україні робота з сертифікації стала проводитись після виходу

постанови Кабінету Міністрів № 95 від 27.02.92 р. та Декрету Кабінету Міністрів "Про стандартизацію і сертифікацію" № 99 (599) від 29.05.93 р. У відповідності з цими документами були розроблені перші нормативні документи системи сертифікації УкрСЕПРО.

Доцільність економічних і торгових зв'язків між країнами СНД сприяла тому, що 13.02.93 р. між ними була підписана угода про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації, згідно з якою особлива увага приділяється розробці і погодженню принципів та політики проведення робіт з сертифікації в державах СНД і взаємному визнанні результатів випробувань. Зараз в Україні діють нормативні документи державної системи сертифікації УкрСЕПРО, нормативні документи комерційної системи сертифікації СовАск та нормативні документи системи сертифікації CERTEX, яка поширюється на добровільну сертифікацію продукції.

Перші нормативні документи системи сертифікації УкрСЕПРО розроблено в 1993 році і введено в дію наказом Держстандарту України від 30.06.93 р. №94. Система встановлює основні принципи, структуру та правила Української державної системи сертифікації продукції, процесів і послуг ( надалі - продукції ), призначена для проведення обов'язкової та добровільної сертифікації продукції і є відкритою для вступу до неї органів з сертифікації та випробувальних лабораторій інших держав і доступу до неї будь-яких підприємств і організацій. Система передбачає, що сертифікація на відповідність обов'язковим вимогам нормативних документів та вимогам, що передбачені чинним законодавством України, проводиться виключно в ній. Система створена у відповідності до міжнародних нормативних документів ISO/IEC і передбачає такі взаємопов'язані види діяльності:

- сертифікацію продукції ( процесів, послуг );
- сертифікацію системи якості;
- атестацію виробництва;
- акредитацію випробувальних лабораторій ( центрів );
- акредитацію органів з сертифікації продукції;
- акредитацію органів з сертифікації систем якості;
- атестацію експертів-аудиторів за переліченими видами діяльності.

Загальне керівництво системою, організацію та координацію робіт з сертифікації здійснює Держстандарт України - Національний орган з сертифікації, а його функції безпосередньо виконує Управління сертифікації Держстандарту. В таблиці 3.1 наведено схеми сертифікації продукції в системі УкрСЕПРО.

Таблиця 3.1 - Схеми ( модулі ) сертифікації продукції в системі УкрСЕПРО

Серійність продукції, що сертифікується	Обов'язковість проведення робіт щодо продукції, яка сертифікується з				Документи, що видаються органом з сертифікації продукції
	атестації її виробництва	сертифікації системи якості її виробництва	її випробувань з метою сертифікації	технічного нагляду за її виробництвом	
Одиничний виріб	Не проводиться	Не проводиться	Проводиться по кожному виробу	Не проводиться	Сертифікат відповідності по кожному виробу
Партія продукції (виробів)	Проводиться якщо вирішено органом з сертифікації та заявником	-	Проводиться на зразках, що відібрані в порядку і в кількості, що встановлені органом з сертифікації	Проводиться тільки при наявності угоди між замовником та органом з сертифікації щодо атестації виробництва	Сертифікат відповідності на партію продукції (виробів) з наведенням розміру сертифікованої партії
Продукція, що випускається серійно	Не проводиться	-	Проводяться первісні випробування на зразках, відібраних в порядку та кількості, що встановлені органом з сертифікації	Проводиться через випробування зразків продукції з періодичністю, в обсязі та в порядку, встановлених органом з сертифікації	Сертифікат відповідності з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою
Продукція, що випускається серійно	Проводиться	Не проводиться	Теж саме	Проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою з урахуванням терміну дії атестату виробництва
Продукція, що виготовляється серійно	Проводиться	Проводиться органом з сертифікації системи якості	Теж саме	Теж саме	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється
Продукція, що випускається серійно і кожна одиниця якої підлягає контролю за технологічним процесом виробництва на відповідність усім вимогам нормативного документу на відповідність	Не проводиться	Теж саме	Не проводиться	Теж саме	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою з урахуванням терміну дії сертифікату на систему якості

Основні положення з *сертифікації* продукції викладено в нормативних документах [ 7 ].

*Атестація виробництва* проводиться за ініціативою підприємства або на вимогу органу з сертифікації. Вона повинна передбачати отримання кількісної оцінки стабільності відтворення показників продукції. Для показників, що підтверджуються сертифікацією, повинна також передбачатись видача рекомендацій щодо оптимальної кількості зразків ( проб, виборок ), що випробуються з метою сертифікації, способів та правил їх відбору, а також правил і порядку проведення технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

Атестація виробництва в системі УкрСЕПРО проводиться органом з сертифікації продукції, а при його відсутності - організацією, що виконує його функції за дорученням Держстандарту України. Допускається здійснення атестації виробництва продукції органом з сертифікації системи якості, при цьому вся відповідальність за обґрунтованість видачі сертифі-

кату відповідності на продукцію, що випускається атестованим виробництвом, залишається за органом з сертифікації продукції або за організацією, що виконує його функції.

*Порядок здійснення робіт з атестації виробництва* в загальному випадку передбачає виконання таких етапів:

- подання заявки;
- попереднє оцінювання;
- складання програми та методики атестації;
- перевірка виробництва і атестація його технічних можливостей;
- технічний нагляд за атестованим виробництвом.

Подання заявки відбувається, якщо атестація запроваджується з ініціативи підприємства, яке складає заявку і направляє її до органу з сертифікації продукції разом з двома примірниками інструкції з атестації технічних можливостей та відомостями про виробництво відповідно до вимог [ 8 ]. Якщо атестація виробництва запроваджується за вимогою органів з сертифікації продукції, два примірники інструкції з атестації технічних можливостей та відомості про виробництво видаються до органу з сертифікації на його запит.

Попередня оцінка вміщує:

- експертизу вихідних матеріалів, виданих підприємством;
- складання висновку щодо готовності підприємства до запровадження атестації виробництва.

За результатами попередньої оцінки *складається висновок*, в якому показується *готовність підприємства до атестації* виробництва та доцільність проведення подальших етапів робіт, який підписує керівник комісії експертів.

Наступним етапом *є складання програми та методики атестації і їх затвердження* керівником органу з сертифікації продукції.

Далі проводиться *перевірка виробництва і атестація його технічних можливостей*. Основним завданням перевірки виробництва є оцінка відповідності інформації, що наведена у вихідних матеріалах, фактичному стану безпосередньо на підприємстві, а також проведення необхідних випробувань для атестації технічних можливостей виробництва. Перевірка здійснюється відповідно до затвердженої програми та методики атестації комісією експертів. За результатами перевірки складається звіт.

На підставі позитивних висновків комісії орган з сертифікації *оформляє сертифікат* виробництва відповідної форми, реєструє його в Реєстрі Системи і видає підприємству. Термін дії сертифікату встановлюється органом сертифікації, але не більше, як три роки.

*Технічний нагляд* за атестованим виробництвом здійснює орган з сертифікації протягом терміну дії атестату. За результатами технічного нагляду орган з сертифікації може *припинити* або *зупинити* дію атестату виробництва.

#### 4.Економічна ефективність стандартизації.

##### 4.1.Методичні положення з визначення

економічної ефективності стандартизації, розрахунки економічної ефективності стандартизації.

З метою правильного встановлення параметрів якості продукції і закріплення цих параметрів в нормативно-технічній документації необхідно здійснити розрахунки економічної ефективності стандартизації, оскільки величина економічного ефекта є важливим критерієм правильності прийнятих рішень. В розрахунках економічного ефекта стандартизації враховуються наслідки дії стандарту, що виникають впродовж всього життєвого циклу продукції - *проектуванні, виготовленні, споживанні або експлуатації*.

На стадії *проектування* враховують:

- покращення організації проектних робіт;
- багаторазове використання стандартної проектної документації;
- використання стандартних умовних графічних зображень;
- використання стандартних методик розрахунків;
- зменшення терміну погоджень технічної документації.

На стадії *виробництва* визначають:

- зменшення матеріалоємкості;
- зменшення трудоємкості;
- збільшення складових частин, що виготовлені на підприємствах спеціалізованого виробництва;
- уніфікацію;
- зменшення фондоємкості;
- зменшення енергоємкості;
- зменшення питомих умовно-постійних витрат на одиницю продукції в результаті збільшення виробництва.

На стадії *споживання або експлуатації* враховують такі фактори:

- зменшення витрат на транспортування та зберігання продукції;
- підвищення технічного рівня і якості продукції;
- необхідність заміни одним стандартним виробом ( одиницею продукції ) декількох;
- підвищення терміну служби виробу;
- збільшення надійності виробу;
- зменшення питомих витрат на експлуатацію продукції;
- зменшення чисельності обслуговуючого персоналу;
- зменшення вартості ремонтних робіт.

При визначенні економічної ефективності порівнюють *різні варіанти* технічних рішень ( продукції) по відповідних показниках. Для цієї мети встановлено наступну *номенклатуру основних груп показників*, що характеризують властивості продукції:

*призначення* - продуктивність, потужність, діапазон швидкості, маневреність, чутливість, вміст корисної речовини, допустима температура зовнішнього повітря;

*надійності* - безвідмовність, довговічність, ремонтпригодність, можливість зберігання;

*ергономічні* - виражають гігієнічні, антропометричні, фізіологічні і психічні властивості людини в системі "людина – виріб";

*естетичні* - стильова відповідність моді, функціонально-конструктивне пристосування, кольоровий колорит, щільність покриття та обробка поверхні, чистота виконання зчленування, округлень сполучень, чіткість виконання фірмових знаків, показників та упаковок;

*технологічності* - трудомісткість виготовлення, технологічна собівартість, відносна трудомісткість підготовки виробу до функціонування, питома вартість ремонтів;

*транспортбельності* - середня трудомісткість або тривалість підготовки продукції до транспортування або розвантаження, коефіцієнт використання об'єму засобу транспортування;

*стандартизації та уніфікації* - коефіцієнти застосування, повторювання, взаємної уніфікації;

*патентно-правові* - патентної захищеності, патентної чистоти, територіальної розповсюдженості;

*екологічні* - вміст шкідливих речовин, що викидається в оточуюче середовище, імовірність викидів в оточуюче середовище шкідливих часток, газів, випромінювання при збереженні, транспортуванні, експлуатації або споживанні продукції;

*безпеки* - імовірності безвідмовної роботи, часу спрацьовування захисних пристроїв, електрична міцність ізоляції струмопровідних частин виробів до яких може доторкатись людина.

Для визначення значень *показників якості виробу* використовуються різні методи - виміри з допомогою технічних засобів, розрахункові, експертні. Оцінка *рівня якості* базується на порівнянні значень *показників якості продукції*, що оцінюється із значеннями відповідних показників продукції, що прийнята за базу порівняння. В якості *базової* може використовуватись як *реально існуюча* продукція, так і *гіпотетична*, для якої встановлені вимоги, що містять всі необхідні показники якості.

В *роботах зі стандартизації* виділяють три етапа наукових досліджень: *науково-дослідна робота*, що є *попередньою* перед розробкою стандарту; *розробка стандарту*; *впровадження стандарту*. Виходячи з цього, *доля ефекту*, що падає безпосередньо на роботи зі стандартизації в загальному економічному ефекті, враховує два фактори - витрати і коефіцієнти вагомості - і може бути визначена за формулою

$$D_i = B_i \cdot R_i / \sum B_i \cdot R_i, \quad (4.2)$$

де:  $B_i$  – витрати певного етапу;  $R_i$  - коефіцієнт вагомості цього етапу.

Коефіцієнти вагомості етапів поділяють так: для науково-дослідних та дослідно- конструкторських робіт – 5 ( 50% ); розробка стандарту – 4 ( 40% ); впровадження стандарту – 1 ( 10 % ). Таким чином економічний ефект від стандартизації, що припадає на конкретний стандарт, можна визначити

$$E_{cm} = D_i \cdot E_{\Sigma}, \quad (4.3)$$

де:  $E_{\Sigma}$  – сумарний економічний ефект від заходів.

Величина *річного економічного ефекту* від застосування нової продукції або продукції покращеної якості представляє собою різницю *приведених витрат базової та нової моделі* з урахуванням раціонального терміну служби.

Економічний ефект підраховується окремо від кожного конкретного заходу зі стандартизації.

Економія від підвищення рівня *стандартизації і уніфікації* виникає за рахунок різниці вартості ( $\Delta B$ ) *оригінальних і стандартних* складових виробу, яка підраховується за формулою

$$\Delta B = P \cdot t \cdot K, \quad (4.4)$$

де:  $P$  – вартість однієї нормо-години;  $t$  – час виготовлення однієї оригінальної деталі;  $K$  – коефіцієнт, що враховує зниження трудоемкості виготовлення деталей за рахунок підвищення рівня стандартизації.

За даними машинобудівних заводів коефіцієнт  $K$  для деталей дорівнює: покупних – 0,2; стандартних – 0,44; запозичених – 0,6; уніфікованих – 0,8.

Економія за рахунок *оптимізації параметричного ряду* деталі виробу виникає завдяки зменшенню кількості типорозмірів, при якому витрати на виготовлення та експлуатацію – мінімальні. У разі прийнятого нормального ряду, наприклад  $R 10$ , необхідно підрахувати – як зменшуються річні витрати для ряду  $R 5$  при розрідженні, або для ряду  $R 20$  при збільшенні густини.

Економія від застосування *уніфікованих* виробів виникає на різних стадіях:

при *проектуванні і підготовці виробництва* – за рахунок використання раніш розроблених креслень на деталі, зборочні одиниці, технологічну оснастку тощо;

при *виробництві* – за рахунок скорочення кількості типорозмірів деталей, складальних одиниць, агрегатів та підвищення серійності їх виробництва;

при *експлуатації* – за рахунок підвищення вироботки, скорочення експлуатаційних витрат і зменшення собівартості одиниці продукції, що виготовляється на уніфікованій машині.

У відповідності з [9] відрізняють *розрахункову економічну ефективність* та *фактичну економічну ефективність*. Перша має місце при розробці планів робіт зі стандартизації для попередньої оцінки економічного ефекту, а друга – по *результатах випуску і експлуатації стандартної продукції*. Для підрахунків існує загальна формула

$$E = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] A_2, \quad (4.5)$$

де:  $E$  – економічна ефективність робіт зі стандартизації;  $C_1, C_2$  – собівартість одиниці продукції або роботи до та після стандартизації;  $K_1, K_2$  – питомі капітальні вкладення до та після стандартизації;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності;  $A_2$  – річний випуск продукції в натуральних одиницях.

Всі складові економічного ефекту від стандартизації в сфері *серійного виробництва* можуть бути зведені до двох основних джерел: *зменшенню собівартості продукції*, що виго-

товляється, та економії на *капітальних вкладеннях*. Стосовно окремих підприємств економічну ефективність підраховують за формулою:

$$E_n = (1 - \Pi_\partial)[A_2(\Pi_2 - C_2) - A_1(\Pi_1 - C_1)] - H_\Phi(K_2 - K_1) \quad (4.6)$$

де:  $E_n$  - річний госпрозрахунковий економічний ефект;  $\Pi_\partial$  – доля додаткового прибутку;  $A_1, A_2$  – випуск продукції до та після робіт зі стандартизації;  $\Pi_1, \Pi_2$  – ціна одиниці виробу відповідно до та після проведення стандартизації;  $C_1, C_2$  – собівартість одиниці продукції відповідно до та після проведення міроприємств зі стандартизації;  $K_1, K_2$  – величина виробничих фондів відповідно до та після робіт зі стандартизації;  $H_\Phi$  - норма оплати за виробничі фонди до їх вартості.

За допомогою цих розрахунків можна визначити зміну маси прибутку підприємства-виробника у зв'язку з проведенням робіт зі стандартизації.

Розподіл економічної ефективності по основних напрямках її утворення подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Розподіл економічної ефективності по напрямках її утворення

Напрямки утворення економічної ефективності	Доля ефекту, %
Науково-дослідні та конструкторські роботи	5,8
Матеріали	29,1
Трудоємкість	21,1
Транспорт	4,9
Фондоємкість	6,4
Якість	32,7

## Лекція №5

### 5. Організаційно-правові основи стандартизації

#### 5.1. Державний контроль за додержанням

стандартів, юридична відповідальність та інші заходи правового впливу за порушення законодавства із стандартизації, якості продукції і забезпечення єдності вимірів

Своєчасне впровадження прогресивних державних стандартів на підприємствах стимулює систематичне підвищення якості продукції та економічний ефект. Затримка впровадження стандартів, або недотримання їх вимог призводить до значних матеріальних втрат.

Впровадження стандарту – це реалізація заходів, які забезпечують дотримання вимог стандарту у відповідності до сфери його застосування і меж дії. Для забезпечення впрова-

дження державних стандартів відповідні відомства затверджують плани організаційно-технічних заходів. Ці плани повинні передбачати:

- перегляд ( якщо необхідно ) нормативно-технічних документів, що пов'язані із впровадженням стандарту;
- розробку нової конструкторської документації та технологічної документації, або переробку діючої документації;
- організацію нових виробництв або реконструкцію існуючих;
- проектування, виготовлення та поставка обладнання, оснастки та комплектуючих;
- виготовлення та поставку необхідної сировини, матеріалів та полуфабрикатів.

Після затвердження державного стандарту міністерство-розробник відправляє план міроприємств по його впровадженню всім зацікавленим відомствам, які розробляють відповідні плани впровадження. Ці плани доводяться до безпосереднього виробника, який розробляє власні міроприємства. До моменту введення стандарту на відповідному підприємстві повинні бути закінчені всі необхідні підготовчі роботи, приведена у відповідність вся необхідна технічна та нормативна документація ( стандарти, креслення, карти технологічного процесу, виробничі інструкції, інструкції по контролю та іспитам ), підготовлено технологічне обладнання та інструмент і т.д.

Методичне управління за впровадженням стандарту покладається на базові організації зі стандартизації та організацію-розробника.

Контроль за впровадженням та дотриманням стандартів передбачає глибоке вивчення стану виробництва, виявлення причин затримки впровадження стандартів та їх усунення шляхом розробки та проведення організаційно-технічних міроприємств. Державний нагляд за впровадженням та дотриманням стандартів, за станом та застосуванням засобів виміру, додержанням метрологічних правил, за роботою відомчих служб стандартизації та метрологічних служб здійснює Держстандарт України, його науково-дослідні інститути та конструкторські бюро.

*Державному нагляду* підлягають всі підприємства та організації, що пов'язані з плануванням, проектуванням та виробництвом продукції.

*Державний нагляд* за впровадженням та додержанням стандартів проводиться поетапно:

- 1-й етап – перевірка наявності інформації про затвердження стандарту, наказів по впровадженню стандарту, плану організаційно-технічних заходів по підготовці виробництва до випуску продукції у відповідності з вимогами нового стандарту;
- 2-й етап – перевірка виконання плану організаційно-технічних заходів по впровадженню стандарту. На цьому етапі перевіряють забезпеченість підприємства необхідною сировиною, основним та допоміжним обладнанням, технологічною оснасткою, технічною документацією для введення стандарту;
- 3-й етап – перевірка забезпечення випуску продукції за новим стандартом. На цьому етапі перевіряють відповідність стандарту конструкторської та технологічної документації для виробництва нової продукції, перевірку додержання підприємством встановлених стандартами програм та методик контрольних випробувань продукції, перевірку стану вимірювальної техніки, що пов'язана із виробництвом данної продукції.

Контроль якості продукції та її відповідність стандарту проводять у наступному порядку:

- відбирають контрольні вироби ( вузли, деталі ) з числа тих, що прийняті контролем;
- проводять їх випробування ( експлуатаційні, типові та лабораторні ) по всіх показниках, що передбачені стандартом;
- перевіряють дотримання режимів технологічних процесів.

За результатами перевірки складають акт з висновками та пропозиціями.

Разом із проведенням державного нагляду в галузях здійснюється відомчий контроль за впровадженням та додержанням стандартів та за якістю продукції, що випускається. Завдання цього контролю аналогічні завданню державного контролю.

Органи Держстандарту мають право перевіряти якість продукції не тільки на підприємствах, але і в торгівлі. У разі невідповідності товару вимогам стандартів вони мають право заборонити його постачання та реалізацію.

Положення про державний нагляд за стандартами та засобами вимірів передбачає адміністративні, економічні та правові дії з боку державних регіональних контролюючих органів щодо підприємств та організацій, які порушують вимоги стандартів і метрологічних правил при розробці, обігу та експлуатації продукції. Державні інспектори по нагляду за стандартами та засобами вимірів, крім застосування економічних санкцій та заборони реалізації недоброякісної продукції мають право на заборону передачі у виробництво конструкторської та технологічної документації, що не відповідає встановленим вимогам.

#### Лекція №6

### 6. Міжнародна та європейська діяльність зі стандартизації, участь України в галузі стандартизації, метрології і якості продукції.

*Міжнародну організацію із стандартизації* - ISO (ISO - International Standard Organization) утворено в 1946 році, а *Міжнародну електротехнічну комісію* (IEC) - у 1906 році. Нещодавно вони об'єдналися на паритетних засадах.

Основна мета Міжнародної організації із стандартизації (ISO) та Міжнародної електротехнічної комісії (IEC) - забезпечити розвиток стандартизації та суміжних з нею галузей для сприяння міжнародному обміну товарами і послугами, а також розвитку співробітництва в інтелектуальній, науково-технічній та економічній діяльності. Членами ISO і IEC є національні комітети із стандартизації. У кожній державі може бути тільки один національний комітет з правом одного голосу.

Нині членами ISO є 91 держава, а членами IEC - 41 держава з усіх регіонів світу. В організаціях ISO та МЕК працюють 3240 технічних органів, в тому числі 244 технічних комітети (ТК). ISO і IEC затверджено близько 10000 міжнародних стандартів, приблизно стільки ж перебуває на різних стадіях підготовки та затвердження.

Система ISO/IEC є найбільшою з існуючих міжнародних технічних організацій і поширює свою діяльність на всі галузі економіки і науки - від стандартних форм реєстрації до валютних кодів, від будівництва до дорожніх транспортних засобів.

До європейських організацій, що займаються стандартизацією, відносяться: Європейський комітет зі стандартизації – CEN, створений у 1961 році на засіданні представників Європейського економічного співтовариства і Європейської асоціації вільної торгівлі, та Європейський комітет з стандартизації в електротехніці - CENELEC.

До початку 1995 року в межах переходу до єдиного Європейського ринку CEN затвердив понад 1300 європейських стандартів, що встановлюють основні вимоги до конкретних видів продукції та послуг, до безпеки виробів і їх сумісності, функціональних властивостей, довговічності, а також на якість продукції, системи якості і сертифікацію.

Діяльність CEN у напрямку стандартизації систем якості знайшла своє відображення у створенні європейських стандартів EN 29001, EN 29002, EN 29003, які є аналогами стандартів ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003. В європейських країнах, що входять до складу Європейського союзу, національні стандарти з систем якості створюють або безпосередньо на базі стандартів ISO серії 9000, або посилаються на стандарти EN серії 29000.

Оцінювання відповідності, сертифікації систем якості та акредитації органів з сертифікації у європейських країнах базується на європейських стандартах серії 45000: EN 45001, EN 45002, EN 45003, EN 45011, EN 45012, EN 45013, EN 45014.

Перші два з них визначають критерії оцінювання діяльності випробувальних лабораторій, а EN 45003 – органів з їх акредитації.

Стандарти EN 45011 - EN 45014 визначають основні критерії оцінювання діяльності органів з сертифікації продукції, систем якості (EN 45012) та персоналу, що виконує ці роботи, а також вимоги до декларацій постачальника щодо відповідності продукції вимогам стандартів.

Стандарти EN серії 45000 розроблені на основі матеріалів міжнародної конференції з акредитації випробувальних лабораторій та Настанов ISO/IEC, підготовлених CASCO.

Після отримання незалежності Україна проводить активну політику інтеграції в міжнародні та європейські структури, співпрацюючи також з країнами СНД. В 1993 році Україна прийнята в члени Міжнародної організації ISO та в члени міжнародної електротехнічної комісії IEC, що дає їй право нарівні з іншими 90 країнами світу брати участь у діяльності більш як 1000 міжнародних робочих органів, технічних комітетів зі стандартизації і використовувати в своїй роботі понад 12000 міжнародних стандартів. 13 березня 1992 року у Мінську Україною була підписана угода про проведення Державами СНД погодженої політики зі стандартизації, метрології та сертифікації. Відповідно до неї створено Міждержавну раду з цих питань, а також передбачено, що державні стандарти колишнього Союзу є власністю всіх держав, які підписали угоду, і використовуються як міждержавні стандарти або як державні до розробки своїх національних стандартів.

Основні сучасні тенденції розвитку робіт у галузі стандартизації, оцінювання та сертифікації систем якості, їх впровадження і застосування, можна визначити:

- поширення та деталізація тих елементів структури і функціонування підприємства, що входять в систему якості і підлягають стандартизації в межах стандартів ISO серії 9000 та 10000, а також деталізація стандартизованих функцій забезпечення

та управління якістю, розвиток методів, засобів технології проектування систем якості;

- поширення сфер застосування систем якості;
- концентрація робіт щодо впровадження систем якості;
- ініціювання з боку найбільш вагомих міжнародних та регіональних загальноєкономічних організацій робіт в галузі систем якості та застосування стандартів, норм, правил з цієї галузі у своїй законодавчій та координаційній діяльності щодо інтеграції економічного простору, розвитку міжнародної торгівлі, ресурсозбереження, охорони прав людини, захисту навколишнього середовища тощо;
- постійний пошук нових методів забезпечення та підвищення якості продукції;
- зростання уваги до дослідження та аналізу впливу людського та різноманітних соціально-культурних чинників на проблему якості;
- створення найсучасніших інформаційних систем та мереж для підтримки робіт в галузі якості;

Особливо чітко ці тенденції проявляються в Європі, в діяльності Європейського Союзу, Комісії Європейського співробітництва, Європейської асоціації вільної торгівлі.

У межах Європейського Союзу встановлено політику та прийнято Європейську програму з якості. Мета Європейської політики в галузі якості сформульована таким чином:

- допомогти європейській промисловості стати конкурентноздатною як на європейському, так і на зовнішньому ринках;
- поліпшити європейську інфраструктуру з забезпечення якості;
- зміцнити партнерські відносини між постачальниками та споживачами;
- створити необхідний науково-технічний, промисловий та людський потенціал.

В межах цієї програми встановлено завдання, спрямовані на допомогу підприємствам малого та середнього бізнесу щодо підвищення їх компетенції в цій галузі та застосування сучасних технічних знань і методів забезпечення якості, на гармонізацію правил забезпечення якості та правил щодо безпеки, для охорони здоров'я населення та захисту навколишнього середовища, захисту інтересів та прав споживачів, на інтеграцію різноманітних систем (баз даних) в цій галузі, а також на удосконалення форм підтримки діяльності у галузі якості національних органів влади.

Всі завдання з програми активно стимулюються керівними органами Європейського Союзу, а в міжнародному масштабі аналогічні роботи стимулюються міжнародними організаціями із стандартизації.

Починаючи з 1989 року щорічно 14 жовтня відзначається Міжнародний день стандартизації.

### Література

- 2.Саранча Г.А. Метрологія і стандартизація: Підручник.- К.: Либідь, 1997. – 192 с.
- 3.Таныгин В.А. Основы стандартизации и управления качеством продукции. Учебное пособие.  
- М.: Издательство стандартов, 1989. – 208 с.
3. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. Для вузов/ под ред. акад. Н.С.Соломенко.- М.: Изд-во стандартов, 1990.- 342 с.
4. Иванова Г.М. и др. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов / Г.М.Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С.Чистяков.- М.: Энергоатомиздат, 1984.-232 с.
5. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. Підручник. – 2-е вид. – К.: Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу, 1998.
6. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции, РД 50-149-79.- М.: Изд-во стандартов, 1979.
7. КНД 50 - 002 – 93. Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення.
8. КНД 50 – 006 - 93. Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок здійснення.
9. ГОСТ 20779-81. Экономическая эффективность стандартизации. Методы определения. Основные положения.