

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



В.І. Корсун
В.Т. Белан
Н.В. Глухова

МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ, АКРЕДИТАЦІЯ

Дніпропетровськ
НГУ
2011

УДК 006.91:378(075)
ББК 31.22я73
К66

Рекомендовано редакційною радою Державного ВНЗ «НГУ» як навчальний посібник за напрямом підготовки 6.051002 Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології (протокол № 4 від 16.04.2009 р.).

Рецензенти:

О.І. Михальов, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій і систем (Національна металургійна академія України);

В.В. Гнатушенко, д-р техн. наук, професор, професор кафедри електронних засобів телекомунікацій (Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара).

Корсун, В.І.

К66 Метрологія, стандартизація, сертифікація, акредитація [Текст]: навч. посібник / В.І. Корсун, В.Т. Белан, Н.В. Глухова. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 147 с .

Розглянуто основні питання науки метрологія, методи одержання результатів вимірювань з кількісною оцінкою похибок або невизначеності вимірювань, класифікацію видів вимірювань. Наведено відомості про аналогові електромеханічні, аналогові електронні та цифрові засоби вимірювань.

Особливу увагу приділено методам та засобам вимірювань у галузі телекомунікацій. Містяться також дані про організацію діяльності у галузі стандартизації, сертифікації та акредитації продукції, процесів та послуг.

УДК 006.91:378(075)
ББК 31.22я73

© В.І. Корсун, В.Т. Белан, Н.В. Глухова, 2011
© Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2011

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ	
1.1. Основні терміни та визначення науки метрологія	6
1.2. Похибки вимірювань за способом оцінювання	8
1.3. Класифікація похибок вимірювання за причиною виникнення та характеру впливу на результат вимірювань	10
1.4. Класи точності вимірювальних приладів	14
1.5. Правила подання результату вимірювань	15
1.6. Види вимірювань	15
1.7. Правила обчислення похибок прямого, непрямого та багатократного вимірювань	17
1.8. Метрологічна оцінка непевності вимірювань	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ	
2.1. Класифікація методів та засобів вимірювань	31
2.2. Метрологічні показники та характеристики засобів вимірювань	39
2.3. Аналогові електромеханічні вимірювальні прилади	46
2.4. Аналогові електронні вимірювальні прилади	49
2.5. Цифрові вимірювальні прилади	55
2.6. Інформаційно-вимірювальні системи	57
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ У ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ЗВ'ЯЗКУ	
3.1. Загальна характеристика засобів вимірювань у галузі телекомунікацій	67
3.2. Метод зворотного розсіювання	68
3.3. Методи та засоби вимірювань параметрів передачі систем WDM	73
3.4. Застосування око–діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів	76
РОЗДІЛ 4. СТАНДАРТИЗАЦІЯ	
4.1. Загальні положення. Державні органи стандартизації в Україні	83
4.2. Види стандартів	85
4.3. Мета та задачі стандартизації	87
4.4. Державний контроль та нагляд за дотриманням вимог державних стандартів	89
4.5. Нормалізаційний контроль технічної документації	92
4.6. Принципи стандартизації	93
4.7. Методи стандартизації	96
4.8. Комплексна стандартизація	99
4.9. Випереджаюча стандартизація	100
4.10. Міжгалузеві системи (комплекси) стандартів	101
4.11. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)	102
4.12. Єдина система технологічної документації (ЄСТД)	103
4.13. Інші комплекси стандартів	104
4.14. Економічна ефективність стандартизації	106
4.15. Міжнародна стандартизація	107

4.16. Стандартизація у галузі інформаційних технологій та телекомунікацій	109
РОЗДІЛ 5. СЕРТИФІКАЦІЯ ТА АКРЕДИТАЦІЯ	
5.1. Основні поняття, мета та об'єкти сертифікації	115
5.2. Роль сертифікації у підвищенні якості продукції	116
5.3. Якість та конкурентоспроможність продукції	117
5.4. Основні поняття та визначення у галузі якості продукції	120
5.5. Взаємозв'язок кількості та якості продукції	121
5.6. Контроль та оцінка якості продукції	122
5.7. Кількісна оцінка якості продукції (кваліметрія)	124
5.8. Методи визначення показників якості продукції	127
5.9. Управління якістю продукції	128
5.10. Сертифікація систем якості	133
5.11. Аудит якості	134
5.12. Системи сертифікації	135
5.13. Правила та послідовність проведення сертифікації	138
5.14. Акредитація органів із сертифікації та випробувальних лабораторій	140
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	145
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	146

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник з дисципліни “Метрологія, стандартизація, сертифікація, акредитація” призначений для студентів напрямів підготовки:

6.051001 Метрологія та інформаційно-вимірвальні технології;

6.050903 Телекомунікації;

7.080404 Інтелектуальні системи прийняття рішень;

7.080407 Комп’ютерний еколого-економічний моніторинг.

Мета даного посібника – це допомогти студентам в оволодінні базовими знаннями у галузі метрології; вимірюванні фізичних величин, а також набутті навичок активної діяльності у сферах стандартизації, сертифікації та акредитації продукції, процесів та послуг.

У навчальному посібнику розглядаються основні положення та терміни науки метрологія, завдання метрології, забезпечення єдності вимірювань. Особлива увага приділяється вивченню державних вимог щодо виконання вимірювань у техніці та проведенню експериментальних досліджень з метою отримання та подання результатів вимірювань згідно з положеннями державних та міжнародних стандартів.

З точки зору аналізу точності вимірювань важливими є раціональний вибір видів вимірювань (прямі, непрямі, багатократні, сукупні, сумісні) та засобів вимірвальної техніки. Тому в рамках навчального посібника містяться розділи, присвячені вивченню основних видів вимірювань та для кожного з них надається методика обробки результатів вимірювань, описується послідовність кількісної оцінки похибки та невизначеності вимірювань. Ці питання розглядаються у першому розділі.

У другому розділі наводяться існуючі методи та засоби вимірювань, у тому числі аналогові, електронні, цифрові вимірвальні прилади та інформаційно-вимірвальні системи. Третій розділ присвячений детальному вивченню сучасних методів та засобів вимірювань, які є специфічними для сфери телекомунікацій та зв’язку.

У четвертому розділі навчального посібника описуються загальні положення стандартизації та сучасні державні органи стандартизації в Україні. Окрім загальних питань стандартизації розглянуто конкретні види стандартів, а саме: єдина система конструкторської документації, технологічної документації, а також стандарти комп’ютерної інженерії, телекомунікації та зв’язку.

Останній розділ дозволяє студенту отримати знання у галузях сертифікації та акредитації, основною метою яких є забезпечення підвищення якості продукції, управління якістю.

Наприкінці кожного розділу містяться запитання (або завдання) для самостійного контролю та перевірки знань.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

Розглядаються загальні питання метрології – основні терміни, класифікація видів похибок, правила обробки одержаних даних та результати вимірювань

1.1. Основні терміни та визначення науки метрологія

На практиці людина постійно має справу з вимірюваннями. На кожному кроці зустрічаються відомі за давніх часів вимірювання таких величин, як довжина, об'єм, вага, час та ін. Вимірювання у сучасному суспільстві відіграють велику роль. Вони є основою не тільки науково-технічних знань, але мають велике значення для врахування матеріальних ресурсів та планування, для внутрішньої та зовнішньої торгівлі, для забезпечення якості продукції, взаємозамінності вузлів та деталей та удосконаленні технології, для забезпечення безпеки праці та інших видів діяльності.

Терміни та визначення у галузі метрології регламентуються Законом України “Про метрологію та метрологічну діяльність”.

Закон “Про метрологію та метрологічну діяльність” регулює відносини між суб'єктами метрологічної діяльності та повинен забезпечити захист економіки та громадян України від недостовірних результатів вимірювань.

Згідно з положеннями цього Закону в галузі метрології регламентуються такі основні терміни та визначення.

Метрологія – наука про вимірювання.

Вимірювання – це відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів.

Одиниця вимірювання – фізична величина певного розміру, прийнята для кількісного відображення однорідних з нею величин.

Єдність вимірювань – стан вимірювань, коли отримані результати виражаються в узаконених одиницях вимірювань, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі та із заданою ймовірністю не виходять за встановлені межі.

Методика виконання вимірювань – сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювань з гарантованою точністю.

Засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Еталон – засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці вимірювання одного або декількох значень, а також передачу розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки.

Основні завдання метрології:

встановлення одиниць фізичних величин, державних еталонів та зразкових засобів вимірювань;

розробка теорії, методів, засобів вимірювань та контролю;

забезпечення єдності вимірювань та єдиних засобів вимірювань;

розробка методів оцінки похибок, стану засобів вимірювань та контролю;

передача розмірів одиниць від еталонів та зразкових засобів вимірювань робочим засобам вимірювань.

Метрологія має велике значення для прогресу природничих та технічних наук, оскільки підвищення точності вимірювань – один із засобів удосконалення шляхів пізнання природи людиною, відкриття та практичного застосування знань.

Для забезпечення науково-технічного прогресу метрологія повинна випереджати у своєму розвитку інші галузі науки та техніки, оскільки для кожної з них точні вимірювання є одним із основних шляхів їх удосконалення.

Вимірювання є інструментом пізнання об'єктів та явищ навколишнього середовища. Об'єктами вимірювань є фізичні величини та процеси оточуючого нас світу. Уся сучасна фізика може бути побудована на семи основних величинах, що характеризують фундаментальні властивості матеріального світу. До них відносяться: довжина, маса, час, сила електричного струму, термодинамічна температура, кількість речовини та сила світла. За допомогою цих та двох допоміжних величин – плоского та тілесного кутів (що введені виключно для зручності) утворюється усе різноманіття похідних фізичних величин та забезпечується опис властивостей фізичних об'єктів та явищ.

Як приклад можна розглянути такі галузі та види вимірювань:

1. Вимірювання геометричних величин – довжин; відхилень форми поверхонь; параметрів складних поверхонь; кутів.

2. Вимірювання механічних величин – маси; сили; крутильних моментів; напруг та деформацій; параметрів руху; твердості.

3. Вимірювання параметрів потоку, витрати, рівня, об'єму речовини; масової та об'ємної витрати рідин у трубопроводах; витрат газу; місткості; параметрів відкритих потоків; рівня рідини.

4. Вимірювання тиску, вакуумні вимірювання; надлишкового тиску; абсолютного тиску; змінного тиску; вакууму.

5. Фізико-хімічні вимірювання – в'язкості; щільності; вмісту (концентрації) компонентів у твердих, рідких та газоподібних речовин; вологості газів, твердих речовин; електрохімічні вимірювання.

6. Теплофізичні вимірювання – температури; теплофізичних величин.

7. Вимірювання часу та частоти; методи та засоби відтворення та зберігання одиниць та шкал часу та частоти; вимірювання інтервалів часу; вимірювання частоти періодичних процесів; методи та засоби передачі розмірів від одиниць часу та частоти.

8. Вимірювання електричних та магнітних величин на постійному та змінному струмі – сили струму, кількості електрики; електрорушійної сили;

напруги, потужності та енергії; куту зміщення фаз; електричного опору, провідності, ємності, індуктивності та добротності електричних кіл; параметрів магнітних полів; магнітних характеристик матеріалів.

9. Радіоелектронні вимірювання – інтенсивності сигналів; параметрів форми спектру сигналів; параметрів трактів із зосередженими та розподіленими постійними; властивості речовин та матеріалів радіотехнічними методами; антенні.

10. Вимірювання акустичних величин – у повітряному середовищі та у газах; у водному середовищі; у твердих тілах; аудіометрія та вимірювання рівня шуму.

11. Оптичні та оптико-фізичні вимірювання – світлові, оптичних властивостей матеріалів у видимій області спектру; енергетичних параметрів некогерентного оптичного випромінювання; енергетичних параметрів просторового розподілення енергії та потужності неперервного та імпульсного лазерного та квазімонохромного випромінювання; спектральних, частотних характеристик, поляризації лазерного випромінювання; параметрів оптичних елементів, оптичних характеристик матеріалів; характеристик фотоматеріалів та оптичної щільності.

12. Вимірювання іонізуючих випромінювань та ядерних констант – дозиметричних характеристик іонізуючих випромінювань; спектральних характеристик іонізуючих випромінювань; активності радіонуклідів; радіометричних характеристик іонізуючих випромінювань.

У *кваліметрії* (розділі метрології), що присвячена вимірюванню якості продукції, не прийнято розділення показників якості на основні та похідні. Зокрема, у кваліметрії виділяються одиничні та комплексні показники якості. При цьому одиничні відносяться до однієї із властивостей продукції, а комплексні – характеризують відразу декілька властивостей.

Розмірність вимірюваної величини є її якісною характеристикою та позначається символом \dim , що походить від слова *dimension*. Розмірність основних фізичних величин позначається відповідними великими літерами.

1.2. Похибки вимірювань за способом оцінювання

При виконанні аналізу значень, одержаних при вимірюваннях, слід чітко відрізнити два поняття: справжні значення фізичних величин та їх експериментальне проявлення – результати вимірювань.

Справжнє значення фізичної величини – значення, що ідеальним чином відображує властивості даного об'єкта або процесу як у кількісному, так і в якісному відношенні. Справжні значення не залежать від засобів пізнання світу людиною та є абсолютною дійсністю.

Результати вимірювань – наближені оцінки значень величин, які одержані шляхом вимірювань. Вони залежать не тільки від фізичних величин, що досліджуються, але ще й від методу вимірювань, технічних засобів, а також від сприйняття людини, що виконує виміри.

Різниця між результатом вимірювання X та справжнім значенням A вимірюваної величини називається похибкою вимірювання:

$$\Delta = X - A. \quad (1.1)$$

Зауваження. Оскільки справжнє значення A вимірюваної величини невідомо, то відповідно невідомі і похибки вимірювання. Тому для одержання наближених відомостей про похибку необхідно у залежність (1.1) замість справжнього значення A підставляти так зване дійсне значення D величини, що досліджується.

Дійсним значенням фізичної величини називається таке, яке знайдене експериментально та настільки наближене до справжнього, що для даної мети може бути використано замість нього.

Різниця між результатом вимірювання X та справжнім значенням A (або дійсним значенням D) вимірюваної величини називається *абсолютною похибкою* вимірювання:

$$\Delta = X - A \approx X - D. \quad (1.2)$$

Відносна похибка вимірювань являє собою відношення абсолютної похибки до справжнього або дійсного значення величини (для зручності часто подається у відсотках):

$$\delta = \frac{X - A}{A} \approx \frac{\Delta}{X} \quad \text{або} \quad \delta_{\%} = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%. \quad (1.3)$$

Зведена похибка – відношення абсолютної похибки до певного нормованого значення X_H (під нормованим значенням, як правило, розуміють межу вимірювань приладу):

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_H} \quad \text{або} \quad \gamma_{\%} = \frac{\Delta}{X_H} \cdot 100\%. \quad (1.4)$$

Величина, що кількісно дорівнює зворотному модулю відносної похибки, називається *точністю вимірювань*:

$$\tau = \frac{1}{|\delta|}. \quad (1.5)$$

Отже, можна виділити такі види похибок за способом оцінювання (рис. 1.1).

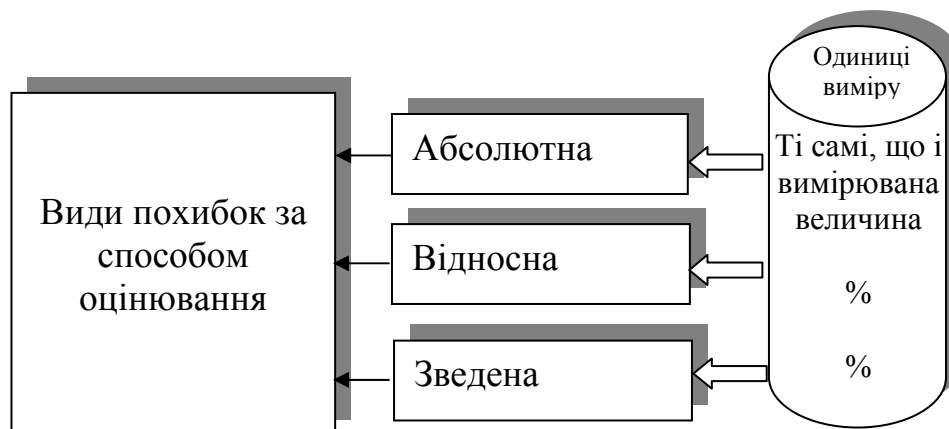


Рис. 1.1. Класифікація похибок за способом оцінювання

1.3. Класифікація похибок вимірювання за причиною їх виникнення та характером впливу на результат вимірів

Основними причинами виникнення похибок є: недосконалість методів вимірювань, технічних засобів та органів почуття спостерігача. В окрему групу слід віднести причини, які пов'язані з впливом умов проведення вимірів (рис. 1.2).

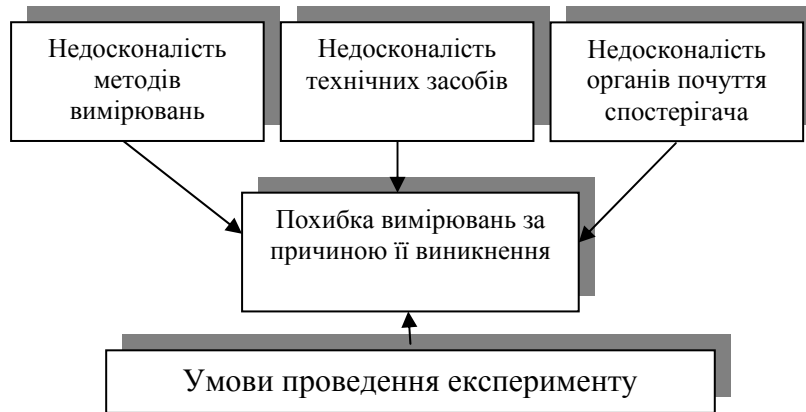


Рис. 1.2. Схема причин виникнення похибок

Основною похибкою вимірювального приладу є та, що виникає при нормальних (зазначених у паспортних даних) умовах експлуатації приладу. Її можна подати у вигляді суми похибок – адитивної та мультиплікативної:

$$\Delta = a + bX, \quad (1.6)$$

де a – адитивна складова основної похибки; b – мультиплікативна складова; X – конкретне значення вимірюваної величини.

З аналізу залежності (1.6) можна зробити такі висновки:

- 1) адитивна складова похибки не залежить від чутливості вимірювального приладу та є постійною для усього діапазону вимірювань;
- 2) мультиплікативна складова залежить від чутливості приладу та змінюється пропорційно поточному значенню вхідної величини.

Інтерпретація зроблених висновків наведена на рис. 1.3.

Додатковою похибкою вимірювального приладу називається така, яка виникає при зміні умов експлуатації приладу від припустимих їх діапазонів, які зазначені у паспортних даних приладу. Універсальної методики обчислення додаткової похибки не існує, тому що вона залежить від методу та конструктивних особливостей конкретного засобу вимірювань. Формули для обчислення додаткової похибки наводяться в паспортних даних приладу.

За характером впливу різноманітних факторів на результат експерименту похибки вимірювань поділяються на систематичні та випадкові.

Причиною виникнення систематичних похибок є постійні фактори або ті, що змінюються за певним законом, тобто дію яких можна передбачити. При проведенні вимірювань однієї й тієї ж величини в однакових умовах ці фактори

залишаються постійними або закономірно змінюються. Відповідно похибки, які викликаються ними, називаються систематичними.

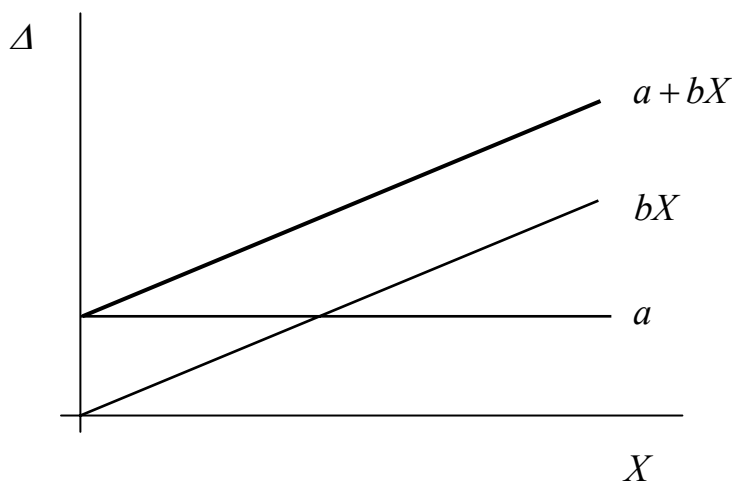


Рис. 1.3. Залежності для адитивної та мультиплікативної складової основної похибки

На основі багаторазового проведення вимірювань або при процедурі метрологічної перевірки приладів систематична похибка може бути усунена. Для виправлення результатів експериментальних спостережень їх підсумовують з *поправками*. Обчислюють поправку таким чином: її модуль дорівнює систематичним похибкам, але з протилежним знаком. *Виправленим* будемо називати результат вимірювань, із якого виключені систематичні похибки.

Слід відзначити, що на практиці ідеальних умов вимірювань не існує. Завжди мають місце випадкові фактори, вплив яких на результат вимірювання важко спрогнозувати. Наприклад, це незначні коливання приладів, перекося, несправності у мережі живлення. Сукупність випадкових факторів, які в незначній мірі впливають на результат вимірювання, викликає так звану *випадкову похибку*.

При створенні вимірювальної апаратури та організації процесу вимірювань у цілому інтенсивність проявлення більшості факторів цієї групи зводиться до деякого загального рівня, таким чином, що всі вони впливають більш-менш однаково на випадкову похибку. Однак деякі з них, наприклад, несподіване падіння напруги у мережі живлення, можуть проявитися надзвичайно сильно, у результаті чого похибка буде приймати значення, що виходить за межі, які обумовлені ходом експерименту в цілому. Такі похибки в складі випадкової похибки називаються *грубими*. До того ж окремо виділяють *промахи* – похибки, які залежать від спостерігача та пов'язані з недотриманням правил користування засобами вимірювань, помилковим відлічуванням показань приладу або помилками при записі результатів.

У процесі вимірювання обидва види похибок (систематична та випадкова) проявляються одночасно, тому при поданні загальної похибки вимірювань їх треба просумувати.

При аналітичному описі випадкових похибок користуються методами математичної статистики. Для випадкових похибок, які містяться в результатах експерименту, вибирають відповідний закон розподілу, що їх характеризує. Існування такого закону встановлюють шляхом багатократних вимірювань в однакових умовах деякої величини. При цьому розраховують число m тих результатів, що з'явилися у певному інтервалі.

Відношення числа m до загальної кількості вимірів n називають *відносною частотою попадання* у певний інтервал. При великій кількості вимірювань відношення $\frac{m}{n}$ становиться близьким до постійного значення у своєму інтервалі. Цей висновок дозволяє коректно застосовувати методи теорії ймовірностей до математичного опису випадкових похибок вимірювань. При цьому випадкові похибки і результати вимірювань розглядаються як випадкові величини, що можуть приймати дійсні значення.

Під *ймовірністю попадання випадкової величини z* у інтервал (z_1, z_2) розуміють певне число, яке позначається як $P(z_1 < z < z_2)$. Таким чином, отримана експериментально відносна частота наближується до ймовірності $P(z_1 < z < z_2)$:

$$\frac{m}{n} \approx P(z_1 < z < z_2). \quad (1.7)$$

Законом розподілу ймовірностей випадкової величини z називається правило, яке дозволяє для будь-яких інтервалів знаходити ймовірність $P(z_1 < z < z_2)$. Математично закон розподілу можна подати у вигляді інтегралу

$$P(z_1 < z < z_2) = \int_{z_1}^{z_2} p(z) dz, \quad (1.8)$$

де $p(z)$ – деяка невід’ємна функція, що відповідає умові

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(z) dz = 1. \quad (1.9)$$

Функція (1.9) повністю відображує відповідний закон розподілу і називається *щільністю розподілу*.

У метрологічній практиці як закон розподілу випадкових помилок вимірювань найбільш поширеним є нормальний закон розподілу (закон Гауса), щільність розподілу для якого

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}. \quad (1.10)$$

На рис. 1.4 зображені графіки щільності розподілу ймовірностей нормального закону для різних значень параметра σ .

Широке використання нормального закону розподілу в метрологічній практиці обумовлено існуванням центральної граничної теореми, яка стверджує, що розподіл випадкових похибок буде близьким до нормального кожного разу, коли результати спостережень формуються під впливом великої кількості незалежно діючих факторів, кожний з яких виявляє лише незначну дію у порівнянні із сумарним впливом усіх інших.

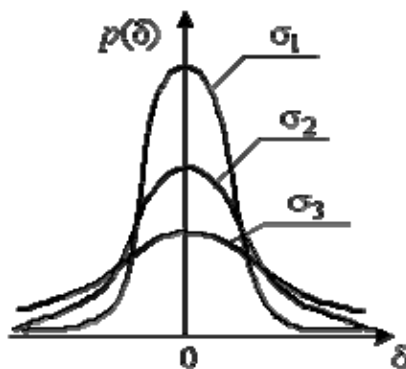


Рис. 1.4. Криві розподілу ймовірності для нормального закону

Імовірність попадання випадкової похибки у симетричний інтервал $(-z_1, z_1)$ при нормальному розподілі обчислюється так:

$$P(-z_1 < z < z_1) = P(|z| < z_1) = 2\Phi(z_1 / \sigma); \quad (1.11)$$

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt = \frac{1}{2} P(|z| < t\sigma) \quad (t > 0), \quad (1.12)$$

де $\Phi(t)$ – функція, що називається *інтегралом імовірностей*, її значення є табличними величинами, причому $\Phi(-t) = -\Phi(t)$.

Імовірність попадання випадкової похибки у будь-який інтервал (z_1, z_2) при нормальному законі розподілу

$$P(z_1 < z < z_2) = \Phi(z_2 / \sigma) - \Phi(z_1 / \sigma). \quad (1.13)$$

Імовірність виходу випадкової похибки за межі $\pm t\sigma$ ($t > 0$)

$$P(|z| > t\sigma) = 1 - 2\Phi(t). \quad (1.14)$$

Значення функції $1 - 2\Phi(t)$ багаторазово використовуються при виконанні розрахунків, тому для їх одержання також користуються спеціальними таблицями.

Імовірність виходу випадкової похибки за межі, які визначаються параметром $t = 3$:

$$P(|z| > 3\sigma) = 1 - 2\Phi(3) = 0,0027.$$

Розрахована величина ймовірності настільки мала, що вихід випадкової похибки вимірювань за трисигмові межі вважається практично неможливим (*правило трьох сигм*). Таким чином приймається, що випадкові похибки вимірювань обмежуються за абсолютною величиною значенням 3σ .

Найчастіше використовуються такі *показники точності вимірювань* (запропоновані нижче формули справедливі для нормального закону розподілу):

1. Середня квадратична похибка вимірювань, стандартна похибка або стандарт – це параметр σ .

2. Величина σ^2 називається дисперсією похибки.

3. Імовірна похибка $\rho = 0,6745\sigma$, $2\Phi(\rho) = 0,5$.

4. Середня абсолютна похибка
$$\nu = \int_{-\infty}^{\infty} |z| p(z) dz = \sigma \frac{2}{\sqrt{2\pi}} = 0,7979\sigma$$

5. Міра точності $h = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} = 0,7071 \frac{1}{\sigma}$.

1.4. Класи точності вимірювальних приладів

Одною з основних метрологічних характеристик засобів вимірювань є клас точності, за допомогою якого нормується значення основної похибки. Стандартизовані позначення класу точності вимірювальних приладів залежать від співвідношення між адитивною та мультиплікативною складовими похибки. На базі цього розглядають такі випадки:

1. Для засобів вимірювань, у яких переважає адитивна складова основної похибки, клас точності позначається цифрою та відповідає зведеній похибці у відсотках:

$$\gamma = \frac{X - A}{X_H} \cdot 100\%.$$

Наприклад, клас точності 0,5 означає, що при вимірюванні цим приладом основна зведена похибка $\gamma = 0,5\%$. Прилади цієї групи характеризуються рівномірною шкалою.

2. Для вимірювальних приладів, у яких адитивна похибка перевищує мультиплікативну, але шкала істотно нерівномірна, нормується тільки наведене значення похибки відносно довжини шкали. Наприклад, 0,1. У такому випадку цифра класу точності дорівнює межі допустимої зведеної похибки у відсотках від довжини шкали в мм. Таке позначення класу точності може бути застосоване, наприклад, для омметра. Найбільша абсолютна похибка результату вимірювань

$$\Delta R_x = \pm \gamma \frac{l}{100 S_r},$$

де l – довжина шкали, мм; $S_r = \Delta l / \Delta R$ – чутливість у точці вимірювання, мм/Ом; Δl – відстань між поділками в точці вимірювання; ΔR – різниця відліку в точці вимірювання.

3. Для засобів вимірювань з переважною мультиплікативною похибкою межа відносної похибки нормується у відсотках. У цьому разі клас точності

позначається цифрою у кружечку, наприклад (1), що відповідає основній відносній похибці 1%.

4. Якщо у засобі вимірювань адитивна та мультиплікативна складові приблизно однакові, то межа основної відносної похибки обчислюється за таким виразом:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{X_H}{X} - 1 \right) \right] \%,$$

де X_H – межа вимірювання; X – величина, яка вимірюється.

На приладі такий клас точності позначається як умовна дріб вигляду c/d . Наприклад 0,1/0,05.

Згідно з ДСТУ та ГОСТ 8.401-80 класи точності вибирають з ряду: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, де $n=1, 0, -1, -2, -3, \dots$.

1.5. Правила подання результату вимірювань

Число, що отримано експериментальним шляхом при виконанні вимірювань, буде результатом спостережень. Результат вимірювань згідно з державними вимогами повинен мати такий вигляд: $X = X_1 \pm \Delta$, де X_1 – результат спостережень величини, що вимірюється; Δ – абсолютна похибка вимірювань. Також припускається замість абсолютної похибки наводити значення відносної у відсотках.

Причому, при записі результату вимірювань згідно з нормативними документами абсолютні похибки Δ повинні бути округлені до 2-х більших значущих цифр; результат спостережень X_1 повинен бути округлений та записаний відповідно до значень найменшого розряду абсолютної похибки.

1.6. Види вимірювань

Методи обчислення похибок визначаються способами вимірювань фізичних величин. За характерною ознакою можна скласти таку класифікацію методів вимірювань:

1. За способом одержання результатів вимірювань їх поділяють на такі (рис. 1.5).

Прямі вимірювання – це коли значення фізичної величини одержується безпосередньо з експериментальних даних. Прямі вимірювання можна записати формулою: $Y = X$, де Y – шукане значення фізичної величини, а X – значення, одержане безпосередньо з експерименту.

Похибка прямих вимірювань обчислюється згідно з класом точності приладу.

Непрямі вимірювання – це коли шукану величину визначають на основі відомої залежності між цією величиною та величинами, що підлягають прямим вимірюванням. Таким чином вимірюють величини, функціонально зв'язані з невідомим параметром, значення якого необхідно встановити.

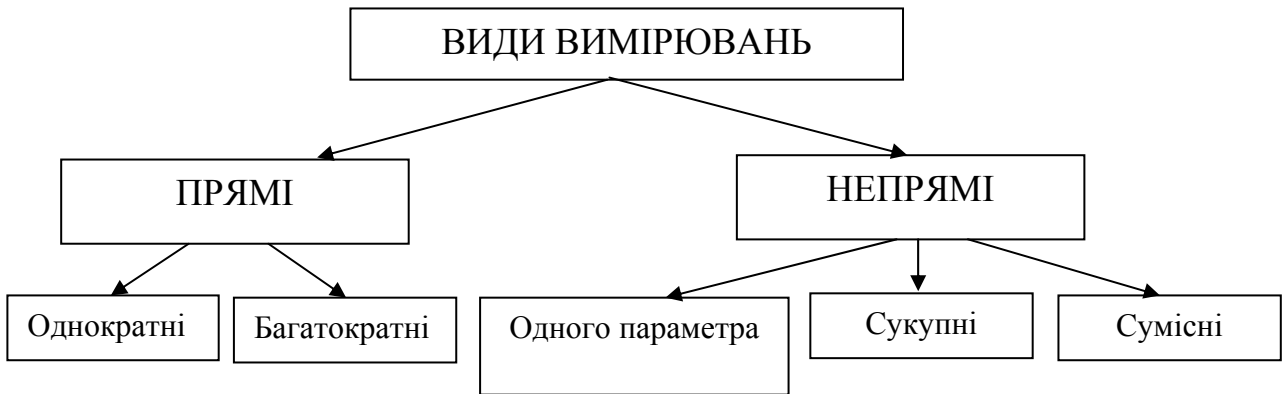


Рис. 1.5. Види вимірювань

Значення вимірюваної величини знаходять шляхом обчислення за формулою

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.15)$$

де Y – шукане значення величини, що вимірюється непрямим методом; f – функціональна залежність, яка апріорно відома; x_1, x_2, \dots, x_n – значення величин, що вимірюються прямим методом.

Багаторазові прямі вимірювання – це вимірювання однієї й тієї величини, що виконуються декілька разів з метою отримання більш точних значень величини та похибки вимірювань. Багаторазові вимірювання дозволяють встановити та надати математичну оцінку систематичній та випадковій похибкам вимірювань. При метрологічній обробці результатів багатократних вимірювань використовують методи математичної статистики.

Сукупні вимірювання – це вимірювання декількох однойменних величин, що виконуються одночасно, при яких шуканий фізичний параметр визначається шляхом розв’язання системи рівнянь, отриманих при прямих вимірюваннях різних сполучень цих величин.

Сумісні вимірювання – це вимірювання двох та більше неоднойменних величин, що здійснюються одночасно, для встановлення взаємозв’язку між ними.

Зверніть увагу: у тому випадку, якщо результуюча похибка вимірювань фізичного параметра має декілька складових (основна, додаткова та ін.), то ці складові не можна просто підсумувати. Слід перевести кожен складову у відносну форму, а потім отримати сумарну відносну похибку за формулою

$$\delta_{\Sigma} = m \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad (1.16)$$

де $m = 0,95$ при $P = 0,9$; $m = 1,11$ при $P = 0,95$; δ_i – складові похибки вимірювань.

2. За характером залежності вимірюваної величини від часу методи вимірювань поділяються на статичні та динамічні. *Статичні* вимірювання – це коли вимірювана величина залишається постійною у часі, *динамічні* – це коли вимірювана величина змінюється та є непостійною у часі. Статичними є, наприклад, вимірювання розмірів тіла, постійного тиску; динамічними – вимірювання періодичних електричних сигналів.

3. За умовами, що визначають точність результату вимірювань, методи поділяються на три класи.

Вимірювання максимально можливої точності, що може бути досягнуто при існуючому рівні техніки. До них відносяться, у першу чергу, еталонні вимірювання, що зв'язані з максимально можливою точністю відтворення встановлених одиниць фізичних величин, та, окрім того, вимірювання фізичних констант, насамперед універсальних (наприклад, абсолютного значення прискорення вільного падіння та ін.).

До цього ж класу відносяться і деякі спеціальні вимірювання, що потребують високого рівня точності.

Контрольно-перевірочні вимірювання, похибка яких з певною ймовірністю не повинна перевищувати деяке задане значення. До них відносяться вимірювання, що виконуються лабораторіями державного нагляду за впровадженням і дотриманням стандартів та стану вимірювальної техніки і заводськими вимірювальними лабораторіями з похибкою заздалегідь заданого значення.

Технічні вимірювання, у яких похибка результату визначається характеристиками засобів вимірювань. Прикладами технічних вимірювань є такі, що здійснюються у процесі виробництва на машинобудівних підприємствах, на щитах розподільних пристроїв електричних станцій та ін.

4. За способом установлення результатів вимірювань розрізняють абсолютні та відносні вимірювання.

Абсолютне вимірювання ґрунтується на прямих вимірюваннях величини та (або) використанні значень фізичних констант, наприклад, вимірювання розмірів деталей штангенциркулем або мікромером.

При *відносних* вимірюваннях величину порівнюють з однойменною, що відіграє роль одиниці, або з прийнятою за вихідну, наприклад, вимірювання діаметра обертової деталі за числом обертів атестованого ролика, що зіштовхується з нею.

5. Залежно від сукупності вимірюваних параметрів виробу розрізняють поелементний та комплексний методи вимірювань.

Поелементний метод характеризується вимірюванням кожного параметра виробу окремо (наприклад, ексцентриситету, овальності, огранювання циліндричного вала).

Комплексний метод характеризується вимірюванням сумарного показника якості (а не фізичної величини), на який впливають окремі його складові (наприклад, вимірювання радіального биття циліндричної деталі, на яке впливають ексцентриситет, овальність та ін.).

1.7. Правила обчислення похибок прямого, непрямого та багаторазового вимірювань

Оцінка похибки прямого однократного вимірювання. Як було відзначено у попередньому параграфі, оцінка похибки прямого однократного вимірювання виконується на основі інформації про клас точності приладу, на базі якої було отримано експериментальне значення результату спостережень фізичної величини.

Розглянемо приклад 1. Визначити можливу абсолютну похибку при вимірюванні сили струму амперметром з межею вимірювань 5А та класом точності 0,5.

Згідно з нормативними документами клас точності приладу у цьому випадку відповідає зведеній похибці, вираженій у відсотках. Тоді величина абсолютної похибки

$$\Delta I = \frac{\gamma \cdot A_H}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 5}{100} = 0,025 \text{ А.} \quad (1.17)$$

Приклад 2. Визначити абсолютну похибку при вимірюванні опору резистора, якщо клас точності вимірювального приладу (0.2), а результат вимірювань 5 Ом.

Клас точності у кружечку відповідає основній відносній похибці. При цьому абсолютна похибка

$$\Delta R = \frac{\delta \cdot R}{100\%} = \frac{0,2 \cdot 5}{100} = 0,01 \text{ Ом.} \quad (1.18)$$

Оцінка похибки непрямих вимірювань. Визначення похибок при непрямому виді вимірювань здійснюється за допомогою засобів диференційного обчислення. У разі відсутності кореляційного зв'язку між результатами аргументів функції x_1, x_2, \dots, x_n , середнє значення результату непрямого вимірювання можна обчислити, якщо підставити у залежність (1.15) середні значення результатів прямих вимірювань аргументів.

Тоді абсолютна похибка результату непрямого вимірювання

$$\Delta y = f(x_1 \pm \Delta x_1; x_2 \pm \Delta x_2; \dots; x_n \pm \Delta x_n) - f(x_1; x_2; \dots; x_n), \quad (1.19)$$

де Δx_i – похибки вимірювання аргументів; x_i – істинне значення аргументів.

Якщо розкласти рівняння (1.19) у ряд Тейлора, то будемо мати спрощену наближену формулу вигляду

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right|. \quad (1.20)$$

Якщо оцінка точності прямих вимірювань виконується не за допомогою середньоквадратичного відхилення, а згідно з класом точності вимірювального приладу, то абсолютна похибка непрямого вимірювання обчислюється як середньоквадратична сума похибок, тобто

$$\Delta y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right|^2}. \quad (1.21)$$

Оцінка похибки прямих багатократних вимірювань.

У теоретично-ймовірнісній моделі прямих багатократних вимірювань кожний результат вимірювань x_1, x_2, \dots, x_n являє собою значення деякої випадкової величини X . При такому тлумаченні сенсу результатів вимірювань середнє арифметичне значення рівноточних вимірювань

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.22)$$

трактується як наближене значення теоретичного середнього – математичного очікування величини X .

Математичне очікування випадкової величини X позначається як MX та визначається таким чином:

$$MX = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx, \quad (1.23)$$

де $p(x)$ – щільність розподілу ймовірностей величини X .

Математичне очікування функції $f(X)$ от величини X визначається так:

$$Mf(X) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)p(x)dx. \quad (1.24)$$

Початковим моментом порядку k називається математичне очікування k -го степеня відхилення випадкової величини:

$$\alpha_k = MX^k = \int_{-\infty}^{\infty} x^k p(x)dx. \quad (1.25)$$

Початковий момент першого порядку α_1 – математичне очікування самої величини X . За фізичним сенсом цей момент називається також центром розподілу величини X .

Вираз $(X - \alpha_1)$ являє собою відхилення випадкової величини від її центра. $(X - \alpha_1)$ називається центрованою випадковою величиною.

Центральним моментом порядку k називається математичне очікування k -го степеня відхилення величини X від її центра. Розраховується таким чином:

$$\mu_k = M(X - \alpha_1)^k = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \alpha_1)^k p(x)dx. \quad (1.26)$$

Центральний момент першого порядку завжди дорівнює нулю: $\mu_1 = 0$.

Центральний момент другого порядку називається дисперсією величини X та розраховується так:

$$DX = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \alpha_1)^2 p(x)dx. \quad (1.27)$$

Зверніть увагу, що дисперсія має розмірність квадрата вимірюваної величини, що не завжди зручно. На практиці при обробці експериментальних

даних найчастіше використовують *середнє квадратичне відхилення*. Для нормального закону розподілу випадкових величин дисперсія складає σ^2 (див. вираз (1.10)). Корінь квадратний з дисперсії називається середнім квадратичним відхиленням випадкової величини від її центра та позначається як $\sigma(x)$. Дисперсія та середнє квадратичне відхилення використовуються для характеристики розсіювання випадкової величини X .

Кожний елемент вибірки x_1, x_2, \dots, x_n являє собою експериментально одержане значення фізичної величини і характеризується певною точністю вимірювань. Якщо при виконанні експериментальних досліджень усі результати x_i мають однакову точність, то результати багатократних вимірювань називають рівноточними, якщо ні – нерівноточними.

За оцінку істинного значення вимірюваної величини при рівноточних вимірюваннях приймають вираз (1.22).

Якщо вимірювання не є рівноточними, то необхідно мати інформацію про так звані ваги вимірювань – p_1, p_2, \dots, p_n , які зворотно пропорційні дисперсіям похибок:

$$p_1 : p_2 : \dots : p_n = \frac{1}{\sigma_1^2} : \frac{1}{\sigma_2^2} : \dots : \frac{1}{\sigma_n^2}.$$

Оцінка істинного значення вимірюваної величини для нерівноточних вимірювань обчислюється як зважене середнє арифметичне значення:

$$x_{icm} \approx \frac{p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i x_i}{\sum_{i=1}^n p_i}. \quad (1.28)$$

Послідовність розрахунку отриманих результатів при багаторазових рівноточних вимірюваннях, якщо прийнята гіпотеза про нормальний закон розподілу випадкових похибок.

1. Якщо систематична похибка виключена з результатів вимірювань, то найбільш імовірним значенням вимірюваної величини вважається середнє арифметичне значення ряду вимірювань:

$$\bar{x} = x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

2. Середньоквадратичне відхилення спостережень записується таким чином:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \rho_i^2},$$

де $\rho_i = X_i - \bar{x}$.

3. При припущенні на аномальність деякого результату спостережень, обчислюється показник аномальності V_i для цього результату:

$$V_i = |(X_i - \bar{x}) / \sigma|.$$

Потім його треба порівняти з табличною величиною β для заданого обсягу вибірки. Якщо припущення підтверджуються:

$$V_i \geq \beta,$$

то цей результат спостережень повинен бути з вибірки виключений.

4. Точність результату спостережень оцінюється за середньою квадратичною похибкою:

$$\Delta\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \rho_i^2} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

5. Обчислити довірчі межі випадкової складової похибки вимірювань:

$$\varepsilon = t_p \Delta\sigma(\bar{x}),$$

де t_p – довірчий коефіцієнт (Стюдента). Він визначається за таблицею залежно від довірчої ймовірності P та числа $k = n - 1$

6. Запис результату багатократних спостережень. Оскільки систематичну складову похибки виключено, то довірчі межі загальної похибки вимірювань дорівнюють довірчим межах випадкової складової $\Delta x = \varepsilon$, а результат вимірювань має вигляд:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x; P = \dots$$

Останній вираз трактується так: результат вимірювань не виходить за межі довірчого інтервалу з ймовірністю P .

1.8. Метрологічна оцінка невизначеності вимірювань

Поняття невизначеності (непевності) вимірювань використовується, як і термін «похибка», для оцінки точності та достовірності результатів вимірювань. Як пояснити введення поняття «невизначеність» замість класичної оцінки за допомогою похибок? Насамперед проблемами, що виникають на практиці при обробці за допомогою використання похибок. Нагадаємо (див. розділ 1.2), що для введення у метрологію терміну «похибка» та при побудові математичної моделі похибки застосовують поняття справжнє значення вимірюваної величини. Але справжнє значення величини не може бути оцінено експериментальним шляхом, навіть за наявності самих точних існуючих вимірювальних приладів або еталонів. Тому поняття справжнє значення можна віднести скоріше за все до філософської категорії, а на практиці залишається використовувати поняття дійсного значення вимірюваної величини, яке відрізняється від справжнього значення на невідому величину.

Отже, підсумовуючи вищенаведене, зазначимо, що головними причинами щодо використання поняття невизначеності замість терміна «похибка» результату вимірювань є:

- усунення поняття справжнє значення вимірюваної величини від практичного використання, оскільки воно не підлягає процесу пізнання та кількісної оцінки;

- з погляду філософського аспекту термін «похибка» вимірювань, як відхилення результату вимірювань від істинного значення, не може бути отримано неозброєним оком, а тому виключається з використання на практиці.

Невизначеність результату вимірювань зазвичай характеризується або середнім квадратичним відхиленням, або симетричними межами, тому усі систематичні похибки повинні коригуватися, а їх залишки відносять до розсіювання результатів вимірювань.

У зв'язку з цим втрачає сенс розподілу похибок результату вимірювань на систематичні та випадкові; залишається тільки розподіл компонентів невизначеності на компоненти категорії **A** та компоненти категорії **B** за способом їх оцінювання.

Одержаний остаточний результат вимірювань повинен мати кількісну оцінку його якості. Без такої оцінки результати вимірювань неправомірно порівнювати. У керуючому документі Міжнародної системи якості ISO (див. розділ “Стандартизація”) такою оцінкою якості результату вважається його невизначеність.

У керуючому документі ISO наведені такі визначення.

Невизначеність вимірювання (НВ) – параметр, поєднаний з результатом вимірювань, що характеризує розсіювання значень вимірюваної величини.

Стандартна невизначеність – це невизначеність результату вимірювань, яка обчислюється за допомогою методів математичної статистики як середнє квадратичне відхилення.

Компоненти категорії A – це компоненти НВ, оцінка яких ґрунтується на статистичному аналізі ряду вимірювань (можна провести паралель щодо розрахунку похибки прямих багатократних вимірювань).

Компоненти категорії B – це компоненти НВ, оцінка яких відбувається за допомогою будь-яких інших операцій.

Комбінована (сумарна – у російських виданнях) стандартна невизначеність – це стандартна невизначеність результату вимірювань, яку знаходимо на основі інформації про значення ряду інших величин (компонентів невизначеності) та яка дорівнює позитивному кореню із суми квадратів складових, зважених з урахуванням залежності остаточного результату вимірювань від відповідних компонентів невизначеності.

Розширена невизначеність – НВ, її кількісне отримання ґрунтується на встановленні інтервалу в межах результату вимірювань, відносно якого можна вважати з певною ймовірністю, що більша частина розподілу значень вимірюваної величини знаходиться у зазначеному інтервалі.

Зверніть увагу! Компоненти невизначеності прийнято класифікувати за методом оцінки на дві категорії – A та B. Але їх не слід розглядати як еквіваленти випадкової та систематичної похибок. Класифікація за категоріями A та B лише підкреслює два різних способи оцінки компонентів невизначеності. Класифікація видів НВ зображена на рис. 1.6.

Розрахунок стандартної невизначеності категорії A. Перш, ніж перейти до розгляду методів розрахунку невизначеності, згадаємо, що за своїм характером

невизначеність категорії А оцінюється за допомогою статистичного аналізу ряду вимірювань, тобто її розрахунок ґрунтується на виконанні прямих багаторазових вимірювань та дуже схожий за методикою оцінки похибки вказаного виду вимірювань. Нехай z – випадкова величина, що характеризується певним законом розподілу ймовірностей. Найбільш достовірною оцінкою випадкових змін значеннь величини z при n незалежних вимірюваннях в однакових умовах $z_k, k=1..n$ є математичне очікування m_z .

На практиці замість математичного очікування використовують його наближене значення – середнє арифметичне \bar{z} для n вимірювань:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n z_k . \quad (1.29)$$

Оцінка дисперсії вимірювань випадкової величини, що одержана експериментально:

$$\sigma^2(z_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (z_k - \bar{z})^2 . \quad (1.30)$$

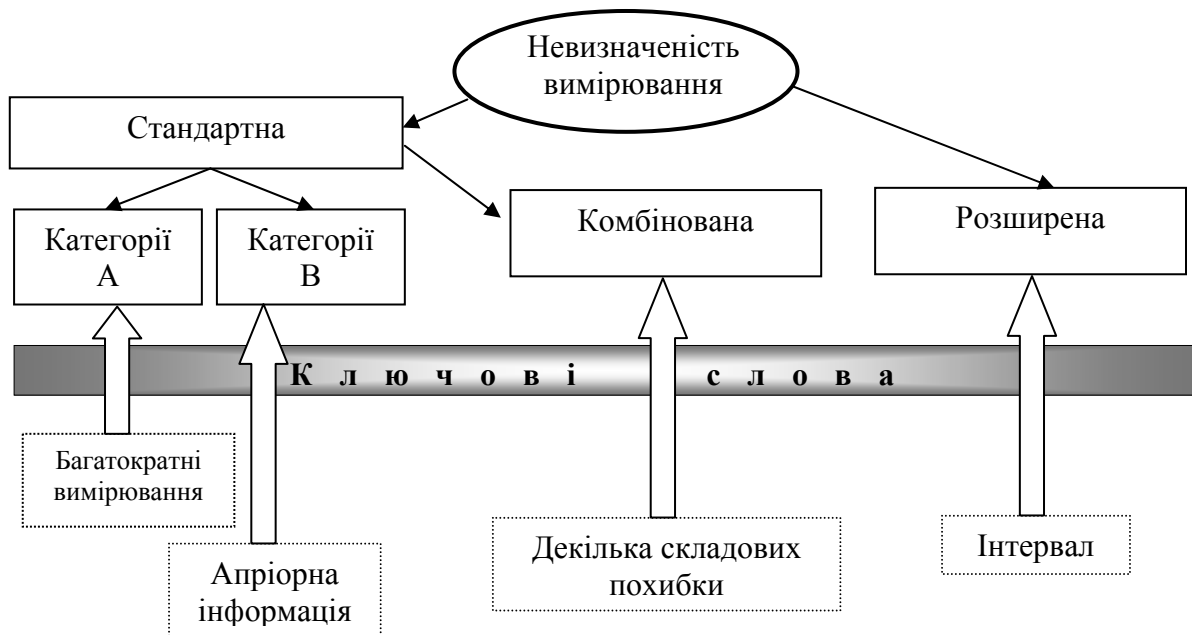


Рис. 1.6. Класифікація видів НВ

Нагадаємо, що позитивний квадратний корінь з дисперсії $\sigma(z_k)$ є експериментальним середньоквадратичним відхиленням (СКВ). Мірою невизначеності при вимірюванні фізичної величини z , зміни якої мають випадковий характер, можуть бути такі статистичні експериментально знайдені параметри:

- 1) дисперсія середнього $\sigma^2(\bar{z}) = \sigma^2 / n$.
- 2) середньоквадратичне відхилення середнього $\sigma(\bar{z})$.

Таким чином, для фізичної величини z , кількісне значення якої одержано на базі незалежних рівноточних вимірювань z_k , стандартна невизначеність оцінки найбільш ймовірного значення вимірюваної величини:

$$u(z) = \sigma(\bar{z}). \quad (1.31)$$

Зрозуміло, що $u^2(z_k) = \sigma^2(\bar{z})$. Величини $u^2(z_k) = \sigma^2(\bar{z})$ та $u(z) = \sigma(\bar{z})$ – дисперсія категорії А та стандартна невизначеність категорії А відповідно.

Розрахунок стандартної невизначеності категорії В. Якщо для оцінки найбільш ймовірного значення фізичної величини з тих чи інших причин не використовуються багаторазові незалежні вимірювання, то для пошуку кількісного значення невизначеності у цьому випадку задіяна додаткова інформація, джерелами якої можуть бути:

1. Документи заводу-виробника вимірювальної апаратури та приладів (технічні паспортні дані).
2. Знання, що ґрунтуються на досвіді, або знання о характеристиках та властивостях матеріалів, складових, пристроїв, експертна інформація.
3. Дані попередніх вимірювань в аналогічних умовах.
4. Дані випробувань, калібрування, сертифікації та акредитації.
5. Інформація про невизначеність, що отримана з літературних джерел.

Таким чином, для розрахунку невизначеності категорії В можуть використовуватися методики, аналогічні тим, що застосовувалися для дослідження похибок вимірювань (наприклад, на основі знання про клас точності приладу).

Також слід окремо відзначити, що існують випадки, коли застосування терміну «похибка» як відхилення від істинного значення величини цілком правомірно та обґрунтовано. Наприклад, у випадках проектування, наукового дослідження або налагодження метрологічного обладнання може бути поставлене завдання, спрямоване на досягнення конкретного значення фізичної величини. У цьому випадку істинне значення може вважатися апріорно відомим, оскільки дослідник сам задає це значення як вихідні дані при постановці задачі.

Розрахунок комбінованої стандартної невизначеності (за відсутності кореляції між вхідними величинами) здійснюється за такою формулою:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i), \quad (1.32)$$

де f – відома функціональна залежність, що з'єднує параметри, знайдені експериментально шляхом застосування прямих вимірювань з шуканою величиною y , яка вимірюється непрямым методом; $y = f(x_1, \dots, x_n)$; $u(x_i)$ – стандартна невизначеність для кожного параметра, вимірюного прямим методом.

Зверніть увагу на схожість формул (1.21) та (1.32).

Розрахунок розширеної невизначеності здійснюється шляхом множення стандартної комбінованої невизначеності на коефіцієнт K , який прийнято називати фактором покриття:

$$U = K \cdot u_c(y), \quad (1.33)$$

де K – коефіцієнт, числове значення якого вибирається залежно від закону розподілу ймовірностей та прийнятого рівня довіри.

Правило запису результату вимірювань, для якого була оцінена невизначеність. Варіантів запису результатів існує декілька. Вибір певної форми запису залежить від розрахованого виду невизначеності:

1. $x; u$ – використовуються у випадку, коли відомі стандартні невизначеності категорії А або В.

2. $x; u_c$ – використовуються при відомій комбінованій невизначеності.

3. $x \pm U; P$ або $x \pm U$ – використовуються при розрахунку розширеної невизначеності. Тоді під таким записом розуміють, що найбільш достовірна оцінка експериментального значення фізичної величини X – це x , а межа від $(x - U)$ до $(x + U)$ охоплює інтервал, в якому знаходиться більша частина значень X .

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яким законом регламентуються основні терміни та визначення науки метрологія?

Відповідь: Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

2. Як розрізняють похибки вимірювань за способом оцінки?

Відповідь: абсолютні, відносні, зведені.

3. Назвіть основні причини виникнення похибок вимірювань під час експерименту.

Відповідь: недосконалість методів вимірювань, недосконалість технічних засобів, недосконалість органів почуття спостерігача, умови проведення експерименту.

4. Поясніть принципову різницю між основною та додатковою похибками засобу вимірювань.

Відповідь: основна похибка виникає при нормальних (регламентованих у паспортних даних) умовах експлуатації засобу вимірювань. Якщо під час експерименту умови експлуатації засобу вимірювань відрізняються від норм, встановлених у технічному паспорті, виникає додаткова похибка.

5. Які складові містить у собі основна похибка засобу вимірювань?

Відповідь: адитивна, мультиплікативна.

6. Назвіть методи, які є теоретичним підґрунтям для опису випадкових похибок?

Відповідь: методи теорії ймовірностей та математичної статистики.

7. Як визначають похибку прямих однократних вимірювань?

Відповідь: на основі знань класу точності вимірювального приладу, межі вимірювань та результату спостереження.

8. Наведіть відомі Вам види вимірювань.

Відповідь: прямі (у тому числі однократні та багатократні); непрямі (непрямі одного параметра, сукупні, сумісні).

9. Що розуміється під непрямыми вимірюваннями одного параметра та яким чином оцінюється похибка таких вимірювань?

Відповідь: непрямыми називають вимірювання, при яких шукану фізичну величину визначають на основі відомої залежності між цією величиною та величинами, які підлягають прямим вимірюванням. Значення вимірюваної величини обчислюється за формулою

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

де Y – шукане значення величини, що вимірюється непрямим методом; f – функціональна залежність, яка апріорно відома; x_1, x_2, \dots, x_n – значення величин, що вимірюються прямим методом. Похибка непрямих вимірювань обчислюється таким чином:

$$\Delta y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i \right|^2}.$$

10. На які класи поділяють види вимірювань залежно від умов, що визначають точність отримання результату?

Відповідь: вимірювання максимально можливої точності; контрольно-перевірочні; технічні вимірювання.

11. Що розуміється під невизначеністю вимірювань?

Відповідь: невизначеність вимірювання – це параметр, поєднаний з результатом вимірювань, який характеризує розсіювання значень вимірюваної величини.

12. Як аналітично пов'язані розширена та стандартна невизначеності вимірювань?

Відповідь: розширену невизначеність одержуємо множенням стандартної комбінованої невизначеності на фактор покриття K .

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

Приклад 1. Амперметром з класом точності 0,5 та межею вимірювань 5А виміряли силу електричного струму. Стрілка зупинилася на поділці 40. Загальна кількість поділок складає 100. Записати результат вимірювань згідно з державними стандартами.

Розв'язок. Точність прямих однократних вимірювань оцінюємо за допомогою інформації про клас точності застосованого засобу вимірювань.

Ціна поділки амперметра

$$C_I = \frac{5 \text{ A}}{100 \text{ под}} = 0,05 \frac{\text{A}}{\text{под}}.$$

Результат спостережень $I_x = N \cdot C_I = 40 \cdot 0,05 = 2 \text{ A}$.

Клас точності амперметра відповідає зведеній похибці, тобто $\gamma = 0,5\%$.

З формули для зведеної похибки

$$\gamma = \frac{\Delta I}{I_H} 100\%.$$

знайдемо вираз для обчислення абсолютної похибки:

$$\Delta I = \frac{\gamma \cdot I_H}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 5}{100} = 0,025 \text{ A}.$$

Запишемо результат вимірювань у вигляді $I = I_x \pm \Delta I$, тобто

$$I = 2,000 \pm 0,025 \text{ A}.$$

Приклад 2. При вимірюванні аналоговим вольтметром з класом точності 1,5 та діапазоном вимірювань 0–30 В одержаний результат спостережень 27,5 В. Розрахувати абсолютну та відносну похибки вимірювань. Записати результат вимірювань.

Розв'язок. Для аналогового вольтметра згідно з даними зведена похибка $\gamma = 1,5\%$. Для розрахунку абсолютної похибки скористаємося формулою

$$\Delta U = \frac{\gamma \cdot U_H}{100\%}.$$

Нормоване значення для заданого діапазону

$$U_H = 30 - 0 = 30 \text{ В}.$$

Значення абсолютної похибки вимірювання напруги

$$\Delta U = \frac{1,5 \cdot 30}{100} = 0,45 \text{ В}.$$

Тоді відносна похибка

$$\delta = \frac{\Delta U}{U} 100\% = \frac{0,45}{27,5} 100\% = 1,6\%.$$

Результат вимірювань: $U = 27,50 \pm 0,45 \text{ В}$.

Приклад 3. Опір вимірювали за допомогою омметра з класом точності 0,5. Діапазон вимірювань омметра (довжина шкали) складає 20 см, відлік 16 см, показання приладу 530 кОм. Записати результат вимірювань.

Розв'язок. Клас точності омметра відповідає зведеній похибці, тобто $\gamma = 0,5\%$. Абсолютна похибка вимірювань омметра оцінюється за формулою

$$\Delta R = \frac{\gamma \cdot L}{100 \cdot S_R},$$

де L – довжина шкали; S_R – чутливість приладу.

$$S_R = \frac{l}{R} = \frac{16}{530} = 0,03 \frac{\text{см}}{\text{к}\Omega}.$$

$$\Delta R = \frac{0,5 \cdot 20}{0,03 \cdot 100} = 3,3 \text{ кОм}.$$

Результат вимірювання: $R = 530,0 \pm 3,3 \text{ кОм}$.

Приклад 4. Визначити похибку та записати результат, який був отриманий непрямым методом за експериментальними даними прямих вимірювань, що виконувалися засобом із заданим класом точності та межами вимірювань U_H , I_H . Непрямым методом вимірювалася потужність $W = UIt$, $U=30$ В; $I=0,75$ А; $t=65$ с; $U_H=75$ В; $I_H=5$ А; $\gamma_V = 1,5\%$; $\gamma_A = 0,5\%$; $\delta_t = 0,1\%$.

Розв'язок. При непрямих вимірюваннях абсолютна похибка оцінюється за формулою

$$\Delta y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right|^2}.$$

де Δx_i – абсолютні похибки вимірювань величин, що вимірюються прямим методом. Скористаємося наведеною формулою для даного прикладу та запишемо

$$\Delta W = \pm \sqrt{\left| \frac{\partial W}{\partial U} \Delta U \right|^2 + \left| \frac{\partial W}{\partial I} \Delta I \right|^2 + \left| \frac{\partial W}{\partial t} \Delta t \right|^2}.$$

Обчислюємо абсолютні похибки для параметрів, вимірюваних прямим методом:

$$\Delta_V = \frac{\gamma_V \cdot U_H}{100} = \frac{1,5 \cdot 75}{100} = 1,125 \text{ В.}$$

$$\Delta_A = \frac{\gamma_A \cdot I_H}{100} = \frac{0,5 \cdot 5}{100} = 0,025 \text{ А.}$$

$$\Delta_t = \frac{\delta_t \cdot t}{100} = \frac{0,1 \cdot 65}{100} = 0,065 \text{ с.}$$

Запишемо похідні:

$$\frac{\partial W}{\partial U} = It; \quad \frac{\partial W}{\partial I} = Ut; \quad \frac{\partial W}{\partial t} = UI.$$

Абсолютна похибка непрямого вимірювання

$$\Delta W = \pm \sqrt{(0,75 \cdot 65 \cdot 1,125)^2 + (30 \cdot 65 \cdot 0,025)^2 + (30 \cdot 0,75 \cdot 0,065)^2} = \pm 73 \text{ Вт}\cdot\text{с.}$$

Результат спостереження: $W = UIt = 30 \cdot 0,75 \cdot 65 = 1462,5 \text{ Вт}\cdot\text{с.}$

Результат непрямого вимірювання: $W = 1463 \pm 73 \text{ Вт}\cdot\text{с.}$

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Визначіть результат вимірювання сили струму на обох межах амперметра ($I_{H1}=2,5$ А; $I_{H2}=5$ А). Загальна кількість поділок $N=100$. Клас точності амперметра – 1,5. При роботі на межі 5 А стрілка показувала 40 поділок.

2. Запишіть результат непрямого вимірювання потужності, якщо виміряна приладом з класом точності 1,0 напруга дорівнює 22 В; а сила струму, виміряна

приладом класу точності 1,5, складає 0,52 А. Прилади мають відповідно межі вимірювань 30 В та 1 А.

3. Розрахуйте відносну похибку при вимірюванні сили струму 10А амперметром з межею вимірювання 30А та класом точності 1,5.

4. Запишіть результат вимірювання електричної енергії, якщо ватметр показував 85 поділок (загальна кількість поділок 100; межа вимірювань 300 Вт), на протязі 40 с. Клас точності ватметра 0,5. Час вимірювався з відотною похибкою 0,05%.

5. Визначіть відносну похибку вимірювання напруги 100 В вольтметром класу точності 2,5 з номінальним значенням напруги 250 В.

6. Запишіть результат непрямого вимірювання фізичної величини $W_H = \frac{L_k I^2}{2}$, якщо $L_k=0,15$ Гн; $I=4,7$ А; межа вимірювань струму 10 А; клас точності амперметра 1,0. Відносна похибка вимірювання індуктивності становить 0,2%.

7. Визначіть межі, в яких знаходиться дійсне значення потужності електричного кола, якщо при вимірюванні ватметром класу точності 0,5 з нормованим значенням 500 Вт зафіксовано 150 Вт.

8. Запишіть результат вимірювання величини $\cos \varphi = \frac{P}{UI}$, якщо напруга 220 В; сила струму 0,7 А; потужність 1255 Вт; межа вимірювань для вольтметра та амперметра відповідно складає 250 В та 10 А; класи точності амперметра та вольтметра 1,0; ватметра – 0,5 з межею вимірювань 3000 Вт.

9. Визначіть клас точності міліамперметра зі шкалою $I_H=0,5$ мА для виміру сили струму $I=0,1 \dots 0,5$ мА за умови, що відносна похибка вимірювання не перевищувала 1%.

10. Оцініть, у якому випадку відносна похибка вимірювання сили струму $I=10$ мА є мінімальною, якщо для вимірювання використано два прилади, які мають відповідно такі шкали: на 15 мА (клас точності 0,5); на 100 мА (клас точності 0,1).

11. Розрахуйте відносну методичну похибку вимірювання сили струму амперметром, внутрішній опір якого становить 0,5 Ом і який увімкнений послідовно з джерелом живлення та опором $R=850$ Ом.

12. Розрахуйте стандартну невизначеність вимірювання періоду сигналу, яка обумовлена джерелами, що мають імовірний характер, та запишіть отримані результати. Ряд рівноточних вимірювань наведений нижче: 0,968; 1,074; 1,032; 1,001; 0,998; 0,975; 1,001; 1,014; 1,002; 1,024; 1,003; 0,999 мс.

13. Розрахуйте стандартну невизначеність вимірювання опору, якщо границі систематичного зміщення при вимірюванні опору визначені при його калібруванні і дорівнюють $0,013R + 0,08$. Найбільш імовірне значення опору складає 1235 Ом. Обґрунтуйте вибір оціненої категорії невизначеності.

14. Розрахуйте дисперсію та невизначеність категорії А при вимірюванні опору. Відомо, що виконано 20 рівноточних вимірювань з експериментальною дисперсією $0,026 \text{ В}^2$.

15. Розрахуйте розширену невизначеність вимірювання амплітудного значення періодичного сигналу, якщо комбінована стандартна невизначеність становить 0,0035 мВ; рекомендований рівень довіри становить 95 % (коефіцієнт охоплення дорівнює 2). Вважати, що складові комбінованої похибки мають нормальний закон розподілу.

16. Розрахуйте стандартну невизначеність вимірювання частоти імпульсів, якщо експериментальна дисперсія середнього, одержаного з 50-ти вимірів в однакових умовах, становить 0,89 Гц².

17. Значення загальної сили струму, що споживається інформаційним комп'ютерним комплексом, розраховували за формулою $I_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n I_k$, де $n = 8$ – кількість ділянок комплексу. Кожну складову I_k вимірювали окремим амперметром з відомим інтервалом похибки $\Delta I = \pm 0,005$ мА. Розрахуйте максимальне значення невизначеності вимірювань та найбільш ймовірне значення невизначеності для рівня довіри 0,99 (коефіцієнт охоплення дорівнює 1,4).

18. Розрахуйте комбіновану стандартну невизначеність вимірювання сили струму $I = \frac{P}{V}$. Відомо: значення $V = 220$ В отримане шляхом прямих однократних вимірювань з $u_B(V) = 0,016$ В; значення потужності $P = 500$ Вт отримане з невизначеністю $u_B(P) = 0,56$ Вт.

19. Загальна потужність, що споживається комп'ютерною мережею, розраховувалася за формулою $P = 7P_1 + 2P_2 + 3P_3$, де P_1, P_2, P_3 – відповідно потужності, що споживаються комп'ютерами однакової конфігурації. Межі інтервалів, у яких знаходяться похибки для всіх вимірюваних потужностей однакові, тобто $\Delta P = 0,030$ Вт. Розрахуйте максимальну розширену невизначеність вимірювання сумарної потужності P , якщо потужність кожного комп'ютера вимірювалась окремим приладом.

20. Розрахуйте комбіновану стандартну невизначеність у відносній формі. Відомо, що найбільш ймовірне значення напруги складає 5,0042 В з дисперсією середнього 0,00011 В²; за даними калібрування приладу невизначеність вимірювання вольтметра не перевищує 0,073 мВ.

Дозволяє студенту ознайомитися з термінами та визначеннями науки метрологія, а також отримати навички обробки експериментальних даних з метою виміру фізичної величини з відомою похибкою або невизначеністю.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ

Розглядаються методи вимірювань та особливості їх реалізації у певних перетворювачах та приладах різного принципу дії

2.1. Класифікація методів та засобів вимірювань

Класифікація методів вимірювань. Взаємодія засобів вимірювань з об'єктом основана на фізичних явищах, сукупність яких складає *принцип вимірювання*. Сукупність прийомів використання принципів та засобів вимірювань називають *методом вимірювань*. Методи вимірювань класифікують за таким принципом (див. рис. 2.1).

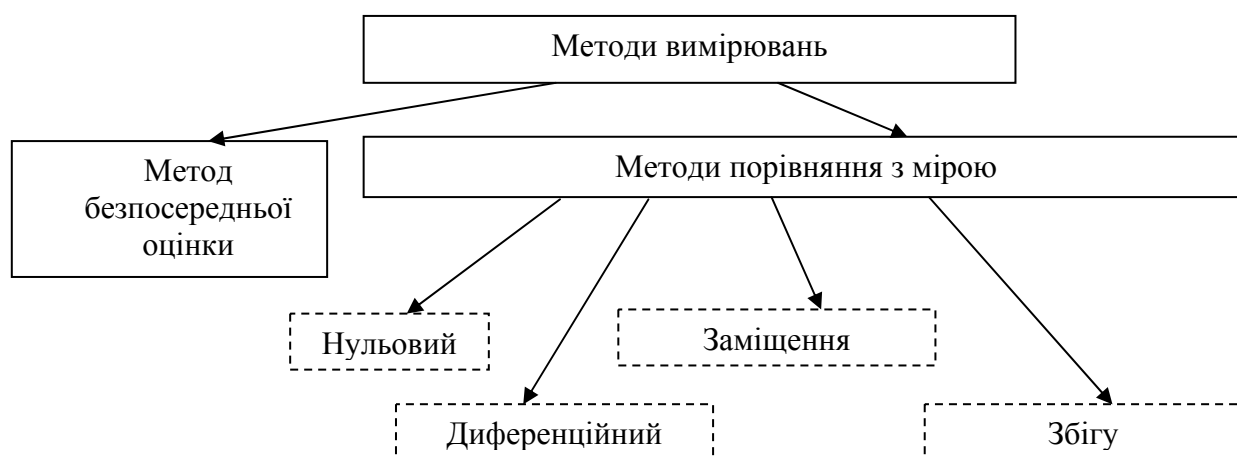


Рис. 2.1. Класифікація методів вимірювань

При *методі безпосередньої оцінки* значення вимірюваної величини визначається за відліковим пристроєм вимірювального приладу прямого перетворення, шкалу якого було проградуєвано за допомогою багатозначної міри, що відтворює відомі значення вимірюваної величини.

Методи порівняння з мірою – методи, при яких виконується порівняння вимірюваної величини та величини, що відтворюється мірою.

При *нульовому методі вимірювань* різниця між вимірюваною величиною та відомою величиною або різниця між ефектами, що відтворюються вимірюваною та відомою величинами, зводиться у процесі вимірювання до нуля, що фіксується високочутливим приладом – нуль-індикатором.

При *диференційному методі* різниця між вимірюваною величиною та відомою величиною, що відтворюється мірою, вимірюється за допомогою вимірювального приладу. Невідома величина визначається на основі інформації про відому величину та виміряну різницю між ними.

При *методі заміщення* на вхід приладу поперемінно подається вимірювана величина та відома і по відліку на шкалі приладу оцінюється значення невідомої величини.

При *методі збігу* визначається різниця між величиною, що вимірюється, та величиною, яка відтворюється мірою, при цьому використовується збіг відміток шкал або періодичних сигналів.

При вимірюванні лінійних величин незалежно від розглянутих методів розрізняють *контактний* та *безконтактний* методи вимірювань.

Залежно від вимірювальних засобів, що використовуються у процесі вимірювань, розрізняють інструментальний, експертний, евристичний та органолептичний методи вимірювань.

Інструментальний метод оснований на використанні спеціальних технічних засобів, у тому числі автоматизованих і автоматичних.

Експертний метод оснований на використанні даних, отриманих декількома спеціалістами. Широко використовується у кваліметрії, спорті, мистецтві, медицині.

Евристичні методи основані на інтуїції. Широко використовується спосіб попарного співставлення, коли вимірювальні величини порівнюються між собою попарно, а потім виконується ранжування за результатами цього порівняння.

Органолептичні методи основані на використанні органів почуття людини (дотику, нюху, зору, слуху, смаку). Часто використовуються вимірювання на основі вражень (конкурси майстрів мистецтв, змагання спортсменів).

Види контролю. *Контроль* – процес отримання та обробки інформації про об'єкт (параметри деталі, механізму, процесу та ін.) з метою знаходження його об'єкта у заданих межах. Класифікація видів контролю така.

1. У разі можливості (або неможливості) використання продукції після виконання контрольних операцій розрізняють *неруйнівний* та *руйнівний* контроль.

При *неруйнівному* контролі відповідність розміру або значення, що контролюється, нормі визначається за результатами взаємодії різних фізичних полів та випромінювань з об'єктом контролю. Інтенсивність полів і випромінювань вибирається такою, щоб не тільки не відбувалося руйнування об'єкта контролю, але й не змінювались його властивості під час контролю. Залежно від природи фізичних полів та випромінювань види *неруйнівного* контролю поділяються на такі групи: акустичні, радіаційні, оптичні, радіохвильові, теплові, магнітні, вихрові, електричні, проникаючих речовин.

При *руйнівному* контролі визначення відповідності (або невідповідності) параметра або значення, що контролюється, нормі супроводжується руйнуванням виробу (об'єкта контролю), наприклад, при перевірці виробу на міцність.

2. За *характером розподілу у часі* розрізняють *безперервний*, *періодичний* та *летючий* контроль.

Безперервний контроль полягає у безперервній перевірці відповідності розмірів або значень, що контролюються, нормам на протязі всього процесу виготовлення або визначення стадії життєвого циклу.

При *періодичному* контролі вимірювальну інформацію отримують періодично через встановлені інтервали часу Δt . Період контролю Δt може бути менш або більш тривалим, ніж час виконання однієї технологічної операції T_o . Якщо $\Delta t = T_o$, то періодичний контроль становиться операційним (або післяопераційним).

Летючий контроль проводять у випадкові моменти часу.

3. Залежно від виконавця контроль поділяється на: самоконтроль, контроль майстром, контроль ВТК (відділом технічного контролю) та інспекційний контроль (спеціально уповноваженими представниками). Інспекційний контроль залежно від того, яка організація уповноважила представника виконувати контроль, поділяється на: відомчий, міжвідомчий, позавідомчий, державний (виконується контролерами Держстандарту).

4. За стадією технологічного (виробничого) процесу розрізняють вхідний, операційний та приймальний контроль. Вхідному контролю підлягає сировина, вихідні матеріали, напівфабрикати, комплектуючі вироби, технічна документація, тобто все те, що використовується при виробництві продукції та її експлуатації. Операційний контроль ще незавершеної продукції виконується на всіх етапах виробничого процесу. Приймальний контроль готових, складальних та монтажних одиниць здійснюється наприкінці технологічного процесу.

5. За характером впливу на хід виробничого (технологічного) процесу контроль поділяється на активний та пасивний. При активному контролі його результати безперервно використовуються для керування технологічним процесом. Можна сказати, що активний контроль може суміщатися з виробничим процесом у єдиний контрольний-технологічний процес. Як правило, він виконується автоматично. Пасивний контроль здійснюється після завершення або окремої технологічної операції, або усього технологічного циклу виготовлення деталі або виробу. Він може бути ручним, автоматизованим або автоматичним.

6. Залежно від місця проведення розрізняють рухомий та стаціонарний контроль. Рухомий контроль проводиться безпосередньо на робочих місцях, де виготовляється продукція (у станка, на складальних і підстроювальних стендах та ін.). Стаціонарний контроль проводиться на спеціально обладнаних робочих місцях. Він застосовується при необхідності створення спеціальних умов контролю; за наявності можливості введення у технологічний цикл стаціонарного робочого місця контролера; при використанні засобів контролю, що застосовуються тільки у стаціонарних умовах; при масовому виробництві.

7. За об'єктом контролю розрізняють контроль якості продукції, товарної та супроводжувальної документації, технологічного процесу, засобів технологічного оснащення, проходження рекламації, дотримання умов експлуатації, а також контроль технологічної дисципліни та кваліфікації виконавців.

8. За числом вимірювань розрізняють однократний та багатократний контроль.

9. За способом відбору виробів, що підлягають контролю, розрізняють суцільний та вибірковий контроль. Суцільний (стовідсотковий) контроль усіх без виключення виготовлених виробів застосовується при індивідуальному та дрібносерійному виробництві на стадії освоєння нової продукції, за аварійними параметрами (розмірами), при селективній зборці. Вибірковий контроль проводиться в усіх інших випадках, найчастіше при крупносерійному та масовому виробництві. Для зменшення витрат на контроль великої партії виробів (яку у математичній статистиці прийнято називати генеральною сукупністю) контролю підлягає тільки частина партії – вибірка, яка формується за певними правилами, що забезпечують імовірний набір виробів. Якщо число бракованих виробів у виборці перевищує встановлену норму, то вся партія (генеральна сукупність) бракується.

Класифікація засобів вимірювань. Засіб вимірювальної техніки – це такий технічний засіб, який застосовується під час вимірювань та має нормовані метрологічні характеристики. Класифікація засобів вимірювань наведена на рис. 2.2.

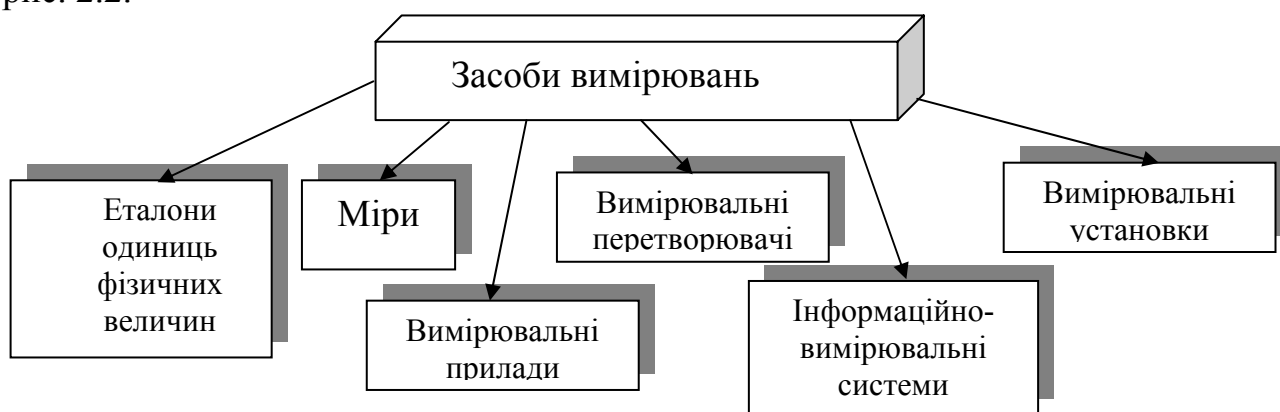


Рис. 2.2. Класифікація засобів вимірювань

Еталон – засіб вимірювальної техніки, який забезпечує відтворення та збереження одиниці виміру одного або декількох значень, а також передачу розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки.

Під *мірою* розуміють засіб виміру, що призначений для відтворення фізичної величини певного розміру. Розрізняють однозначні та багатозначні міри, а також набори мір (гири, кварцові генератори та ін.). Міри, що відтворюють фізичні величини одного розміру, називаються однозначними. Багатозначні міри можуть відтворювати ряд розмірів фізичної величини, часто навіть заповнюючих безупинно деякий інтервал між певними межами. Найбільш розповсюдженими багатозначними мірами є міліметрова лінійка, варіометр та конденсатор змінної ємності. У наборах та магазинах окремі міри можуть поєднуватися у різноманітних сполученнях для відтворення деяких проміжних або сумарних, але обов’язково, дискретних розмірів величин. У магазинах міри поєднані в єдине механічне ціле, обладнане спеціальними перемикачами, які пов’язані з відліковими пристроями. Протилежно цьому набір складається зазвичай із декількох мір, які можуть виконувати свої функції

як окремо, так і у різних сполученнях один з одним (набір прикінцевих мір довжини, набір гир, набір мір добротності й індуктивності та ін.).

Точне порівняння з мірою виконують за допомогою спеціальних технічних засобів – компараторів (рівноплечі ваги, вимірювальний міст та ін.). До однозначних мір відносяться також зразки та зразкові речовини. Стандартні зразки речовин і матеріалів являють собою спеціально оформлені тіла або проби речовин певного та строго регламентованого складу, одна із властивостей яких при певних умовах є величиною з відомим значенням. До них відносяться зразки твердості, шорсткості, білої поверхні, а також стандартні зразки, що використовуються для визначення механічних властивостей матеріалів. Зразкові речовини відіграють велику роль у створенні реперних точок при виконанні шкал. Наприклад, чистий цинк служить для відтворення температури $419,58^{\circ}\text{C}$, золото – $1064,43^{\circ}\text{C}$. Залежно від похибки атестації міри поділяють на розряди (міри 1-го, 2-го і т.д. розрядів), а похибка мір є основою їх поділення на класи. Міри, яким присвоєний той або інший розряд, застосовуються для перевірки вимірювальних засобів і називають зразковими.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювань, що призначений для отримання сигналу вимірювальної інформації у формі, яка доступна для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Найбільшого поширення набули прилади прямої дії, при використанні яких вимірювана величина підлягає ряду послідовних перетворень в одному напрямку, тобто без повернення до вихідної величини. До приладів прямої дії відноситься більшість манометрів, термометрів, амперметрів, вольтметрів.

Найбільшими можливостями володіють прилади, що призначені для порівняння вимірюваних величин з величинами, значення яких відомі. Порівняння здійснюється за допомогою компенсаційних або мостових кіл. Компенсаційні кола застосовуються для порівняння активних величин, тобто маючих у собі деякий запас енергії (сил, тисків та моментів сил, електричних напруг та струмів, яскравості джерел випромінювання). Порівняння провадиться шляхом зустрічного вмикання цих величин у єдиний контур та спостереження їх різницевого ефекта. За цим принципом працюють такі прилади, як рівноплечі та нерівноплечі ваги, вантажопоршневі та вантажопружинні манометричні та вакуумметричні прилади. Для порівняння пасивних величин (електричні, гідравлічні, пневматичні та інші опори) застосовуються мостові ланцюги типу електричних зрівноважених та незрівноважених мостів.

Вимірювальний перетворювач – засіб, який призначений для одержання сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження, але який не підлягає безпосередньому сприйняттю спостерігачем (термопарі, вимірювальні підсилювачі та ін.).

Величина, що перетворюється, називається вхідною, а результат перетворення – вихідною величиною. Співвідношення між ними задається функцією перетворення (статичною характеристикою). Якщо у результаті

перетворення фізична природа величини не змінюється, а функція перетворення є лінійною, то перетворювач називається масштабним або підсилювачем (підсилювачі напруги, вимірювальні мікроскопи, електронні підсилювачі). Слово “підсилювач” зазвичай використовується з визначенням, яке приписується йому залежно від роду перетворюваної величини (підсилювачі напруги, гідравлічний підсилювач) або від виду одиничних перетворень, що відбуваються у ньому (ламповий підсилювач, струминний підсилювач). У тих випадках, коли у перетворювача вхідна величина перетворюється в іншу за фізичною природою, він отримує назву відносно видів цих величин (електромеханічний, пневмоємнісний та ін.).

За принципом дії, що застосовується у приладі, перетворювачі поділяють на: первинні, до яких підводиться безпосередньо вимірювана величина; передавальні, на виході яких утворюються величини, зручні для їх реєстрації та передачі на відстань; проміжні, що займають у вимірювальному колі місце після первинних.

Інформаційно-вимірювальна система – сукупність засобів вимірювань (мір, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів та ін.) та допоміжних пристроїв, що з’єднані між собою каналами зв’язку та призначені для отримання вимірювальної інформації, доступної для спостереження, обробки та керування об’єктами.

Вимірювальна установка – сукупність функціонально та конструктивно з’єднаних засобів вимірювань та допоміжних пристроїв, які призначені для раціональної організації процесу вимірювань.

Вимірювальні прилади можна класифікувати за рядом суттєвих ознак: видом сигналу вимірювальної інформації, за видом представлення вимірювальної інформації, кількістю перетворень вимірювального сигналу, характером установки (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Класифікація вимірювальних приладів

За метрологічним призначенням засоби вимірювань поділяються на зразкові та робочі.

Зразкові – призначені для перевірки як робочих засобів, так і зразкових, тільки менш високої точності.

Робочі – призначені для вимірювання розмірів величин, які використовуються у різноманітній діяльності людини.

Сутність поділення засобів вимірювань на зразкові та робочі полягає не в їх конструкції, не в їх точності, а в їх призначенні.

Вимірювальні сигнали. У рамках єдиної вимірювальної системи інформація о значенні фізичних величин передається від одного засобу вимірювань до іншого за допомогою сигналів. Найчастіше як сигнали використовуються:

- сигнали постійного рівня (постійні електричні струми та напруги, тиск стисненого повітря, світловий потік);
- синусоїдні сигнали (змінний електричний струм або напруга);
- послідовність прямокутних імпульсів (електричних або світлових).

Сигнал характеризується рядом параметрів. У першому випадку єдиним параметром сигналу є його рівень. Синусоїдний сигнал характеризується своєю амплітудою, фазою, частотою; послідовністю прямокутних імпульсів, – амплітудою, фазою, частотою, шириною імпульсів або комбінацією імпульсів різного рівня на протязі певного інтервалу часу. Для того, щоб вихідний сигнал став вимірюваним, необхідно один з його параметрів зв'язати функціональною залежністю з вимірюваною фізичною величиною. Параметр сигналу, вибраний як такий, називається інформаційним, а усі інші параметри – неінформаційним. Процес перетворення вихідного сигналу у вимірювальний, тобто перетворення одного з параметрів вихідного сигналу, що генерується деяким джерелом, у інформативний параметр, називається модуляцією. Залежно від виду модуляції вимірювальні сигнали можна класифікувати таким чином.

Сигнали постійного рівня характеризуються лише одним параметром і тому можуть бути модульовані тільки за рівнем. Рівень сигналу є при цьому мірою вимірюваної величини.

Синусоїдні сигнали можуть модулюватися за амплітудою, фазою, частотою. Залежно від того, який з цих параметрів сигналу є мірою вимірюваної величини, говорять про амплітудно-модульовані, фазово-модульовані або частотно-модульовані сигнали.

Послідовність прямокутних імпульсів може модулюватися за амплітудою (амплітудно-імпульсно модульовані сигнали), за частотою (частотно-імпульсно модульовані сигнали), за фазою (фазово-імпульсно модульовані сигнали) або за шириною імпульсів (широотно-імпульсно модульовані сигнали). Сигнал, у якому різним значенням вимірюваної величини відповідає певна комбінація імпульсів різного рівня, називається кодово-імпульсним або цифровим.

Залежно від характеру зміни інформативного параметра сигналу за рівнем та у часі вимірювальні сигнали поділяються на:

- неперервні за рівнем або аналогові, якщо їх інформативний параметр може приймати будь-які значення у заданому діапазоні;

- дискретні або квантовані за рівнем, якщо їх інформативний параметр може приймати лише деяке обмежене число значень у межах заданого інтервалу;

- неперервні у часі, якщо вони існують протягом усього часу вимірювання або у будь-який момент можуть бути виведені на реєстрацію;

- дискретизовані або квантовані у часі, якщо вони містять інформацію про значення вимірюваної фізичної величини лише на протязі деяких інтервалів часу. До цієї групи відносяться, наприклад, усі види імпульсно-модульованих сигналів.

При аналізі вимірювальних сигналів їх прийнято описувати або функціями часу, або за допомогою спектральних уявлень, оснований на перетвореннях Фур'є або Лапласа.

Методика виконання вимірювань. Основна втрата точності при вимірюваннях відбувається не за рахунок можливої метрологічної несправності застосованих засобів вимірювань, а, у першу чергу, за рахунок недосконалості методів та методик виконання вимірювань. У цілому якість вимірювання залежить від: точності застосованого засобу вимірювань; точності методу вимірювань; впливу зовнішніх факторів. Наприклад, при вимірюванні маси матеріалу, що рухається по транспортеру, точність базового пристрою звичайно у 10–20 разів вище за загальну точність зважування маси; при перевірці ртутних термометрів слід урахувувати точність “зчитування” показань.

Під методикою виконання вимірювань розуміють сукупність методів, засобів, процедур, умов, а також правил обробки експериментальних даних при виконанні конкретних вимірювань. Відповідно до Закону “Про забезпечення єдності вимірювань” вимірювання повинні здійснюватися згідно з атестованими у встановленому порядку методиками.

Розробка методу виконання вимірювань повинна включати:

- аналіз технічних вимог до точності вимірювань, що викладені у стандарті, технічних умовах або технічних завданнях;

- визначення конкретних умов проведення вимірювань;

- вибір випробувального та допоміжного обладнання, а також засобів вимірювань;

- розробку в разі необхідності нестандартних засобів вимірювань;

- дослідження впливу умов проведення вимірювань та підготовку об'єктів, що підлягають випробуванням, до вимірювань;

- встановлення черговості підготовки засобів вимірювань до роботи, послідовності та кількості вимірювань;

- розробку або вибір алгоритму обробки експериментальних даних та правил оформлення результатів вимірювання.

Нормативними технічними документами, що регламентують методику виконання вимірювань, є:

1. Державні стандарти або методичні вказівки Держстандарту щодо методик виконання вимірювань. Стандарт розробляється у тому випадку, якщо застосовані засоби вимірювань внесено до Державного реєстру засобів вимірювань.

2. Галузеві методики виконання вимірювань, що використовуються в одній галузі.

3. Стандарти підприємств на методики виконання вимірювань, що використовуються на одному підприємстві.

У технічній документації на методики виконання вимірювань передбачаються: норма точності вимірювань; специфіка вимірюваної величини (діапазон, найменування продукції та ін.); максимальна автоматизація вимірювань та обробки даних.

Методики виконання вимірювань перед їх уводом в дію повинні бути *атестовані* або *стандартизовані*.

Атестація включає: розробку та затвердження програми атестації; виконання досліджень згідно з програмою; складання та оформлення звіту про атестацію; оформлення атестату методики виконання вимірювань. При атестації повинна бути перевірена правильність встановлення усіх факторів, які впливають на точність вимірювань, встановлена достовірність їх результатів. Атестацію методик виконання вимірювань покладають на державні та відомчі метрологічні служби. При цьому державні метрологічні служби проводять атестацію методик тільки точних, відповідальних вимірювань, а також вимірювань, що проводяться в організаціях Держстандарту України.

Стандартизація методик застосовується для вимірювань, що широко розповсюджені на підприємствах. Методики виконання вимірювань періодично переглядаються з метою їх удосконалення.

2.2. Метрологічні показники та характеристики засобів вимірювань

Метрологічні показники засобів вимірювань. При виборі засобу вимірювань та залежно від заданої точності отримання інформації необхідно враховувати метрологічні показники. До них відносяться:

1. *Довжина поділки шкали* – це відстань між серединами двох сусідніх позначок (штрихів, точок і тому подібне) шкали.

2. *Ціна поділки шкали* – це різниця значень величин, що відповідають двом сусіднім позначкам шкали (у мікрометра вона дорівнює 0,01 мм).

3. *Градуйована характеристика* – залежність між значеннями величин на виході та на вході засобів вимірювань.

4. *Діапазон показань* – область шкали, що обмежена кінцевим та початковим значеннями шкали, тобто найбільшим і найменшим значенням вимірюваної величини.

5. *Діапазон вимірювань* – область значень вимірюваної величини, у межах якої нормовані припустимі значення похибки засобу вимірювань.

6. *Чутливість приладу* – відношення змін сигналу на виході вимірювального приладу до змін вимірюваної величини (сигналу) на вході. Так, якщо величина зміни вимірюваної величини $\Delta d = 0,01$ мм, що викликало переміщення стрілки показувального пристрою на $\Delta l = 10$ мм, то абсолютна чутливість приладу $S = \Delta l / \Delta d = 10/0,01 = 1000$. Для шкальних вимірювальних приладів абсолютна чутливість чисельно дорівнює передаточному відношенню.

7. *Варіація* (нестабільність) показань приладу – алгебраїчна різниця між найбільшим та найменшим результатами вимірювань при багатократному вимірюванні однієї й тієї величини у постійних умовах.

8. *Стабільність* засобу вимірювань – властивість, що виражає сталість у часі його метрологічних характеристик (показань).

Метрологічні характеристики засобів вимірювань. Усі засоби вимірювань незалежно від їх будови мають ряд загальних властивостей, необхідних для виконання функціональних операцій. Технічні характеристики, що описують ці властивості та впливають на результати й похибки вимірювань, називають *метрологічними характеристиками* засобів вимірювань. Залежно від специфіки та призначення засобів вимірювань нормуються різні набори або комплекси метрологічних характеристик. Однак ці комплекси повинні достатньо точно враховувати властивості засобів вимірювань при оцінці похибки вимірювань.

Набір метрологічних характеристик, що входять в установлений комплекс, вибирають так, щоб забезпечити можливість їх контролю при прийнятних витратах. В експлуатаційній документації на засоби вимірювань наводять рекомендовані методи розрахунку інструментальної складової похибки вимірювань при використанні засобів даного типу в реальних умовах застосування.

Згідно з ГОСТ 8.009-84 передбачається така номенклатура метрологічних характеристик:

1. Характеристики, що призначені для визначення результатів вимірювань (без уведення поправок):

- функція перетворення вимірювального перетворювача;
- значення однозначної або багатозначної міри;
- ціна поділки шкали вимірювального приладу або багатозначної міри;
- вид вхідного коду, число розрядів коду, ціна одиниці найменшого розряду засобів вимірювань, призначених для видачі результатів у цифровому коді.

2. Характеристики похибок засобів вимірювань включають: значення похибки, її систематичні та випадкові складові, похибки випадкової складової.

Для систематичної складової похибки засобів вимірювань вибирають такі характеристики:

- значення систематичної складової;
- математичне очікування та середнє квадратичне відхилення систематичної складової похибки.

Для випадкової складової похибки вибирають такі характеристики:

- середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки;
- середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки та нормалізовану автокореляційну функцію або функцію спектральної щільності випадкової складової похибки.

У нормативно-технічній документації на конкретні види або типи засобів вимірювань допускається нормувати функції або щільності розподілення ймовірностей систематичної та випадкової складових похибки.

3. Характеристики чутливості засобів вимірювань до величин, що впливають, вибираються із:

- функції впливу;
- змінення значень метрологічних характеристик засобів вимірювань, що викликано коливаннями величин у встановлених межах.

4. Динамічні характеристики відображають інерційні властивості засобів вимірювань при впливі на них змінних у часі величин – параметрів вхідного сигналу, зовнішніх величин, навантаження.

За ступенем повноти опису інерційних властивостей засобу вимірювань динамічні характеристики поділяють на повні та часткові.

До повних динамічних характеристик відносяться:

- диференційне рівняння, що описує роботу засобу вимірювань;
- передавальна функція;
- перехідна характеристика;
- імпульсна перехідна характеристика;
- амплітудно-фазова характеристика;
- амплітудно-частотна характеристика для мінімально-фазових засобів вимірювання;
- сукупність амплітудно-фазових та фазово-частотних характеристик.

Частковими динамічними характеристиками можуть бути окремі параметри повних динамічних характеристик або характеристики, що повністю не відображують динамічні властивості засобів вимірювань, але необхідні для виконання вимірювань з потрібною точністю (наприклад, час реакції, коефіцієнт демпфірування, значення амплітудно-частотної характеристики на резонансній частоті, значення резонансної власної колової частоти). Комплекс їх оговорюється у відповідних стандартах.

Норми на окремі метрологічні характеристики наводяться в експлуатаційній документації (паспорті, технічному описі, інструкції з експлуатації та ін.) у вигляді номінальних значень, коефіцієнтів функцій, що задані формулою, таблицями або графіками меж припустимих відхилень від номінальних значень функції.

Метрологічна надійність засобів вимірювань. У процесі експлуатації будь-якого засобу вимірювань може виникнути несправність або поломка, що зветься *відмовою*. Метрологічна надійність – це властивість засобів вимірювань зберігати встановлені значення метрологічних характеристик протягом певного періоду часу при нормальних режимах та робочих умовах експлуатації. Вона

характеризується інтенсивністю відмов, імовірністю безвідмовної роботи та напрацюванням на відмову.

Метрологічна атестація засобів вимірювань. Під метрологічною атестацією розуміють дослідження засобу вимірювань, що виконується метрологічним органом з метою визначення його метрологічних властивостей та видачі відповідного документа з отриманими даними. За результатами метрологічної атестації засобу вимірювань приписуються певні метрологічні характеристики, визначається можливість його застосування як зразкового або робочого для вимірювань. На теперішній час під метрологічною атестацією зазвичай розуміють усебічне дослідження зразкових або нестандартизованих засобів вимірювань, а також стандартних зразків властивостей речовин та матеріалів.

Нестандартизовані засоби вимірювань (НЗВ). Установлена послідовність метрологічного забезпечення експлуатації нестандартизованих засобів вимірювань, яка розповсюджується також на:

- завезені з-за кордону одиничні екземпляри;
- одиничні екземпляри серійних засобів вимірювань, що відрізняються від умов, для яких нормовані їх метрологічні характеристики;
- серійно виготовлені зразки, у схему та конструкцію яких внесено зміни, що впливають на їх метрологічні характеристики.

Нестандартизованими можуть бути як робочі, так і зразкові засоби вимірювань.

Задачами метрологічного забезпечення НЗВ є:

1. Дослідження метрологічних характеристик та встановлення відповідності засобу вимірювань вимогам технічних завдань або паспорту (проекту) заводу-виробника.
2. Встановлення раціональної номенклатури НЗВ.
3. Забезпечення засобами атестації, перевірки (НТД по перевірці) при їх розробці, виготовленні та експлуатації.
4. Забезпечення постійної придатності до застосування за призначенням з нормованою для них точністю.
5. Зменшення термінів та зниження витрат на розробку, виготовлення та експлуатацію.

Критерії якості вимірювань. Якість вимірювань характеризується точністю, достовірністю, правильністю, збіжністю та відтворюваністю вимірювань, а також розміром припустимих похибок.

Точність – це якість вимірювань, що відображує близькість їх результатів до істинного значення вимірюваної величини. Висока точність вимірювань відповідає малим як систематичним, так і випадковим похибкам.

Достовірність вимірювань характеризує ступінь довіри до результатів вимірювань. Достовірність оцінки похибок визначають на основі законів теорії ймовірностей та математичної статистики. Це надає можливість для кожного конкретного випадку вибрати засоби та методи вимірювань, що забезпечують одержання результату, похибки якого не перевищують заданих з необхідною достовірністю.

Під *правильністю* вимірів розуміють якість вимірювань, що відображує близькість до нуля систематичних похибок у результатах вимірювань.

Збіжність – це якість вимірювань, що відображує близькість результатів вимірювань одного й того ж параметра, виконаних повторно одними й тими засобами, одним й тим самим методом в однакових умовах з однаковою ретельністю.

Відтворюваність – це така якість вимірювань, яка відображує близькість результатів вимірювань, що виконуються у різних умовах (у різний час, у різних місцях, різними методами та засобами).

Вибір вимірювального засобу при підготовці та плануванні вимірювального експерименту. Обґрунтований вибір вимірювального засобу потрібен як для метрологічного, інженерного та наукового експерименту, так і для практичної діяльності в умовах виробництва та надання послуг. Експеримент є головним знаряддям наукового методу пізнання, на якому основана наука. Лише експеримент, що надає повторювані результати, піддається відтворенню різними дослідниками та дозволяє встановити або підтвердити наукову істину. Експеримент включає ряд досвідів, у процесі кожного з яких відбувається відтворення розглядаємого явища у певних умовах проведення експерименту при можливості реєстрації його результатів.

Для проведення метрологічного експерименту необхідно: визначитися з методикою виконання вимірювань; вибрати метод вимірювання, засіб вимірювання та допоміжні пристрої; підготуватися до вимірювання та опробування засобу вимірювань; здійснити контроль умов виконання вимірювань; установити число спостережень при вимірюванні; врахувати систематичні похибки та зменшити їх; обробити результати спостережень та оцінити похибку вимірювань; інтерпретувати та навести результати вимірювань; округлити результати спостережень та вимірювань.

Методика виконання вимірювань (МВВ) – нормативно-технічний документ, у якому встановлено сукупність операцій та правил, виконання яких забезпечує отримання необхідних результатів вимірювань. У МВВ повинно розглядатися: її призначення, норми точності та галузь застосування; метод (методи) вимірювань; вимоги до засобів вимірювань та допоміжних пристроїв, необхідних для виконання вимірювань; вимоги до безпеки разом з екологічною; вимоги до кваліфікації операторів; умови виконання вимірювань; операції підготовки до виконання вимірювань; експериментальні операції, що виконуються для одержання результатів спостережень при вимірюваннях; способи обробки результатів спостережень та оцінки показників точності вимірювань; вимоги до оформлення результатів вимірювань.

Розробку або вибір МВВ починають з аналізу об'єкта, умов і цілей вимірювань та встановлення відповідної моделі об'єкта вимірювань. Під моделлю (що містить фізичні, математичні, структурні, сенсові та інші аспекти) об'єкта вимірювань (ОВ) розуміють формалізований опис самого об'єкта, оснований на сукупності знань про ОВ, що вже відомі. За вимірювані величини слід приймати такі параметри або характеристики моделі ОВ, які найбільше

відповідають меті вимірювань. Похибками моделі можна знехтувати, якщо вони не перевищують 10% від припустимої похибки вимірювань.

Критерії вибору методу вимірювань визначаються прийнятою моделлю ОВ та доступними засобами вимірювань. При виборі методу вимірювань домагаються того, щоб похибка методу вимірювань, або складова систематичної похибки вимірювань, що зумовлена недосконалістю прийнятих моделей та методу вимірювань (інакше, теоретична похибка), не позначалася помітно на результуючій похибці вимірювання, тобто не перевищувала 30% від неї. Зміни вимірюваних параметрів моделі протягом циклу спостережень, як правило, не повинні перевищувати 10% від заданої похибки вимірювання. Якщо можливі альтернативи, то враховують і економічні поняття: непотрібне перевищення точності моделі та методу вимірювань призводить до необґрунтованих витрат. Це саме відноситься і до вибору засобів вимірювань.

Критерії вибору засобів вимірювань та допоміжних пристроїв визначаються вимірюваною величиною, прийнятим методом вимірювань та потрібною точністю результату вимірювань (нормами точності). Виміри із застосуванням засобів вимірювань недостатньої точності малоцінні (навіть безглузді), так як можуть стати причиною невірних виводів. Застосування надмірно точних засобів вимірювань економічно не вигідно. Враховують також діапазон змін вимірюваної величини, умови вимірювань, експлуатаційні якості засобу вимірювань та їх вартість.

Підготовка до вимірів та опробування засобів вимірювань. При проведенні вимірювань оператор повинен:

1. Підготувати ОВ (наприклад, очистити) та створити необхідні (за науково-технічною документацією) умови для вимірювань (випробувань) – встановити прилад у робоче положення, подати живлення, увімкнути охолодження, прогріти необхідний час і т.д.

2. Опробувати засіб вимірювання.

3. Зробити 2–3 пробних спостереження та порівняти результати з очікуваними значеннями. При значній розбіжності результатів проаналізувати причини та усунути їх.

Контроль умов виконання вимірювань. Збереження метрологічних характеристик засобів вимірювань гарантується для нормальних умов експлуатації. Однак реальне проведення вимірювань у цих нормальних умовах мало ймовірно. Тому в експлуатаційній документації на засоби вимірювань указуються межі нормальної області значень величин, що впливають, виходити за які при виконанні вимірювань не припускається через виникнення додаткової похибки засобу вимірювань. Рекомендується виділити (визначити) робочий простір, усередині якого дією впливу цих величин можна знехтувати.

Згідно з ГОСТ 8.050-73 “Нормальні умови виконання лінійних та кутових вимірювань” та ГОСТ 8.395-80 “Нормальні умови вимірювань при перевірці” передбачено межі нормальної області значень цих величин, які встановлюються залежно від допусків та діапазону вимірюваних розмірів. Засоби виміру

величин, що впливають, вибирають такими, щоб їх похибка не перевищувала 30% від припустимих змін цих величин.

Встановлення числа спостережень при вимірюваннях. Не слід ототожнювати поняття “вимірювання” зі “спостереженням при вимірюванні” – експериментальною операцією, що виконується в процесі вимірювань, у результаті якої отримують одне значення величини (відліку) – результат спостережень, що підлягає обробці для отримання результату вимірювань. Система цих понять необхідна для однозначного викладення вимірювальних процедур.

Найбільшого розповсюдження на виробництві набули вимірювання з однократними спостереженнями. Випадкову похибку вважають зневажно малою у порівнянні з невиключеним залишком систематичної похибки (НСП), якщо $Q/S(x) > 8$, де Q – межа НСП результату вимірювань; $S(x)$ – середнє квадратичне відхилення окремих спостережень.

Іноді для підвищення надійності таких вимірювань (виключення промахів) роблять 2–3 спостереження та за результат вимірювання приймають середнє арифметичне значення цих спостережень. Якщо число спостережень $n > 4$, то вимірювання виконують декілька разів, потім результати статистично для отримання інформації про випадкову складову похибки. При зростанні n середнє квадратичне відхилення випадкової похибки результату вимірювань $S(x)$ зменшується за законом зворотної пропорційності. Цим керуються при виборі спостереження n для потрібного зменшення $S(x)$, наприклад, у порівнянні з НСП результату вимірювань Q , що не залежить від n (до виконання умови $Q/S(x) > 8$, коли подальше зростання n не має сенсу).

Врахування систематичних похибок та способи їх зменшення. Систематичні похибки, як правило, не проявляються при спостереженнях або обчисленнях результатів вимірювань, але спроможні суттєво спотворити ці результати.

При розробці засобів вимірювань та методик виконання вимірювань, тобто ще до початку вимірювань систематичні похибки більш-менш повно виключаються (наприклад, уведенням адитивних та мультиплікативних поправок). Тому при виконанні спостережень та оцінці результатів вимірювань мають справу з невиключеними їх залишками – НСП. Систематичну похибку в даному розділі необхідно розуміти саме як невиключену систематичну похибку. Для встановлення НСП рекомендується виконати вимірювання іншим, максимально відмінним від базового методом; змінити умови спостережень; використати інші засоби вимірювань; змінити оператора, час вимірювань (наприклад, провести їх у нічний час, коли вимкнено технологічне обладнання); виконати контрольне вимірювання у лабораторії іншої організації або у метрологічній установі, де є більш точні засоби вимірювань та методики виконання вимірювань; виконати теоретичну (розрахункову) оцінку НСП із залученням апріорних знань про об’єкт вимірювань, більш точних та інших моделей, методів та засобів вимірювань.

Для зменшення (виключення) НСП у ході виконання вимірювань застосовують такі методи:

1. Метод заміщення. Його сутність полягає в тому, щоб при заміні вимірюваної величини відомою (мірою) у стані та дії усіх використаних засобів вимірювань не відбувалося ніяких змін.

2. Метод протиставлення. Вимірювання виконується з двома спостереженнями, що реалізуються так, щоб причина НСП визивала різні, але відомі закономірності впливу на результати спостережень.

3. Метод компенсації похибки за знаком. Передбачає вимірювання з двома наглядами, які виконуються так, щоб НСП входила у результат кожного з них з різними знаками.

4. Метод рандомізації (переводу систематичної похибки у випадкову) полягає в тому, щоб фактор, який викликає НСП, при кожному спостереженні діє по-різному.

5. Метод симетричних спостережень застосовується для виключення прогресуючих систематичних похибок, що лінійно змінюються відносно часу. Для цього використовують наступні властивості будь-яких двох спостережень, що симетричні відносно середньої точки інтервалу спостережень: середнє значення лінійно прогресуючої похибки результатів будь-якої пари симетричних спостережень дорівнює похибці, що відповідає середній точці інтервалу. Серію спостережень виконують через рівні інтервали часу та обчислюють потім середні арифметичні значення результатів симетрично розташованих спостережень (симетрично відносно середнього за часом спостереження). Як було відмічено, вони повинні бути рівними. Це надає можливість контролювати у ході вимірювання, виконується чи ні умова лінійності зростання систематичної похибки. Описані методи повинні враховуватися при розробці методики виконання вимірювань.

2.3. Аналогові електромеханічні вимірювальні прилади

Аналогові електромеханічні прилади призначені для вимірювання електричних величин, при цьому вимірювальний механізм перетворює електричну енергію, отриману від допоміжної величини, в механічну енергію переміщення рухомої частини приладу.

Узагальнена структурна схема аналогового електромеханічного приладу наведена на рис. 2.4.

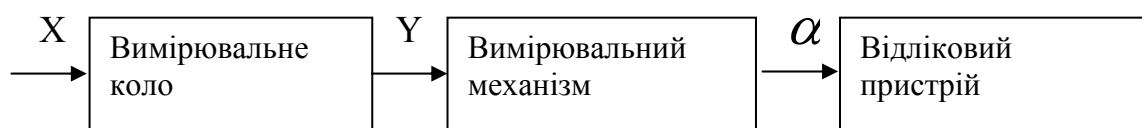


Рис. 2.4. Структурна схема електромеханічного приладу

Вимірювальне коло перетворює електричну величину X у допоміжну величину Y , функціонально пов'язану з X . При цьому величина Y може бути безпосередньо оброблена вимірювальним механізмом.

Вимірювальний механізм – основна складова електромеханічного приладу. Він призначений для операцій перетворення електромагнітної енергії в механічну, що необхідна для створення кута відхилення α .

Між кутом відхилення та фізичною вимірюваною величиною існує однозначна функціональна залежність

$$\alpha = f(Y) = F(X). \quad (2.1)$$

Аналогові електромеханічні прилади, як правило, відносяться до приладів безпосередньої оцінки, тобто за кутом повороту α і визначається вимірювана величина.

Кількісна оцінка вимірюваної величини здійснюється за допомогою відлікового пристрою, який складається зі стрілки, пов'язаної з вимірювальним механізмом, та шкали.

Ціна поділки шкали визначається як

$$c = \frac{X_H}{N}, \quad (2.2)$$

де X_H – кінцеве значення шкали на даній межі вимірювань; N – кількість поділок шкали.

При русі стрілки вимірювального механізму електромеханічного приладу вимірювальний сигнал передає рухомій частині приладу певну кількість енергії. При цьому на рухому частину діє декілька моментів. Диференціальне рівняння моментів, що описує роботу вимірювального механізму, матиме вигляд

$$J \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = \sum M, \quad (2.3)$$

де J – момент інерції рухомої частини вимірювального механізму; α – кут відхилення рухомої частини (стрілки); $\frac{d^2 \alpha}{dt^2}$ – кутове прискорення.

При русі стрілки на рухому частину вимірювального механізму впливають такі моменти (права частина рівняння (2.3)):

1. Обертальний момент, який залежить від вимірюваної величини $M_{об} = f_1(X)$ та визначається змінням енергії електромагнітного поля.

2. Протидійний момент, який створюється за допомогою спеціальних пружин та розтяжок. Протидійний момент пропорційний куту закручування або куту відхилення рухомої частини вимірювального механізму.

3. Момент заспокоєння, який може створюватися заспокоювачами різної конструкції, наприклад, повітряними, магнітоіндукційними, рідинними. Заспокоювач швидко гасить коливання рухомої частини у процесі вимірювань.

Залежно від способу створення обертального моменту електромеханічні вимірювальні прилади можна поділити на такі групи: магнітоелектричні, електромагнітні, електродинамічні, феродинамічні, електростатичні.

Тип вимірювального механізму обов'язково вказується на лицьовій панелі аналогових приладів у вигляді умовних позначень, регламентованих згідно з державними стандартами.

Розглянемо стисло принцип дії, особливості, переваги та недоліки основних типів електромеханічних приладів.

У приладах магнітоелектричного типу переміщення рухомої частини вимірювального механізму здійснюється за рахунок взаємодії поля постійного магніту та електричного струму, який проходить через котушку. Виходячи з принципу дії, можна зробити висновок, що магнітоелектричні прилади призначені для вимірювання постійного струму та напруги. Перевагою таких приладів є рівномірна шкала, оскільки обертальний момент змінюється пропорційно вимірюваній фізичній величині:

$$M_{BP} = I \frac{d\psi}{dt}, \quad (2.4)$$

де I – електричний струм, що вимірюється; ψ – потокозчеплення.

Окрім рівномірної шкали, перевагами приладів магнітоелектричної системи є висока точність вимірювань. Недоліки – складність конструкції та невисока перевантажувальна здатність.

Різновидом магнітоелектричних засобів вимірювань є прилади, в яких використовується магнітоелектричний механізм логометричного типу. Він складається з двох котушок та постійного магніту. Котушки формують обертальні моменти, які направлені один проти одного. Кут відхилення рухомої частини вимірювального механізму логометра визначається відношенням струмів у рамках.

У вимірювальних приладах електромагнітної системи обертальний момент створюється за рахунок взаємодії магнітного поля котушки зі струмом та рухомого феромагнітного пелюстка. При цьому обертальний момент можна визначити таким чином:

$$M_{BP} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}, \quad (2.5)$$

де $\frac{dL}{d\alpha}$ – похідна індуктивності котушки за кутом переміщення осердя.

Серед переваг вимірювальних механізмів електромагнітної системи можна назвати такі: можливість роботи у колах змінного струму, велика перевантажувальна здатність, можливість безпосереднього вимірювання великих струмів та напруг, простота та надійність конструкції. Недоліки – нерівномірна шкала (див. формулу – обертальний момент вимірювального механізму пропорційний квадрату струму), значне споживання енергії, суттєвий вплив на результат вимірювань змін частоти, зовнішніх магнітних полів та температури.

Електродинамічні вимірювальні прилади працюють за принципом взаємодії магнітних потоків двох котушок – рухомої та нерухомої. Електричні

струми, що протікають у котушках, та відповідні до них магнітні потоки при взаємодії створюють обертальний момент вигляду

$$M_{BP} = I_p I_H \frac{dM_{p.n.}}{d\alpha}, \quad (2.6)$$

де I_p, I_H – відповідно струм у рухомій та нерухомій котушках; $\frac{dM_{p.n.}}{d\alpha}$ – похідна моменту взаємодії за кутом відхилення рухомої частини вимірювального механізму.

Феродинамічні амперметри і вольтметри, як і електродинамічні, мають обертальний момент, пропорційний квадрату величини, що вимірюється. Феродинамічні прилади у яких великий обертальний момент, застосовуються переважно для кіл змінного струму та мають невисокий клас точності.

Принцип дії електростатичних вимірювальних приладів ґрунтується на взаємодії сил, що виникають між двома різнозарядженими пластинами. За конструкцією електростатичні прилади подібні конденсаторам з однією рухомою та однією нерухомою пластинами. Переваги таких приладів – можуть застосовуватися у колах змінного та постійного струмів, показання приладів відповідають середньоквадратичному значенню вимірюваної величини. Недоліки: квадратична шкала, мала чутливість, невисока точність. Прилади електростатичної системи потребують використання екранів та не виключена можливість електричного пробоя.

2.4. Аналогові електронні вимірювальні прилади

Електронні аналогові вимірювальні прилади – це засоби вимірювань, у яких перетворення сигналів вимірювальної інформації здійснюється за допомогою аналогових електронних пристроїв. На сьогодні широкого розповсюдження набули електронні вольтметри, амперметри, омметри, ватметри, фазометри, частотоміри, аналізатори спектру та електронно-променеві осцилографи.

Слід відзначити, що вихідний сигнал аналогових електронних вимірювальних приладів є неперервною функцією вхідної фізичної величини. Основні вузли, що входять до складу електронних вимірювальних приладів: генератори, підсилювачі напруги та струму, фільтри, модулятори та демодулятори, електронні схеми множення та поділу, перетворювачі роду струму.

Серед переваг аналогових електронних приладів можна виділити такі: висока чутливість, значний діапазон вимірювань, широкий спектр частот дослідних сигналів. До недоліків можна віднести: необхідність джерела живлення, залежність результатів вимірювань від коливань температури та електромагнітних перешкод.

Для дослідження параметрів каналів передачі інформації у системах телекомунікації та зв'язку широке розповсюдження набули електронно-променеві осцилографи (ЕПО).

Перевагою ЕПО є можливість отримання не тільки кількісних значень окремих амплітудних та часових параметрів електричних сигналів, але і спостереження форми сигналів у реальному масштабі часу.

Наприклад, ЕПО застосовуються для оцінки параметрів цифрових сигналів у системах передачі даних, що використовують оптичне волокно. При цьому за допомогою осцилографа досліджуються цифрові сигнали у вигляді прямокутних імпульсів (див. розділ 3.4).

Таким чином, ЕПО призначені для візуального спостереження форми досліджуваних електричних сигналів; дозволяють виконувати вимірювання амплітудних та часових параметрів електричних сигналів у широкому спектрі частот.

Принцип дії осцилографа оснований на керуванні рухом пучка електронів шляхом впливу на нього електричної вимірюваної напруги. Головним вузлом осцилографа є електронно-променева трубка, яка забезпечує перетворення дослідної напруги у певний рух електронного променя.

Складові частини електронно-променевої трубки зображені на рис. 2.5.

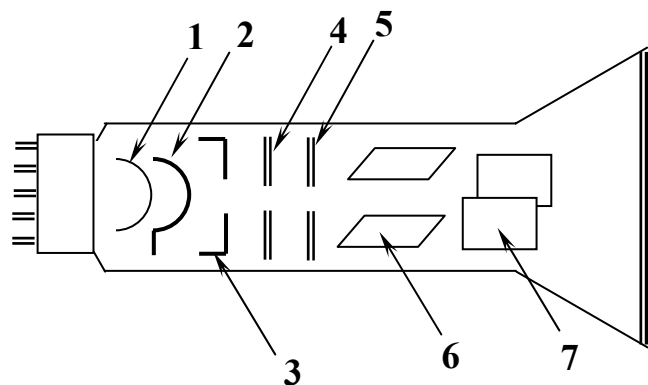


Рис. 2.5. Схематичне зображення електронно-променевої трубки ЕПО

Електронно-променева трубка виконує дві основні функції:

1. Служить джерелом електронного променя. Джерелом електронної емісії є холодні або розжарювальні катоди.
2. Здійснює керування рухом електронного променя.

Створення електронного променя та керування його рухом здійснюється за допомогою електричних та магнітних полів. Найбільш розповсюдженими є розжарювальні катоди та електростатичне керування електронним променем.

Екран електронно-променевої трубки має покриття із спеціальної речовини – люмінофору, що світиться під впливом електронів. Потік електронів формується так званою електронною пушкою. Електронна пушка складається з нитки розжарювання 1 та катода 2.

Для керування рухом потоку електронів, що випромінюються електронною пушкою, використовується модулятор 3 та два аноди 4 і 5. Фокусування потоку електронів здійснюється у полі між анодами 4 та 5. Перший з них має назву “фокусуючий”, а другий зазвичай зветься “прискорюючим”. Під дією

позитивної напруги, прикладеної до фокусуєчого 4 та прискорюєчого 5 анодів, потік електронів летить через отвори до екрана.

Далі потік електронів потрапляє у відхиляючу систему електронно-променевої трубки, що складається з двох пар пластин, які розташовані у взаємно перпендикулярних площинах.

Якщо на вертикальні відхиляючі пластини подати синусоїдальну напругу, то її вплив викличе коливання електронного променя у вертикальному напрямку. При цьому на екрані з'явиться вертикальна лінія, довжина якої буде пропорційна подвійній амплітуді досліджуваного сигналу.

Для того, щоб побачити на екрані криву досліджуваного сигналу, що змінюється за часом (тобто “розгорнутого” по осі абсцис), треба забезпечити рух електронного променя з постійною швидкістю вздовж горизонтальної осі. Для цього на горизонтально відхиляючі пластини подається лінійно зростаюча напруга від спеціального генератора. Щоб промінь при зворотному русі не залишав слід на екрані електронно-променевої трубки, на модулятор 3 подається негативна напруга, яка гасить електронний промінь.

Для візуального спостереження форми дослідного сигналу необхідно, щоб зображення кривої сигналу на екрані було нерухомим. Якщо між досліджуваним сигналом та сигналом генератора розгортки немає ніякого зв'язку, то графічне зображення на екрані буде рухатися управо або уліво залежно від різниці частот зазначених сигналів.

Нерухомість осцилограми одержують шляхом регулювання частоти генератора розгортки та його синхронізацією. Під синхронізацією розуміють таке регулювання частоти розгортки, при якому частота генератора лінійно зростаючої напруги дорівнює частоті джерела досліджуваного сигналу чи є кратною до неї (рис. 2.6).

При практичному здійсненні синхронізації використовуються два її варіанти:

1. Внутрішня синхронізація – використовується джерело досліджуваного сигналу, який отримуємо саме від підсилювача вертикального відхилення.
2. Зовнішня синхронізація – використовується джерело стороннього сигналу, який подається на гніздо осцилографа “ВХІД СИНХР”.

Серед основних вузлів ЕПО необхідно розглянути такі:

1. Блок живлення. Забезпечує роботу усіх вузлів ЕПО, зокрема, живлення нитки розжарювання, генератора, підсилювачів горизонтального та вертикального відхилення, фокусування та прискорення електронного променя.

2. Підсилювач каналу горизонтального відхилення. На цей підсилювач сигнал подається від генератора розгортки. Підсилювач каналу горизонтального відхилення забезпечує формування сигналу лінійно зростаючої напруги такого рівня, щоб електронний промінь шляхом відповідного регулювання міг відхилитися на весь екран. Компонентами підсилювача горизонтальної розгортки є регулятор довжини лінії розгортки та регулятор зміщення лінії розгортки по горизонтальній осі.

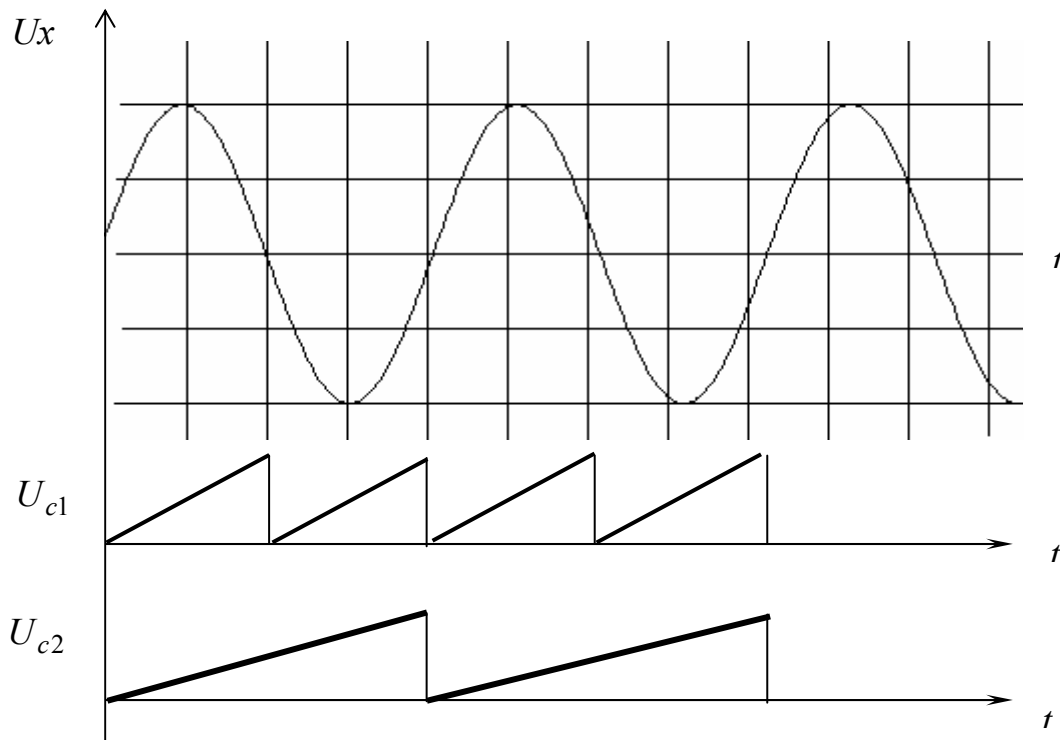


Рис. 2.6. Криві для ілюстрації принципу синхронізації

3. Канал вертикального відхилення складається з вхідного атенюатора (подільвача вхідної напруги) та двох підсилювачів. Атенюатор зв'язаний із засобом регулювання масштабного множника за напругою на лицьовій панелі осцилографа. Він дозволяє вибирати амплітуду зображення на екрані електронно-променевої трубки залежно від амплітуди коливань досліджуваного сигналу. На вході каналу вертикального відхилення розташований перемикач, який дозволяє усунути з кривої досліджуваного сигналу постійну складову ("закритий вхід") або залишити сигнал без подібного перетворення ("відкритий вхід").

4. Генератор розгортки формує лінійно зростаючу напругу (див. рис. 2.6) виду U_{c1} , U_{c2} . Частоту лінійно зростаючої напруги можна регулювати грубо та плавно, для чого на лицьову панель осцилографа виведені відповідні перемикачі та регулятори.

Основними метрологічними характеристиками осцилографів є такі: чутливість S_U (мм/В) або калібрований коефіцієнт відхилення $k = 1/S_U$; смуга пропускання підсилювача вертикального відхилення; діапазон частот або тривалість розгортки; вхідний опір та вхідна ємність підсилювача вертикального відхилення; коефіцієнт гармонік підсилювача вертикального відхилення; похибки калібрування.

При вимірюванні напруг осцилографом виникають такі похибки:

- номінального коефіцієнта відхилення по вертикалі δ_{BB} ;

- перетворення, що викликано нерівномірністю перехідної характеристики δ_H ;
- візуальна похибка δ_ϵ .

Середня сумарна похибка вимірювання напруги визначається за формулою

$$\delta_U = \sqrt{\delta_{BB}^2 + \delta_H^2 + \delta_\epsilon^2} . \quad (2.7)$$

Осцилографи за метрологічною точністю поділяють на чотири класи, яким відповідають певні числові характеристики основних нормованих параметрів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Класи точності осцилографів

Параметр	Норма похибки для ЕПО класу точності			
	1	2	3	4
Основна похибка вимірювання напруги, %	3	5	10	12
Основна похибка коефіцієнтів відхилення, %	2,5	4	8	10
Основна похибка вимірювання часових інтервалів, %	3	5	10	12
Основна похибка коефіцієнта розгортки, %	2,5	4	8	10
Нерівномірність вершини перехідної характеристики, %	1,5	2	3	5

Застосування осцилографів. Спектр дослідних задач, для яких можуть бути застосовані ЕПО, дуже широкий. Це визначається насамперед його універсальними властивостями як вимірювального приладу. ЕПО використовують для дослідження кривих напруг та струмів у електричних колах низьких та високих частот; для спостереження короткочасних та імпульсних явищ у цифровій обчислювальній техніці, вимірювально-обчислювальних комплексах, у радіотехніці, системах телекомунікації та зв'язку.

Перелічимо основні різновиди вимірювальних задач, які можуть бути розв'язані за допомогою ЕПО, та методи їх практичної реалізації.

1. Вимірювання амплітудних параметрів електричних сигналів та їх миттєвих значень.

Для кількісної оцінки амплітудних параметрів періодичних сигналів (розмах, амплітуда, діюче, середнє значення, максимальне та мінімальне значення сигналу за період або певний інтервал часу) використовують такі методи:

а) Метод каліброваної шкали, що оснований на вимірюванні лінійних розмірів зображення сигналу безпосередньо за шкалою екрана електронно-променевої трубки.

Наприклад, амплітуда вимірювального синусоїдного сигналу розраховується так (рис. 2.7):

$$U_m = \frac{N_1 \cdot m_U}{2}, \quad (2.8)$$

де N_1 – кількість клітин, що відповідають розмаху синусоїдного сигналу; m_U – масштабний множник напруги, “Вольт на одну поділку”.

Діюче значення синусоїдного сигналу

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (2.9)$$

Осцилограма напруги на активному опорі R за формою співпадає з осцилограмою струму в цьому колі ($u_R = iR$). На базі цього можна розрахувати амплітудні параметри сили струму за законом Ома $I_m = U_m / R$.

У разі відсутності активного опору для вимірювання струму в коло додатково необхідно приєднати безреактивний шунт і виміряти на ньому відповідну напругу.

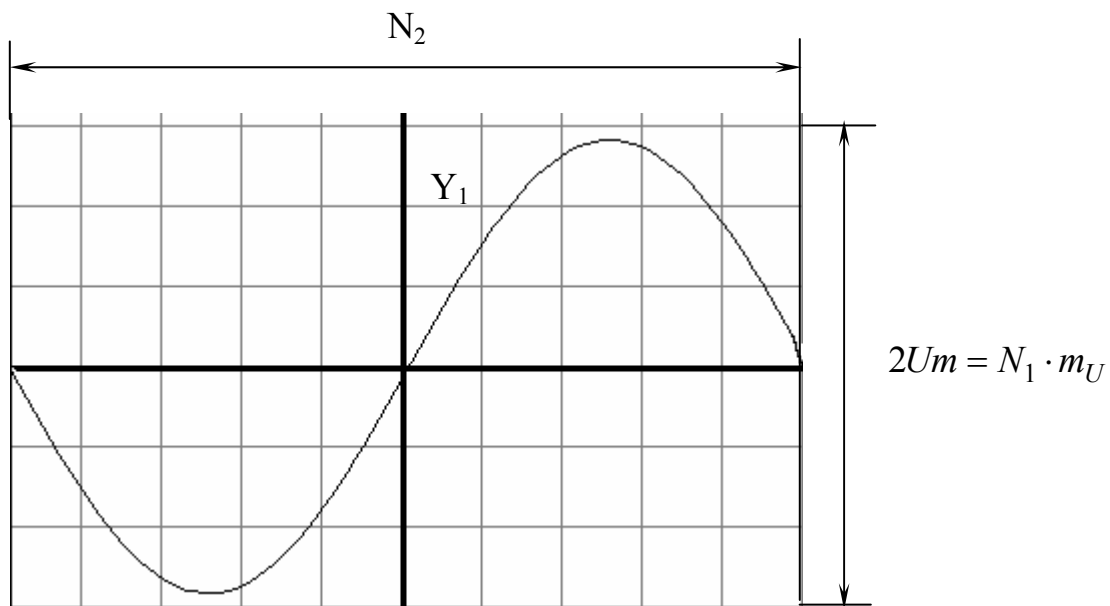


Рис. 2.7. Крива для виміру амплітудних та часових параметрів синусоїдного сигналу

б) Вимірювання амплітуди методом заміщення. Метод ґрунтується на заміщенні вимірювальної частини сигналу каліброваною напругою (тобто напругою з відомими параметрами). Метод заміщення ефективно використовувати при вимірюванні малих за амплітудою періодичних сигналів, звичайне спостереження форми яких на екрані осцилографа призводить до значних похибок.

в) Вимірювання амплітудних параметрів методом протиставлення. Сутність методу полягає в тому, що у диференційному підсилювачі вхідного каналу Y досліджуваний сигнал компенсується каліброваним. Метод забезпечує високу точність при вимірюванні малих сигналів.

2. Вимірювання часових параметрів періодичних сигналів (частота, період, кут зсуву фаз між різними сигналами).

а) Вимірювання часових інтервалів методом каліброваної шкали. Аналогічно вимірюванню амплітудних значень, цей метод оснований на вимірюванні лінійних розмірів часових інтервалів по осі абсцис безпосередньо за шкалою екрана електронно-променевої трубки з урахуванням масштабу за часом (рис. 2.7).

При цьому період сигналу $T = N_2 \cdot m_S$, де N_2 – кількість клітинок, що відповідає періоду сигналу на екрані осцилографа; m_S – масштабний множник часу, “с на одну поділку”. Частота сигналу $f = \frac{1}{T}$.

б). Вимірювання часових інтервалів за допомогою каліброваних міток. В основу методу покладений принцип створення на кривій досліджуваного сигналу міток зразкової частоти, що досягається подачею на модулятор електронно-променевої трубки (вхід Z на лицьовій панелі осцилографа) сигналу з вимірювального генератора.

При дослідженні імпульсів також застосовують рухому мітку, яку називають стрибкоподібним сигналом. Цю мітку переміщують уздовж лінії розгортки від опорного до вимірюваного імпульсу. Відлік часу здійснюється за положенням рукоятки, за допомогою якої керують стрибкоподібним сигналом.

в) Вимірювання часових інтервалів за допомогою затриманої розгортки. Метод оснований на зміщенні зображення вздовж лінії розгортки відносно вибраної нерухомої точки .

Затримана розгортка запускається імпульсом, який є опорним.

Тривалість розгортки регулюється таким чином, щоб на екрані було видно одночасно опорний імпульс та імпульс, яким закінчується вимірювальний інтервал – стоп-імпульс.

2.5. Цифрові вимірювальні прилади

До *цифрових вимірювальних приладів* (ЦВП) відносяться засоби вимірювань, які автоматично видають дискретні сигнали вимірювальної інформації у цифровій формі.

Згідно з прийнятими стандартами у ЦВП нормується основна відносна похибка, яка визначається за такою формулою:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right], \quad (2.10)$$

де X_k – кінцеве значення діапазону вимірювань; x – поточне значення вимірюваної величини; c і d – коефіцієнти, що характеризують клас точності приладу в кінці та на початку діапазону.

Згідно з ГОСТ 8.401-80 при нормованій формі (2.10) клас точності цифрового приладу позначається умовно дробом, що має вигляд c/d , наприклад 0,01/0,005.

Загальна структурна схема ЦВП наведена на рис. 2.8.

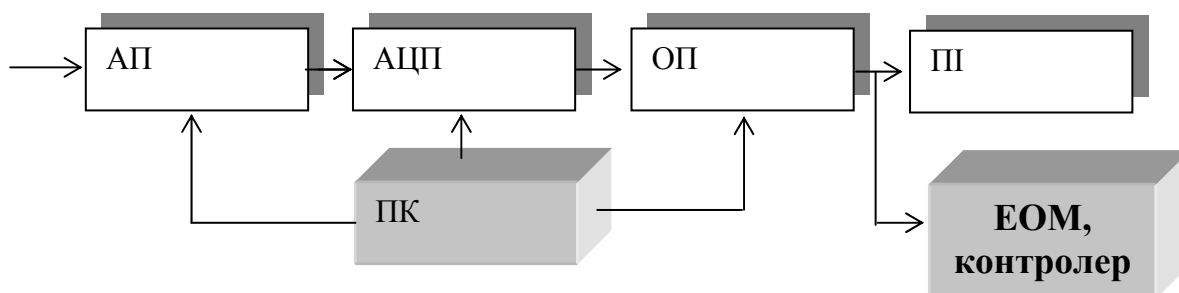


Рис. 2.8. Структурна схема ЦВП

На рисунку використано таке скорочення: АП – аналоговий перетворювач; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ОП – обчислювальний пристрій; ПК – пристрій керування; ІІ – пристрій індикації.

АП служить для масштабного перетворення вимірюваної величини до значення, що може бути використане у наступних перетвореннях. Вхідний та вихідний сигнали АП є аналоговими сигналами.

Основною частиною ЦВП, що характеризує його принципову відміну від засобів вимірювань, розглянутих раніше, є аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Основна функція АЦП – перетворення аналогового (неперервного) сигналу в цифровий код, тобто дискретний сигнал.

Для перетворення аналогового сигналу в цифровий необхідно виконати дві операції:

1. Дискретизацію за часом.
2. Квантування за рівнем.

Для перетворення аналогового сигналу в цифровий використовуються електронні інтегральні схеми, що призначені для роботи з неперервними та дискретними сигналами.

Під *дискретизацією* неперервної величини розуміється операція її перетворення у дискретну за часом, тобто величину, значення якої відрізняються від нуля та співпадають із відповідними значеннями вихідної величини тільки у певні моменти часу. Інтервал між двома сусідніми моментами часу існування дискретної величини прийнято називати *шагом дискретизації*.

Під *квантуванням* за рівнем розуміється операція її перетворення у квантовану величину, що має у певному діапазоні кінцеву множину значень.

Конкретні числові значення квантованої величини можуть відповідати тільки певним заданим рівням, що називають рівнями квантування. Різниця між двома сусідніми рівнями квантування має назву шаг квантування.

Таким чином, після операцій дискретизації та квантування на виході АЦП маємо дискретний сигнал – цифровий код, який може бути поданий на вхід ПІ (попередньо перетворений з двоїчного у десятковий код у ОП). Цифровий код також може бути переданий по лініях зв'язку (шинах даних) до ЕОМ, мікроконтролерів. Узгодження роботи вузлів цифрового приладу виконується за допомогою ПУ.

2.6. Інформаційно-вимірювальні системи

Визначення інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) було наведено у п.2.1. З цього визначення можна зробити висновок, що до ІВС відносять системи, у яких окрім функцій вимірювання великої кількості фізичних величин, виконуються операції обробки, перетворення та збереження інформації. ІВС являють собою специфічний різновид засобів вимірювань.

Серед основних вузлів ІВС можна назвати такі:

1. Сукупність різноманітних первинних перетворювачів. Кількість та функціональне призначення перетворювачів визначається потребами виробництва. Вони можуть бути розміщені стаціонарно або переміщатися у межах технологічного об'єкта.

2. Множина вимірювальних перетворювачів (вторинних, проміжних), наприклад, масштабних перетворювачів аналогових сигналів, комутаторів аналогових та цифрових сигналів, обчислювальних пристроїв.

3. Канали зв'язку (аналогові та цифрові), інтерфейсні прилади.

4. Вимірювальні прилади, що показують або реєструють.

5. Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.

6. Різноманітні електронні цифрові пристрої, що мають додаткове призначення, наприклад, комутуюча апаратура; пристрої пам'яті; мікропроцесори, ЕОМ; інтелектуальні датчики; віртуальні вимірювальні прилади.

Розподілення структури ІВС у просторі визначається насамперед особливостями технологічного об'єкта або процесу на основі аналізу інформаційних потоків. У зв'язку з цим розрізняють такі види топологічної організації зазначених систем у просторі:

Ланцюгова структура. Для неї характерно, що передача вимірювальної та додаткової інформації відбувається послідовно від одного функціонального вузла до іншого.

Радіальна структура. Застосовується для побудови ІВС, у складі якої існує явно виражений центр для збору, зберігання та обробки інформації, тобто усі вузли ІВС можуть “спілкуватися” один з одним тільки через певний центральний пристрій керування.

Магістральна структура. Використовується для об'єктів, які займають

велику площу у просторі, що обумовлює необхідність передачі сигналів на значні відстані (наприклад, шахта). Для такого роду технологічних об'єктів раціональним варіантом є вибір магістральної структури, до складу якої входить загальна шина даних (так звана магістраль) та приєднуються усі вузли ІВС.

За способом організації алгоритму функціонування ІВС прийнято поділяти на такі види:

1. ІВС із *жорстким* алгоритмом функціонування є найбільш простим варіантом реалізації цих систем. Для них використовується заздалегідь задані алгоритми функціонування, які забезпечують алгоритмічну та програмну підтримку найбільш простих операцій збору, перетворення, збереження та відображення інформації. Головний недолік такого роду ІВС – відсутність можливості переналагодження та перепрограмування алгоритму їх дії.

2. ІВС, що потребують *перепрограмування*. До складу такого класу систем при проектуванні включають ЕОМ, мікропроцесори, які припускають можливість перепрограмування у процесі експлуатації.

3. *Адаптивні* ІВС здатні самі підстроюватися під зміну умов експлуатації, параметрів технологічних процесів та об'єктів виробництва. Математичною основою таких ІВС є сучасні методи адаптивних систем керування; алгоритмічною – методи об'єктно-орієнтовного програмування.

4. *Інтелектуальні* ІВС. Метрологічною базою таких систем є використання сучасних інтелектуальних датчиків; мікропроцесорів; модулів збору вимірювальної інформації із крейтовою структурою; віртуальних вимірювальних приладів та ін. Математично ІВС базуються на таких принципах математичної формалізації та обробки інформації, що вважалися раніше прерогативою тільки інтелекту людини. На сьогодні такими є експертні системи, фрейми, штучні нейронні мережі, нечітка (fuzzy) логіка. Найважливіша ознака інтелектуальних ІВС – можливість самонавчання та виводу нового знання.

Окрім розглянутих класифікацій ІВС також використовують і класифікацію за функціональним призначенням. За цією класифікаційною ознакою розрізняють: вимірювальні системи (ВС), системи автоматичного контролю (САК), системи технічної діагностики (СТД), системи розпізнавання образів (СРО), телевимірювальні інформаційні системи (ТВІС).

Вимірювальні системи призначені для збору, передачі та відображення кількісної вимірювальної інформації без виконання будь-яких специфічних перетворень, обробки та аналізу вимірювальної інформації.

Системи автоматичного контролю застосовуються для детермінованих об'єктів або об'єктів, які умовно вважають детермінованими. САК призначені для контролю технологічних процесів, при цьому характер поведінки та параметри їх відомі. Головною відмінністю цих систем є те, що вони здійснюють контроль співвідношення між поточним (вимірним) станом технологічного об'єкта або процесу та встановленою апріорно “нормою”. Норма визначається або як результат попередніх розрахунків, або як результат

імітаційного моделювання з використанням формалізованої моделі досліджуваного об'єкта або процесу. За результатами контролю робиться висновок про стан об'єкта контролю. Знанням на виході САК є відношення (кластеризація) досліджуваного технологічного об'єкта або процесу до одного з можливих якісних станів, а не одержання кількісної інформації про певні фізичні величини або параметри.

САК поділяються на такі види: вбудовані в об'єкт контролю або зовнішні відносно до нього. Вбудовані САК застосовуються переважно у складному радіоелектронному (у тому числі телекомунікаційному) обладнанні і входять у комплект такого обладнання, але мають обмежені властивостями конкретної технології характеристики. Зовнішні САК, як правило, більш універсальні і можуть бути застосовані для розв'язання різного роду задач.

Системи технічної діагностики являють собою сукупність:

- множин апріорно відомих можливих станів об'єктів та процесів;
- множин інформаційних сигналів про стан об'єктів та процесів;
- алгоритмів їх співставлення.

Сукупність об'єктів та процесів на виробництві складає технічну систему, тому об'єктами технічної діагностики виступають технічні системи. Кінцевою задачею діагностики є визначення поточного стану такої системи, наприклад, його класифікація на працездатний та непрацездатний з паралельною локалізацією несправностей.

Сучасні програмні засоби СТД реалізують комбінаційний або послідовний метод діагностики. Комбінаційний пошук передбачає певну кількість числа перевірок стану досліджуваної технічної системи незалежно від послідовності їх виконання у часі. Послідовний пошук полягає у поступовому аналізі результатів кожної перевірки стану та подальшому прийнятті рішення на проведення наступної перевірки у майбутньому.

Окрім того, за функціональними можливостями СТД поділяють на діагностичні та прогнозуючі. Виходячи з назви, можна зазначити, що діагностичні системи виконують функцію прийняття рішень про факт несправності та його місце розташування; прогнозуючі – додатково забезпечують видачу інформації про можливу поведінку технічної системи у майбутньому на основі аналізу попередніх її станів.

Системи розпізнавання образів призначені для визначення ступеня відповідності між досліджуваним технічним об'єктом (або процесом) та еталонним зразком. Як еталонний зразок може розглядатися бажаний стан реального процесу або результати, отримані на виході імітаційної моделі.

Телевимірвальні інформаційні системи призначені для вимірювання параметрів зосереджених та розосереджених об'єктів. Доцільно використовувати ТВІС у гірничо-металургійній галузі виробництва, наприклад, у шахтах, на рудниках, збагачувальних фабриках, великих металургійних підприємствах.

Виділення ТВІС у окрему групу ІВС обґрунтовано особливостями їх практичної реалізації на виробництві, де існують розосереджені технологічні

об'єкти. Наприклад, на гірничо-збагачувальних комбінатах відстань між об'єктами, параметри яких повинні вимірюватися, складає понад 25–30 км. Для таких виробництв необхідно вибирати специфічне обладнання для передачі вимірювальної інформації та розробляти спеціальні мережеві рішення, щоб досягнути максимального техніко-економічного ефекту. Основними вимогами до мереж передачі даних у розосереджених системах є висока завадостійкість, достатня швидкість передачі даних, низька вартість кабелю. На сьогодні перспективним рішенням для таких систем є впровадження безпроводового Ethernet.

Як уже було відзначено, ІВС являють собою специфічний різновид засобів вимірювань, тобто для ІВС повинні бути нормовані метрологічні характеристики, аналогічно іншим видам вимірювальної апаратури. Оскільки ІВС – це складний технічний об'єкт, що призначений загалом для одержання та обробки вимірювальної інформації різного роду, то для ІВС у цілому не можна отримати метрологічну оцінку її параметрів. Для визначення параметрів ІВС, як засобу вимірювань, у її складі розрізняють так звані структурні одиниці, для яких можуть бути кількісно нормовані окремі метрологічні характеристики. Найбільшою структурною одиницею є вимірювальний канал ІВС.

Вимірювальний канал (ВК) – конструктивно або функціонально виділена частина ІВС, що виконує кінцеву функцію від сприйняття вимірюваної величини до отримання результату вимірювань, який виражається числом або відповідним йому кодом, або до отримання аналогового сигналу, один з параметрів якого є функцією вимірюваної величини. Типова структура ВК складається з таких компонентів, див. рис. 2.9.

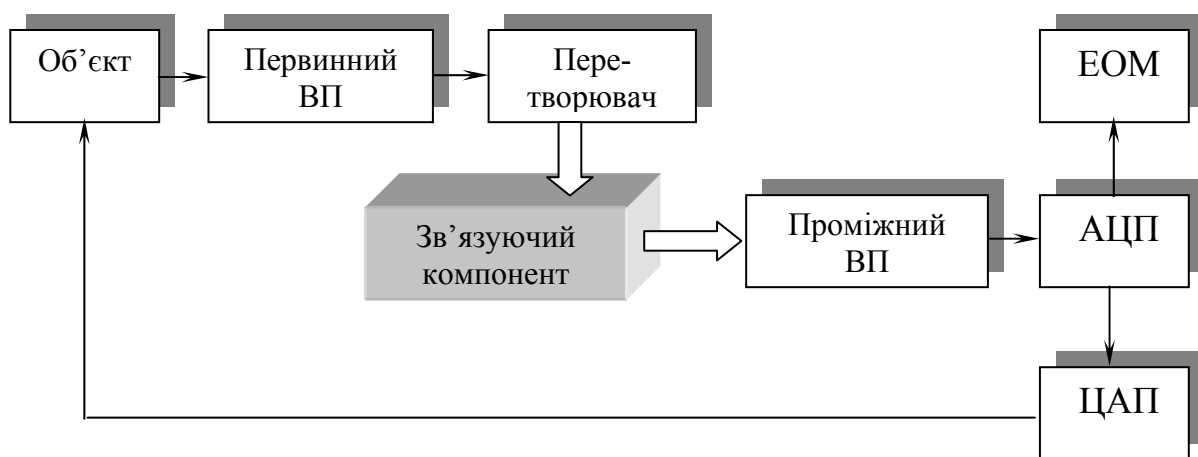


Рис. 2.9. Структура ВК ІВС

Інформація з технологічного об'єкта надходить до первинного вимірювального перетворювача (ВП); далі (за необхідності) вимірювальна інформація підлягає додатковим (наприклад, масштабним) перетворенням. З'язуючим компонентом ВК ІВС є технічний пристрій або частина

навколишнього середовища, яке призначене або використовується для передачі вимірювальної інформації. Як компонент можуть бути застосовані: проводова лінія зв'язку; лінія зв'язку з оптичного волокна; радіоканал; телефонна лінія; високовольтна лінія електропередач з відповідною каналоутворюючою апаратурою. Після проходження апаратури передачі даних вимірювальна інформація знов підлягає змінам у проміжному вимірювальному перетворювачі до виду, що може бути оброблений за допомогою АЦП.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

2.1. Що розуміють під методом вимірювань? Відповідь: сукупність прийомів використання принципів та засобів вимірювань.

2.2. Які Ви знаєте різновиди методу порівняння з мірою? Відповідь: нульовий, диференційний, заміщення, збігу.

2.3. Як розрізняють методи вимірювань залежно від вимірювальних засобів, використаних у процесі вимірювань? Відповідь: інструментальний, експертний, евристичний, органолептичний.

2.4. Як розрізняють види контролю за характером розподілу у часі? Відповідь: безперервний, періодичний, летючий.

2.5. Дайте визначення поняттю «засіб вимірювань». Відповідь: засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань та має нормовані метрологічні характеристики.

2.6. Як класифікують засоби вимірювань? Відповідь: еталони одиниць фізичних величин, міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, інформаційно-вимірювальні системи, вимірювальні установки.

2.7. Перелічіть різновиди нормативних технічних документів, які регламентують методику виконання вимірювань. Відповідь: 1) державні стандарти або методичні вказівки Держстандарту до методик виконання вимірювань; 2) галузеві методики виконання вимірювань; 3) стандарти підприємств.

2.8. Перелічіть відомі Вам метрологічні показники засобів вимірювань. Відповідь: довжина поділки шкали, ціна поділки шкали, градуйована характеристика, діапазон показань, діапазон вимірювань, чутливість приладу, варіація (нестабільність) показань приладу, стабільність засобу вимірювань.

2.9. Що розуміється під метрологічною надійністю засобів вимірювань? Відповідь: це властивість засобів вимірювань зберігати встановлені значення метрологічних характеристик протягом певного часу при нормальних режимах та робочих умовах експлуатації.

2.10. Які існують критерії якості вимірювань? Відповідь: точність, достовірність, правильність, збіжність, відтворюваність.

2.11. Охарактеризуйте принцип дії аналогових електромеханічних вимірювальних приладів.

Відповідь: даний вид приладів призначений для вимірювання електричних величин, при цьому вимірювальний механізм перетворює електричну енергію,

отриману від допоміжної величини, у механічну енергію переміщення рухомої частини приладу.

2.12. Перелічіть основні види вимірювальних завдань, які можуть бути вирішені за допомогою електронно-променевих осцилографів.

Відповідь: вимірювання амплітудних параметрів періодичних та імпульсних електричних сигналів та їх миттєвих значень; вимірювання часових параметрів періодичних та імпульсних електричних сигналів.

2.13. Які основні операції з сигналом виконуються аналого-цифровим перетворювачем?

Відповідь: дискретизація за часом, квантування за рівнем.

2.14. Перелічіть види топологічної організації інформаційно-вимірювальних систем у просторі.

Відповідь: колова, радіальна, магістральна.

2.15. Наведіть класифікацію інформаційно-вимірювальних систем за призначенням.

Відповідь: вимірювальні системи, системи автоматичного контролю, системи технічної діагностики, системи розпізнавання образів, телевимірювальні інформаційні системи.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

Приклад 1. Електронно-променевий осцилограф (ЕПО) приєднаний до електричного кола за схемою, що на рис. 2.10.

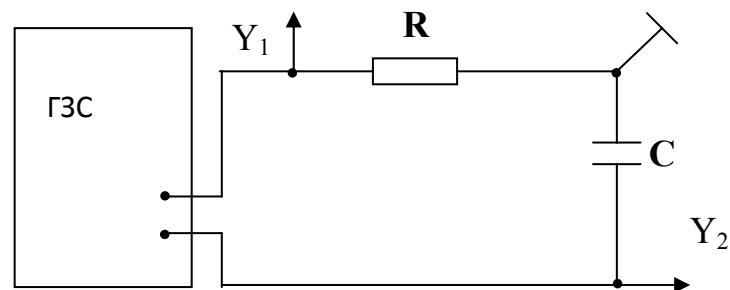


Рис. 2.10. Схема приєднання ЕПО в досліджуване коло

У схемі використано такі електричні прилади: ГЗС – генератор звукових сигналів, R – активне навантаження, Y_1 та Y_2 – виводи двоканального осцилографа.

На екрані ЕПО при такій схемі приєднання отримано зображення як на рис. 2.11.

Відомо, що масштаб за напругою становить 0,2 В/см, масштаб за часом – 1 с/поділка; $R=200$ Ом; клас точності осцилографа – 3.

Використовуючи наведене на рис. 2.11 зображення дослідних синусоїдних сигналів та значення масштабних коефіцієнтів, необхідно записати результат вимірювань таких величин:

- частота;
- період;
- кут зсуву фаз;
- амплітуда;
- діюче значення.

Результат вимірювання необхідно подавати та округлювати відповідно до діючих стандартів.

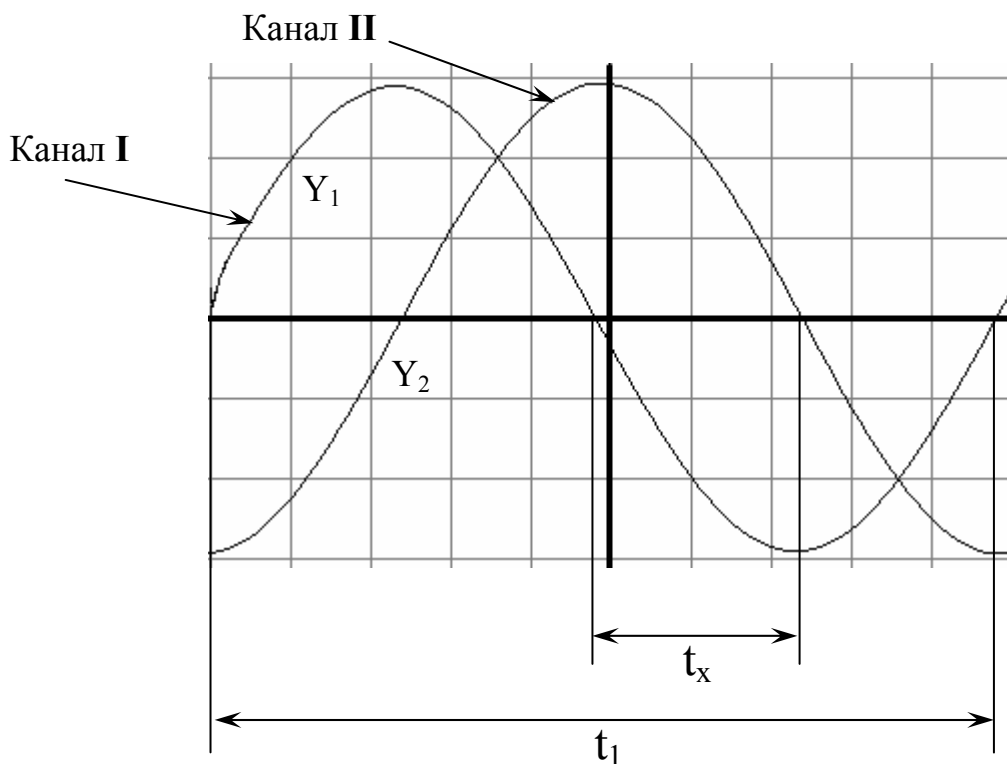


Рис. 2.11. Осцилограма періодичного сигналу

Розв'язок. Для першого каналу період сигналу знайдемо за формулою $T = N_2 \cdot m_s$, де N_2 – кількість клітинок, що відповідає періоду сигналу; $m_s = 1 \text{ с / под}$ – масштаб за часом. Таким чином, період сигналу $T = 9,8 \cdot 1 = 9,8 \text{ с}$.

Частота сигналу

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{9,8} = 0,10 \text{ Гц.}$$

Амплітуда сигналу

$$U_m = \frac{N_1 \cdot m_U}{2},$$

де $N_1 = 5,8$ – кількість клітинок, що відповідає розмаху синусоїдного сигналу; $m_U = 0,2 \text{ В/см}$ – масштаб за напругою. Підставивши у формули кількісні значення параметрів, отримаємо:

$$U_m = \frac{5,8 \cdot 0,2}{2} = 0,58 \text{ В.}$$

Діюче значення напруги синусоїдного сигналу $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{0,58}{\sqrt{2}} = 0,41 \text{ В.}$

Амплітуду струму знайдемо згідно із законом Ома:

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{0,58}{200} = 2,9 \text{ мА.}$$

Діюче значення синусоїдного струму

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{2,9}{\sqrt{2}} = 2,1 \text{ мА.}$$

Фазовий зсув

$$\varphi = \frac{360}{t_1} t_x = \frac{360}{9,8} 2,5 = 92 \text{ град,}$$

де $t_1 = T = 9,8 \text{ с}$; $t_x = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ с}$.

Для запису результату вимірювань згідно з вимогами діючих стандартів необхідно кількісно оцінити абсолютну похибку вимірювань. Відомо, що клас точності осцилографа дорівнює 3. Такому класу точності відповідає відносна похибка $\delta = 10\%$.

Абсолютні похибки розраховуємо за формулою

$$\Delta = \frac{\delta \cdot X}{100\%}.$$

Абсолютна похибка вимірювання періоду

$$\Delta T = \frac{10 \cdot 9,8}{100} = 0,98 \text{ с.}$$

Абсолютна похибка вимірювання частоти

$$\Delta f = \frac{10 \cdot 0,1}{100} = 0,01 \text{ Гц.}$$

Абсолютна похибка вимірювання амплітуди струму

$$\Delta I_m = \frac{10 \cdot 2,9}{100} = 0,29 \text{ мА.}$$

Абсолютна похибка вимірювання діючого значення струму

$$\Delta I = \frac{10 \cdot 2,1}{100} = 0,21 \text{ мА.}$$

Абсолютна похибка вимірювання амплітудного значення напруги

$$\Delta U_m = \frac{10 \cdot 0,58}{100} = 0,058 \text{ В.}$$

Абсолютна похибка вимірювання діючого значення напруги

$$\Delta U = \frac{10 \cdot 0,41}{100} = 0,041 \text{ В.}$$

Абсолютна похибка вимірювання кута зсуву фаз $\Delta\varphi = \frac{10 \cdot 92}{100} = 9,2 \text{ град.}$

Запишемо результати вимірювань згідно з державними стандартами:

- період $T = 9,80 \pm 0,98 \text{ с};$
- частота $f = 0,10 \pm 0,01 \text{ Гц};$
- амплітуда струму $I_m = 2,90 \pm 0,29 \text{ мА};$
- діюче значення струму $I = 2,10 \pm 0,21 \text{ мА};$
- амплітудне значення напруги $U_m = 0,580 \pm 0,058 \text{ В.}$
- діюче значення напруги $U = 0,410 \pm 0,041 \text{ В.}$
- кут зсуву фаз $\varphi = 92,0 \pm 9,2^\circ.$

Приклад 2. За допомогою цифрового вольтметра з класом точності 0,01/0,002 та діапазоном вимірювань 0–10 В отримано результат спостережень 8,34 В. Розрахувати абсолютну та відносну похибки, записати результат вимірювань.

Розв'язок. Для цифрового вольтметра згідно з класом точності нормується основна відносна похибка вимірювань у вигляді

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{U_k}{U} - 1 \right) \right],$$

де c – зведена похибка в кінці діапазону вимірювань; d – зведена похибка на початку діапазону вимірювань; U_k – межа вимірювань.

$$\delta = \pm \left[0,01 + 0,002 \left(\frac{10}{8,34} - 1 \right) \right] = \pm 0,01 \text{ \%}.$$

Абсолютну похибку розрахуємо за формулою

$$\Delta U = \frac{\delta \cdot U}{100\%} = \frac{0,01 \cdot 8,34}{100} = 0,00083 \text{ В.}$$

Результат вимірювання:

$$U = 8,34000 \pm 0,00083 \text{ В.}$$

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗКУ

1. Визначіть максимальне значення періодичного сигналу за інтервал часу вимірювання та запишіть результат вимірювання, якщо отримана осцилограма має вигляд, як на рис. 2.12. Масштаб за напругою “2В/поділка”; клас точності осцилографа – 1, якому відповідає значення відносної похибки 2%.

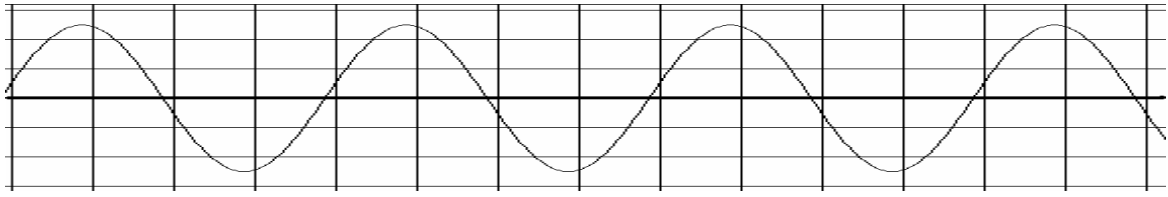


Рис. 2.12. Осцилограма періодичного синусоїдного сигналу

2. Визначіть максимальне негативне значення періодичного сигналу за інтервал часу вимірювання та запишіть результат вимірювання, якщо отримана осцилограма має вигляд як на рис. 2.13. Масштаб за напругою “5mV/поділка”; клас точності осцилографа – 2, якому відповідає значення відносної похибки 3%.

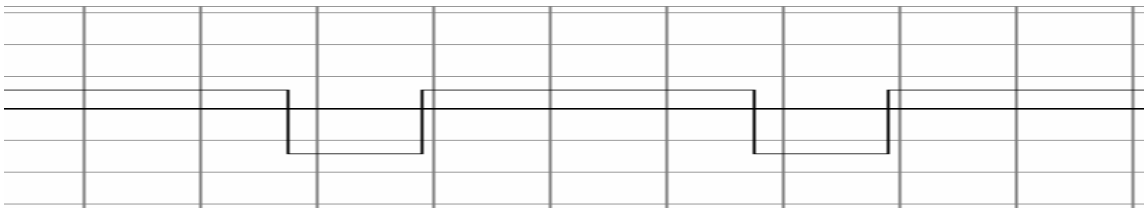


Рис. 2.13. Осцилограма періодичного імпульсного сигналу

3. Запишіть результат вимірювання змінної напруги цифровим вимірювальним приладом, якщо на межі 300 В він зареєстрував значення напруги 220,298 В. Клас точності, позначений на приладі, – 0,2/0,4.

4. Запишіть результат вимірювання сили змінного струму цифровим вимірювальним приладом, якщо на межі 0,2 А він зареєстрував значення сили струму 0,113 А. Клас точності, позначений на приладі, – 1,6/0,1.

Студент відповідно до набутих навичок класифікації методів та засобів вимірювань повинен уміти обґрунтовано вибирати вимірювальну апаратуру.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ У ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Розглядаються специфічні методи та засоби вимірювань, які складають основу метрологічного забезпечення для вимірювання параметрів каналів передачі даних.

3.1. Загальна характеристика засобів вимірювань у галузі телекомунікацій

На сьогодні одними з найбільш перспективних щодо передачі сигналів у галузі телекомунікацій та зв'язку є оптичні мережі. *Повністю оптичні мережі (All Optical Networks – AON)* – це такі, в яких створення та комутація каналів здійснюється на оптичному рівні. У зв'язку з цим актуальним є завдання метрологічного забезпечення каналів зв'язку.

Засоби вимірювань у галузі телекомунікацій прийнято умовно поділяти на два класи: системне обладнання та експлуатаційне обладнання.

Засоби вимірювань, що використовуються при налагодженні телекомунікаційних мереж у цілому та їх окремих вузлів із подальшим моніторингом стану всієї мережі, відносять до *системного* обладнання. Засоби системної категорії звичайно інтегруються до складу інформаційно-вимірювальних систем та комплексів, мереж вимірювальних приладів та автоматизованих систем керування зв'язком (TMN – Telecommunications Management Networks). Для забезпечення якісної експлуатації окремих вузлів мереж з оперативним пошуком несправностей та супроводженням монтажних робіт використовують *експлуатаційне* вимірювальне обладнання.

Принципи побудови систем зв'язку зумовлюють існування декількох рівнів вимірювань:

1. Вимірювання параметрів та характеристик системи передачі сигналу.
2. Вимірювання цифрових трактів первинної мережі передачі сигналів.
3. Вимірювання на вторинних мережах зв'язку.

Основні групи вимірювань на вторинних мережах зв'язку розглянемо детальніше. Група вимірювань каналного рівня – це вимірювання інтерфейсів з первинною мережею, параметрів каналів вторинних мереж, пакетної структури інформації, що передається. Ця група вимірювань може відноситися також до вимірювань на первинній мережі.

Аналіз протоколів забезпечує група вимірювань, що єдина для вторинних мереж. При цьому повинні використовуватися різні протоколи сигналізації для однозначної організації взаємодії пристроїв мережі. Також створюється спеціальний логічний протокол для аналізу вузлів роботи мережі.

Вимірювання трафіка здійснюється для дослідження можливостей мереж передавати та виконувати комутацію для певного його навантаження.

3.2. Метод зворотного розсіювання

Метод зворотного розсіювання застосовується для дослідження різноманітних параметрів оптичних каналів передачі інформації. Фізичною основою методу є явище зворотного релєївського розсіювання. Якщо у структурі оптичного волокна маєтся деяке пошкодження, то оптичний імпульс, що проходить через неоднорідність волокна, утворює джерело потоку зворотного розсіювання (рис. 3.1).

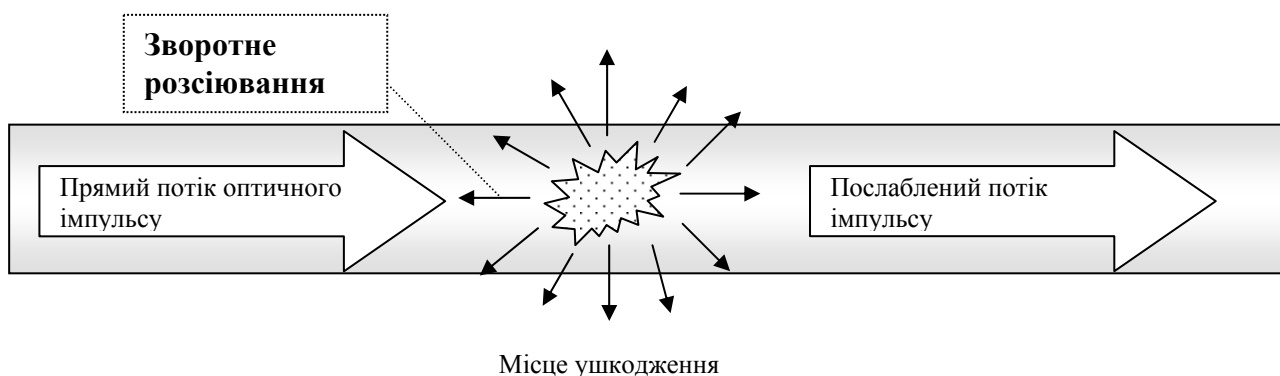


Рис. 3.1. Зворотне розсіювання оптичного імпульсу

Метод зворотного розсіювання дозволяє здійснювати контроль стану оптичних волокон у мережах передачі сигналів, визначати характер та виконувати пошук дефектів у мережах. Окрім того, цей метод застосовується для метрологічної оцінки таких параметрів, як:

- коефіцієнта згасання в оптичних волокнах;
- відстані від місць з'єднання;
- якості стиків.

Фізично потік зворотного релєївського розсіювання обумовлений флуктуацією показника заломлення серцевини вздовж волокон та відбиттям від розсіяних та локальних неоднорідностей.

Потужність зворотного потоку, що розсіюється, можна розрахувати таким чином:

$$P_s(t) = \frac{P_0 \cdot \Delta t \cdot S \cdot a_d}{2} e^{-\alpha \cdot v_g \cdot t}, \quad (3.1)$$

де P_0 – максимальне значення амплітуди імпульсу зондування в точці його вводу; Δt – тривалість зондуючого імпульсу; α – коефіцієнт згасання оптичного волокна, дБ/км; v_g – групова швидкість розповсюдження оптичного імпульсу:

$$v_g = \frac{c}{n_g}, \quad (3.2)$$

c – швидкість світла; n_g – груповий показник заломлення; S – параметр зворотного релєївського розсіювання, що визначається властивостями

оптичного волокна. Він дорівнює відношенню зворотно розсіяної потужності у деякій точці оптичного волокна до всієї розсіяної потужності у цій точці:

$$S = \frac{P_s(x_i)}{\sum_{j=0}^i P_s(x_{N-j})}, \quad (3.3)$$

де a_d – параметр релєївського розсіювання. Він дорівнює відношенню потужності, що розсіяна у деякій точці оптичного волокна, до оптичної потужності, що надходить у цю точку:

$$a_d = \frac{P_s(x_i)}{P(x_i)}. \quad (3.4)$$

Потужність зворотно розсіяного потоку $P_s(t)$, що вимірюється в точці надходження оптичних імпульсів в оптичне волокно, визначається потужністю зворотного розсіювання у точці волокна, яка розташована на відстані x від місця вимірювань. Відстань розраховується за такою формулою:

$$x = \frac{v_g t}{2}. \quad (3.5)$$

Часовий параметр t характеризує затримку прояви зворотного імпульсу відносно моменту відправлення зондуєчого імпульсу.

Таким чином, потужність зворотного розсіювання прямо пропорційна параметрам зондуєчого імпульсу на вводі P_0 та Δt , параметрам самого оптичного волокна a_d та S . Потужність експоненційно залежить від згасання α та групової швидкості v_g .

На практиці для спрощення розрахунків у залежності (3.1) використовується поняття коефіцієнта зворотного розсіювання, який враховує параметри S та a_d таким чином:

$$k = \frac{1}{2} S a_d. \quad (3.6)$$

Спрощена формула для розрахунку потужності зворотного розсіювання має такий вигляд:

$$P_s(t) = k P_0 \Delta t \cdot e^{-\alpha v_g t}. \quad (3.7)$$

Залежність рівня потужності зворотного розсіювання від часу лінійна, тобто

$$p_s(t) = 10 \log(P_s(t)) = C - \alpha t. \quad (3.8)$$

Згасання оптичного волокна на відрізку лінії дорівнює різниці рівнів зворотно розсіюваних потужностей, які вимірюються на ближньому кінці оптоволокна відповідно у моменти часу t_1 та t_2 :

$$p_s(t_1) - p_s(t_2) = \alpha(x_1 - x_2) = a_{12}. \quad (3.9)$$

Для розрахунку параметрів x_1 та x_2 можна скористатися залежністю (3.5).
Тоді

$$x_1 = \frac{v_g t_1}{2}; \quad x_2 = \frac{v_g t_2}{2} . \quad (3.10)$$

Слід відзначити, що коефіцієнт зворотного розсіювання (3.6) змінюється вздовж оптичного волокна і є випадковою величиною, зміни якої обумовлені флуктуацією показника заломлювання та флуктуацією геометричних параметрів оптичного волокна.

Згідно з цим реальна залежність $p_s(t)$ також піддається флуктуаціям біля деякої прямої, тангенс кута нахилу якої до осі абсцис безпосередньо дорівнює коефіцієнту згасання волокна α .

За наявності в оптичній лінії неоднорідностей, які відбивають світло, вони являють собою джерело потоку френелівського відбиття. Виміряна на ближньому кінці потужність френелівського потоку $P_F(x_i)$ оптичного випромінювання, що відбивається у деякій точці x_i ,

$$\begin{cases} P_{Fi}(t) = c \cdot P_0 \cdot \Delta t \cdot e^{-2\alpha x_i} & t_i \leq t \leq t_i + \Delta t; \\ P_{Fi} = 0 & t_i + \Delta t < t \end{cases} \quad (3.11)$$

де $t_i = \frac{x_i}{2v_g}$; x_i – відстань до неоднорідності.

Потужність потоку френелівського відбиття на ближньому кінці можна розглядати як суму, тобто

$$P_F(t) = \sum_{i=1}^n P_{Fi}(t), \quad (3.12)$$

де n – кількість неоднорідностей на досліджуваному інтервалі.

Коефіцієнт відбиття, як правило, на декілька порядків більше коефіцієнта зворотного розсіювання. Відповідно у моменти часу $t_i \leq t \leq t_i + \Delta t$ потужність потоку зворотного розсіювання мала у порівнянні з потужністю потоку відбиття.

Таким чином, метрологічні оцінки параметрів оптично-волоконної лінії можна отримати шляхом аналізу даних вимірювання потужності зворотного потоку оптичного випромінювання, що надходить на ближній кінець оптичного волокна. Слід зазначити, що з метрологічної точки зору вимірювання характеристик оптичного волокна методом зворотного розсіювання є непрямыми, оскільки шуканий параметр визначається за допомогою математичної обробки результатів вимірювань потужності зворотного потоку оптичного випромінювання.

Оскільки припускається, що параметри оптичного волокна у прямому та зворотному напрямках ідентичні з певною похибкою, то характеристики розповсюдження оптичного сигналу у прямому напрямку визначають за зміненням потужності випромінювання, що розповсюджується у зворотному напрямку.

При дослідженні параметрів оптичного волокна методом зворотного розсіювання необхідно враховувати наявність шуму. Звичайно шум

характеризується його потужністю, що є випадковою функцією, обумовленою сукупністю факторів.

Ряд складових шуму не залежить від рівня потужності оптичного сигналу, що передається у мережу. До таких складових відносяться: теплові шуми фотоприймача; власні шуми лазера. Інші складові шуму визначаються потужністю інформаційного сигналу: дробовий шум фотоприймача; модовий шум; шуми, зумовлені взаємодією лазера з нерегулярним волокном.

Загалом потужність зворотного потоку, що вимірюється на ближньому кінці оптичного волокна, можна представити у вигляді суми потужностей зворотно розсіяного потоку, відбитого потоку та потужності шуму:

$$P(t) = P_s(t) + P_F(t) + P_N(t). \quad (3.13)$$

Слід відзначити, що результуюча потужність шуму суміжна з потужністю зворотно розсіяного потоку, що значно ускладнює фізичну реалізацію методу зворотного розсіювання.

Таким чином, однією із основних проблем реалізації методу зворотного розсіювання є виділення корисного сигналу на фоні високого рівня завад.

На сьогодні відомі такі способи реалізації методу зворотного розсіювання:

1. Метод зворотного розсіювання у часовій області – Optical Time Domain Reflectometry (OTDR).
2. Метод зворотного розсіювання на базі безперервного випромінювання – Optical Continuous Wave Reflectometry (OCWR).
3. Метод зворотного розсіювання у частотній області – Optical Frequency Domain Reflectometry (OFDR).
4. Інтерферометричний метод зворотного розсіювання – Optical Coherence Domain Reflectometry (OCDR).
5. Кореляційна рефлектометрія – Correlation Optical Time Domain Reflectometry (COTDR).

На сучасному етапі розвитку технічних засобів для створення та експлуатації телекомунікаційних мереж з використанням оптичних волокон найбільш розповсюджений метод зворотного розсіювання у часовій області. Такий вибір обґрунтований відповідними причинами.

Оптичні рефлектометри зворотного розсіювання OTDR характеризуються потужністю приймального сигналу, який обмежений потужністю зондуючого імпульсу. Потужність приймального сигналу пропорційна максимальному значенню та тривалості зондуючого імпульсу. У зв'язку з цим треба шукати компроміс між динамічним діапазоном, що визначає дальність дії метрологічної апаратури, та розв'язувальною здатністю, що забезпечує оптимальний результат задачі. Разом з цим, метод OTDR дозволяє отримати на практиці результати, які задовольняють по швидкодії.

У мережах телекомунікацій найбільш розповсюдженими є OTDR та пошукувачі місця розриву оптичного волокна FF(Fault Finder). Обидві групи приладів працюють у часовій області.

Розглянемо детальніше структурну схему апаратури типу OTDR (рис. 3.2).

Генератор зонduючих імпульсів створює на виході оптичні імпульси. Джерело оптичного випромінювання виконує функцію модуляції вхідних оптичних імпульсів по оптичній несучій за інтенсивністю. Таким чином створюються зонduючі імпульси.

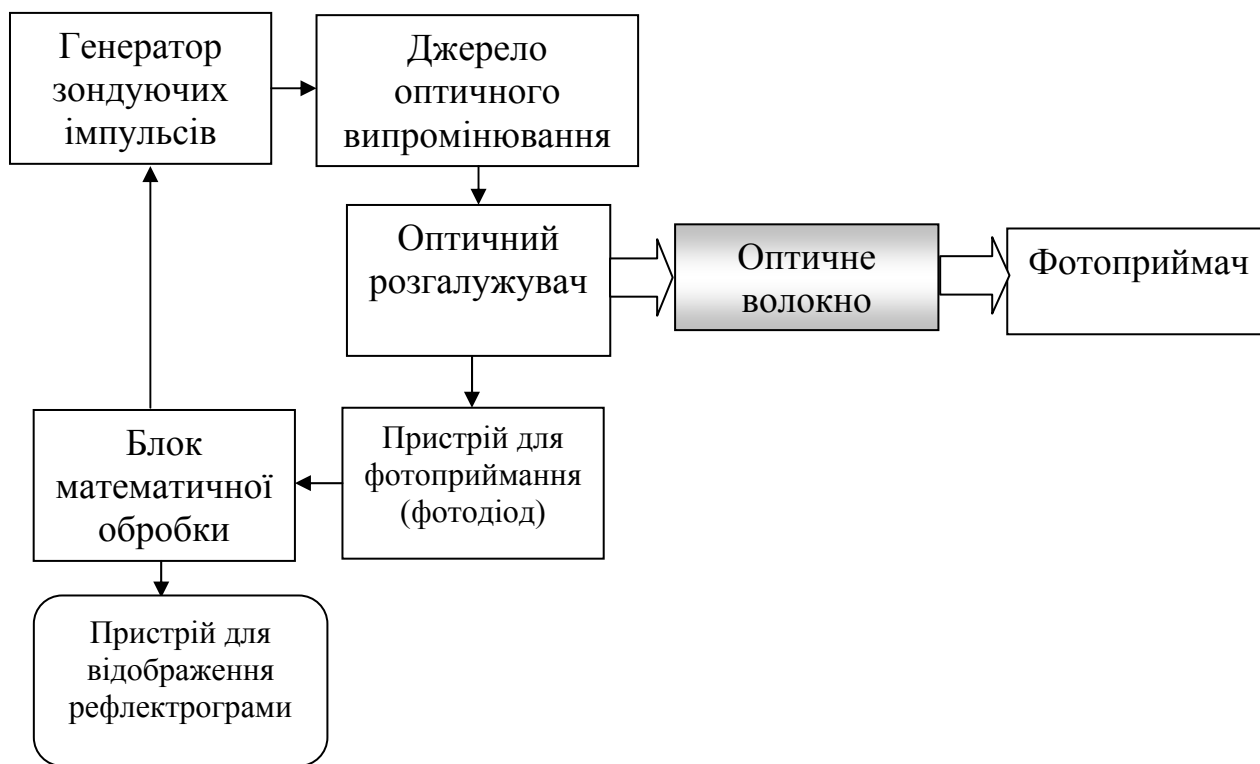


Рис. 3.2. Структурна схема апаратури типу OTDR

Далі зонduючі імпульси потрапляють на оптичний розгалужувач, а потім розповсюджуються у прямому напрямку в оптичне досліджуване волокно через пристрій вводу. У зворотному напрямку через оптичний розгалужувач на вхід пристрою для фотоприймання потрапляє сигнал зворотного розсіювання. Пристрій для фотоприймання являє собою фотодіод з високою чутливістю, що перетворює оптичний сигнал у електричний.

Пристрій відображення служить для графічного зображення сигналу зворотного розсіювання. Відхилення вимірюваного сигналу по горизонтальній осі відбувається під дією пилкоподібної напруги розгортки, що запускається генератором зонduючих імпульсів. Вертикальна вісь пристрою відображення, градуйована у дБ, призначена для спостереження за відповідними змінами характеристики сигналів зворотного розсіювання. Ці сигнали попередньо перетворюються у блоці математичної обробки, а потім поступають у канал вертикального відхилення пристрою відображення.

Таким чином, абсциса характеристики прямо пропорційна часу затримки зворотного сигналу відносно моменту відправлення зонduючого імпульсу. Оскільки параметри оптичного волокна (груповий показник заламлення серцевини та групова швидкість розповсюдження) відомі, то для

горизонтальної осі можна зробити градування в одиницях довжини з використанням залежностей (3.2) та (3.5).

Отримана залежність рівня потоку зворотного розсіювання від відстані (часу) називається *характеристикою зворотного розсіювання* або *рефлектограмою*.

Основними параметрами оптичних рефлектомерів OTDR є відокремлювальна здатність, динамічний діапазон, “мертва” зона.

Блок керування математичною обробкою дозволяє керувати роботою OTDR за заданим алгоритмом; виконує обробку даних; операції з файлами – збереження, запис, друк; узгоджує роботу генератора оптичних імпульсів та пристрою відображення шляхом синхронізації запуску генератора розгортки; може змінювати масштаб рефлектограми (для спостереження на екрані пристрою відображення рефлектограми в цілому або окремих її частин у збільшеному масштабі); реєструє та зберігає у пам’яті реалізацій залежностей потужності зворотного розсіювання від часу.

3.3. Методи та засоби вимірювань параметрів передачі систем WDM

Системи WDM (від англ. Wavelength Division Multiplexing) – це системи спектрального ущільнення. Принцип дії оснований на спроможності оптичного волокна передавати випромінювання хвиль з різноманітною довжиною без взаємної інтерференції. При цьому кожна довжина хвилі являє собою окремий оптичний канал у волокні.

Для з’єднання сигналів оптичних хвиль різної довжини використовується спеціальний оптичний мультиплексор. Він перетворює окремі хвилі різної довжини, що утворюються одним чи декількома оптичними передавачами, у багатоканальний складний оптичний сигнал. Зрозуміло, що при значних відстанях передачі сигналів застосовують оптичні підсилювачі. На кінці такої оптичної лінії використовується оптичний демультимплексор, що виконує функції приймання групового сигналу та виділення з нього вихідних каналів хвиль різної довжини. Потім відповідні хвилі надходять на окремі фотоприймачі.

Встановлення мультиплексорів та демультимплексорів дозволяється також на проміжних вузлах для виділення певних каналів з метою їх вводу/виводу в складний багатоканальний сигнал.

Узагальнюючи вищесказане, розглянемо типову структурну схему системи WDM (рис. 3.3).

На вхід системи WDM поступають оптичні сигнали з різною довжиною хвилі $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$. Далі вони подаються на вхід мультиплексора, який з’єднує їх в багатоканальний сигнал, що позначений на схемі товстою стрілкою. При значній довжині телекомунікаційного каналу встановлюється оптичний підсилювач ОП. При необхідності вводу/виводу окремих складових багатоканального сигналу в будь-якому проміжному вузлі встановлюється

мультиплексор вводу/виводу (OADM – Optical Add/Drop Multiplexer) або пристрій крос-комутації. На кінці мережі з оптоволокна встановлюється демультимплексор, який забезпечує коректне надходження сигналів до відповідних фотоприймачів та електронного обладнання для обробки даних згідно з протоколами зв'язку і далі до систем керування мережею.

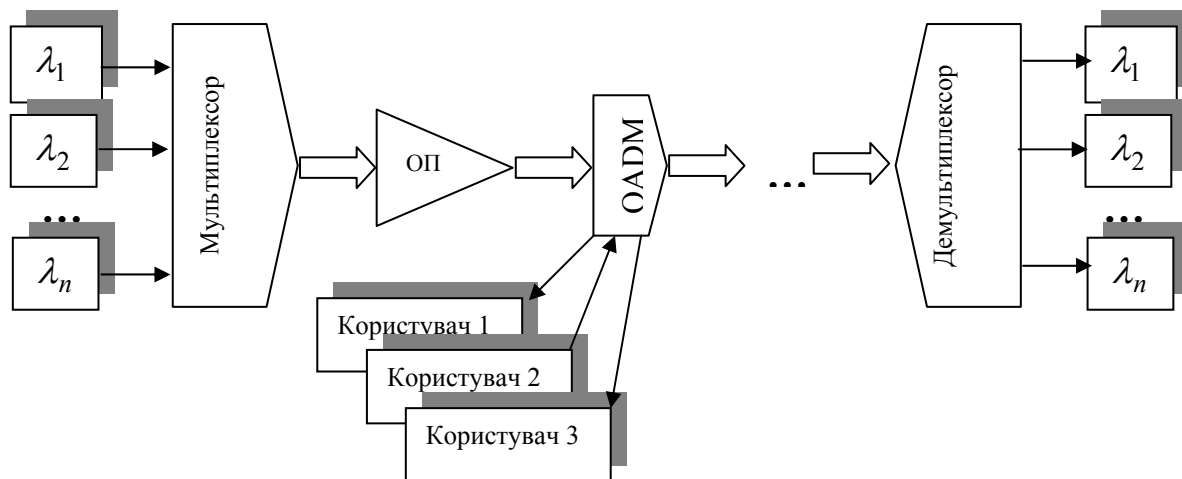


Рис. 3.3. Структурна схема системи WDM

Основними параметрами систем WDM, які підлягають дослідженню з використанням засобів вимірювальної техніки, є:

1. Довжина хвилі спектрального максимуму – це довжина, на якій може бути досягнутий максимальний рівень потужності сигналу в спектральному діапазоні досліджуваного каналу.
2. Центральна довжина хвилі окремого каналу – це середнє арифметичне значення між верхньою та нижньою межами довжини хвилі відсічки певного каналу.
3. Відхилення центральної довжини хвилі каналу визначається як різниця між номінальною довжиною хвилі каналу частотного плану та дійсною.
4. Інтервал між каналами визначається як різниця між центральною довжиною хвиль сусідніх каналів. При цьому інтервал між каналами повинен відповідати частотному плану системи WDM. В існуючих системах використовуються як рівномірні, так і нерівномірні частотні плани каналів.
5. Смуга пропускання по рівнях – це та частина спектра оптичного передавального сигналу в межах якої всі спектральні складові перевищують деякій апріорно визначений пороговий рівень. Ця величина визначає спектральний діапазон, у межах якого пристрій може бути ефективно використаним.
6. Потужність оптичного випромінювання у каналі, яка зазвичай вимірюється на основі спектральної характеристики. Ця величина нормується відносно значення загальної потужності оптичного випромінювання.

7. Сумарна потужність оптичного випромінювання багатоканального сигналу визначається як потужність оптичного випромінювання при передачі групового потоку спектрального ущільнення. Ця величина вимірюється на виході мультиплектора.

8. Максимум розбігу потужності в оптичних каналах визначається як різниця між найбільшим та найменшим значеннями потужності оптичних сигналів у каналах. Ця величина не залежить від кількості каналів.

9. Параметр “відношення сигнал/шум” у каналі повинен відображувати перевищення потужності корисного оптичного сигналу над шумовим фоном для кожного каналу. Цей параметр визначається як відношення середньої потужності оптичного сигналу в каналі до середньої потужності оптичного шуму у смузі спектра частот оптичного сигналу відповідного оптичного каналу.

10. Ізоляція визначає рівень послаблення сигналу даного каналу в інших каналах, де цей сигнал не є основним.

11. Характеристики перешкод. Основні види перешкод, що підлягають вимірюванню такі: перехрестна перешкода на дальньому кінці, перехідна перешкода.

Для кількісної оцінки вказаних вище параметрів використовуються *аналізатори оптичного спектра* (Optical Spectrum Analyzers - OSA), в яких застосовані такі методи виділення довжини хвиль:

- інтерферометричний метод;
- метод на основі дифракційних ґратів;
- метод Фабрі-Перо.

В основу *інтерферометричного методу* закладено інтерференцію двох пучків вхідного оптичного випромінювання. Ці пучки проходять по різних оптичних плечах інтерферометра Майкельсона (фіксованої та змінної довжини), рух дзеркала в опірному плечі інтерферометра призводить до зміни картини інтерференції. Потім шляхом проходження через фотодетектор світло перетворюється в електричний сигнал. Електрична величина аналізується за допомогою швидкого перетворення Фур'є, що дозволяє отримати спектральну характеристику досліджуваного сигналу.

Кінцевий сигнал на фотодетекторі має синусоїдальну форму для вхідного монохроматичного потоку оптичного випромінювання. Якщо вхідний сигнал містить декілька хвиль різної довжини, то вихідний сигнал має більш складну форму.

Перевагою даного методу є широкосмужність, стабільність, точність, високий динамічний діапазон (поступається тільки методу дифракційних ґратів). До недоліків можна віднести дороговизну, складність конструкції через наявність рухомого дзеркала. Тому інтерферометричний метод звичайно впроваджується для системного обладнання, яке не призначено для польових умов експлуатації.

Основа методу *дифракційних ґратів* полягає у віддзеркалюванні променів світла під різним кутом залежно від довжини хвилі. При русі ґратів відбувається “сканування” усіх хвиль різної довжини у спектрі вхідного

оптичного сигналу. Спектральні складові вхідного сигналу, що віддзеркалені дифракційними штахетами, розподіляються по лінійці окремих фотодетекторів або попадають на одиночний рухомий фотодетектор.

Переваги методу – широкосмужність, високий динамічний діапазон. Недоліки – низька абсолютна точність вимірювань, оскільки калібрування абсолютної довжини хвилі залежить від положення множини механічних компонентів, що створюють складнощі в одержанні стабільних результатів. Прилади, в основу яких покладений метод дифракційних штахетів, призначені для експлуатації в класі системного обладнання, застосування же у польових умовах у значній мірі обмежено.

Метод Фабрі-Перо оснований на застосуванні поверхневого резонатора. Резонатор утворюється за допомогою двох паралельних віддзеркалювальних пластин, установлених на заданій відстані за допомогою п'єзоелементів. Наявність двох пластин забезпечує режим роботи, при якому половина потужності потоку випромінювання пропускається, а половина – віддзеркалюється. Таким чином утворюється фільтр Фабрі-Перо. Принцип дії цього фільтра такий: довжина хвилі, на яку налагоджений резонатор, подається на детектор, інші спектральні складові приглушуються.

Переваги: висока точність та відсутність рухомих частин, що дозволяє використовувати апаратуру, основану на цьому методі, у польових умовах. Недоліки: обмеженість за динамічним діапазоном.

3.4. Застосування око-діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів

Призначення око-діаграм. Око-діаграми використовуються для оцінки параметрів цифрових сигналів при проведенні лабораторних вимірювань, системних досліджень інформаційно-вимірювальних систем, при пуско-налагоджувальних та експлуатаційних випробуваннях.

Принцип дії методу вимірювань, що оснований на використанні око-діаграм, базується на періодичній структурі цифрового сигналу та є різновидом осцилограм. При цьому для побудови графіка дворівневої око-діаграми необхідно подати код (бітовий потік імпульсів) на вхід осцилографа із синхронізацією зовнішньої розгортки від бітового потоку з частотою f_b . У тому випадку, коли треба отримати багаторівневу діаграму, сигнал повинен проходити через багаторівневий конвертор, осцилограф синхронізується від символного потоку із частотою f_s . Схеми око-діаграми зображені на рис. 3.4.

По осі абсцис око-діаграми відкладено час, а осі ординат – амплітуду досліджувальних сигналів. Для калібрування око-діаграми сигнал поступає безпосередньо на вхід осцилографа, при цьому зображення на екрані має вигляд прямокутника. Реальна осцилограма сигналу поділяється посимвольно відповідно до синхронізуючих імпульсів генератора.

Потім око-діаграми будуються із окремих складових. В ідеальному випадку отримаємо квадрат – “квадратне око”. Реально досліджувану систему можна подати як фільтр, що обмежує смугу цифрового сигналу та вносить деякі зміни у саму форму імпульсу, тому відбувається згладжування фронту та зрізу квадрата, у результаті чого зображення на екрані має форму “ока” (табл. 3.1).

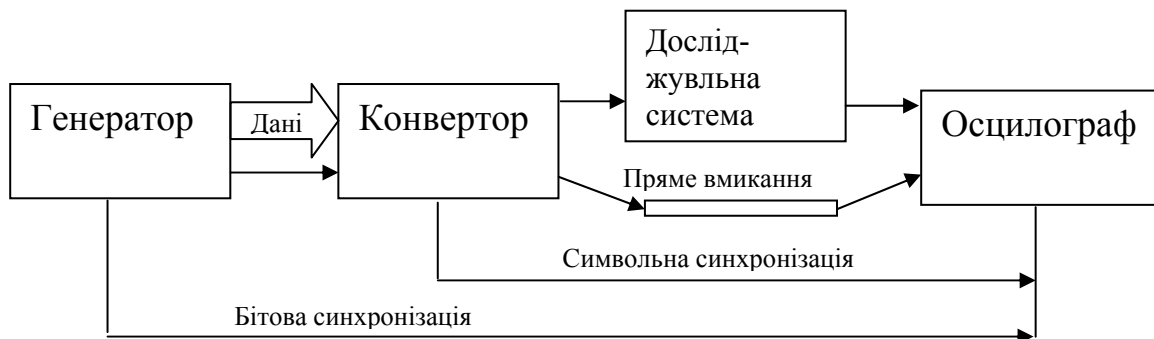


Рис. 3.4. Схема побудови око-діаграми

Метрологічне дослідження око-діаграм дозволяє виконувати детальний аналіз цифрового сигналу за такими параметрами: межсимвольна інтерференція; *джитер* передачі даних; *джитер* синхронізації та ін.

Ідентифікація око-діаграм. Око-діаграма являє собою результат багатократного графічного підсумовування бітових послідовностей, що отримано з виходу генератора (рис. 3.4). Цей результат відображається на екрані осцилографа у вигляді діаграми розподілу амплітуди цифрового сигналу за часом.

Зрозуміло, що реальна око-діаграма може мати точки перетину з віссю часу, що обумовлено ефектами розширення імпульсу, а також фазовою вібрацією сигналу. Максимальна ширина області перетину з віссю часу визначається як пікове фазове тремтіння або *джитер передачі даних* T_j . Джитер вимірюється, як правило, в одиницях часу або як відношення до інтервалу передачі символу, тобто T_j/T_S .


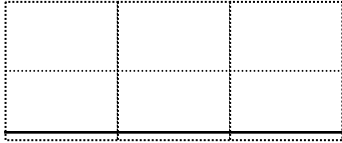
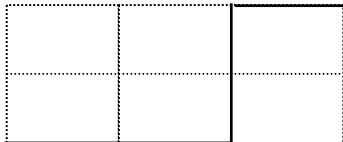
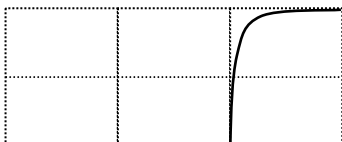
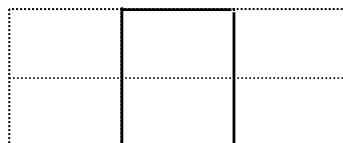
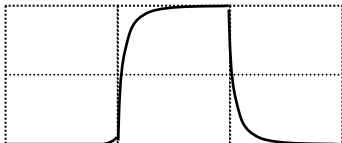
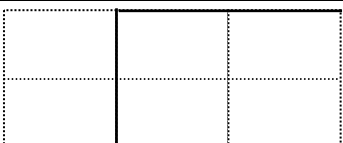
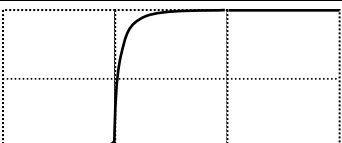
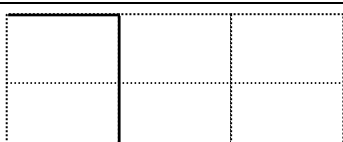
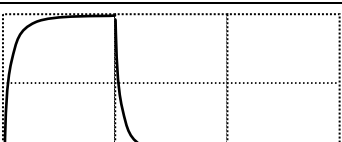
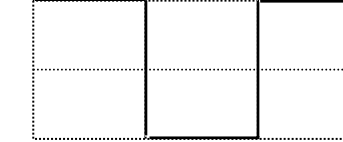
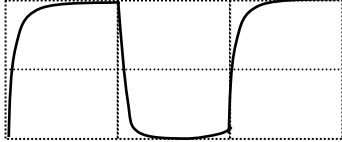
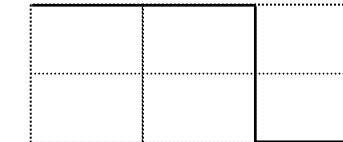

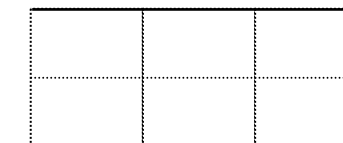
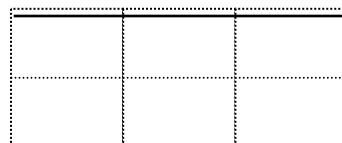
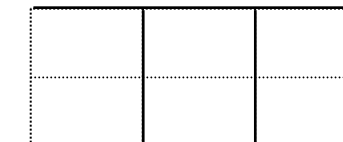
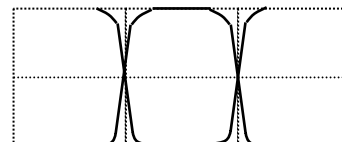
Параметри, що вимірюються за допомогою око-діаграм

1. *Глибина модуляції* визначається як логарифм відношення середньої потужності сигналу при передачі логічної одиниці до середньої потужності сигналу при передачі логічного нуля:

$$EX = 10 \lg \left(\frac{E1}{E0} \right), \text{ дБ.} \quad (3.14)$$

Позначення EX (Extinction Ratio) – коефіцієнт гасіння, що є мірою оцінки глибини модуляції джерела оптичного випромінювання передавального обладнання. Цей показник – одна із складових, що визначають довжину лінійного тракту з належною передачею та приймання цифрових сигналів.

Побудова око-діаграм

Код	Ідеальний сигнал	Реальний сигнал
000		
001		
010		
011		
100		
101		
110		
111		
Супер-позиція		

2. Q –фактор. Показником якості цифрових систем передачі інформації є коефіцієнт похибок, що позначається як κ_{nox} або BER – *Bit Error Ratio*. Слід відзначити, що сучасні швидкісні системи передачі даних розроблені для практично безпомилкової роботи, для них середнє значення коефіцієнта

похибок складає величину $BER < 10^{-15}$. Для таких цифрових систем передачі даних прямі вимірювання параметра BER потребують значних витрат часу, тому можуть бути реалізовані тільки при виконанні пуско-налагоджувальних робіт, та є неможливими при експлуатаційних вимірюваннях. Наприклад, реєстрація 10 бітових похибок для отримання $BER \approx 10^{-14}$ при швидкості передачі даних 10 Гбіт/с потребує проведення вимірювань протягом 28 годин.

Дану проблему можна вирішити за допомогою впровадження вимірювань Q -фактора, що оснований на статистичному аналізі фізичних параметрів досліджуваного сигналу. Q -фактор – це параметр, який безпосередньо відображує якість сигналу цифрової системи передачі даних. Існує певна функціональна залежність Q -фактора цифрового сигналу та коефіцієнта похибок BER .

Q -фактор оцінюється за допомогою око-діаграми цифрових імпульсів шляхом статистичної обробки результатів вимірювання амплітуди та фази сигналу на електричному рівні. При цьому будується функція розподілу станів “1” та “0”. Приймається гіпотеза про нормальний закон ймовірностей розподілу станів “1” та “0”, на основі чого оцінюються математичні очікування станів $E1$ і $E0$ та їх середньоквадратичні відхилення σ_1 і σ_0 . Q -фактор розраховується за формулою

$$Q = \frac{|E1 - E0|}{\sigma_1 + \sigma_0}. \quad (3.15)$$

Коефіцієнт похибок пропорційний площі перетину двох функцій розподілу станів “1” та “0”. Якщо E – поріг прийняття рішення 1/0 цифрового фотоприймача, то для коефіцієнта похибок можна записати:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{|E - E0|}{\sigma_0}\right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{|E1 - E|}{\sigma_1}\right), \quad (3.16)$$

де $\operatorname{erfc}(x)$ – допоміжна функція інтегралу похибки, яка визначається так:

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{\beta^2}{2}\right) d\beta. \quad (3.17)$$

Коефіцієнт похибки є сумою двох величин: умовної ймовірності прийняти “0” за “1” та умовної ймовірності прийняти “1” за “0”.

На практиці при $x > 3$ функцію $\operatorname{erfc}(x)$ можна розраховувати за формулою

$$\operatorname{erfc}(x) \approx \frac{1}{x\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right). \quad (3.18)$$

Послідовність розрахунку око-діаграми

1. Визначаємо рівень потужності на виході джерела оптичного випромінювання за формулою

$$p_0 = 10 \lg \left(\frac{P_0}{10^{-3}} \right), \quad (3.19)$$

де P_0 – потужність на виході джерела оптичного випромінювання.

2. Рівень потужності оптичного сигналу на виході фотоприймача визначається сумарними витратами в оптичному волокні на комутаційному пристрої, а також сумарним значенням додаткових витрат:

$$p_L = p_0 - A_{КП} - \sum a_{ш}. \quad (3.20)$$

3. Потужність оптичного сигналу на виході фотоприймача

$$P_L = 10^{0,1 p_L}, \text{ мВт}. \quad (3.21)$$

4. Для розрахунку перешкодозахищеності каналу цифрової системи передачі даних необхідно кількісно оцінити потужність шуму фотоприймача P_{noise} . На практиці фотоприймачі високошвидкісних оптичних систем передачі проектується таким чином, щоб логарифм відношення смуги пропускання електричного фільтра складав не менше ніж 2 дБ. У цьому випадку виконується така умова відносно сигнал/шум:

$$OSNR = 20 \lg(Q_{ном}) + 10 \lg \left(\frac{BW_e}{BW_0} \right) = 20 \lg(Q_{ном}) + 2, \text{ дБ}, \quad (3.22)$$

де $OSNR$ – оптичне співвідношення сигнал/шум (від англ. Optical Signal-to-Noise Ratio); $Q_{ном}$ – номінальне значення Q -фактора, що відповідає нормованому коефіцієнту похибок $BER_{ном}$.

5. Згідно з визначенням рівень чутливості фотоприймача оптичної системи передачі – це мінімальне значення рівня потужності оптичного випромінювання у точці нормування оптичного тракту на приймання, при якому забезпечується потрібна якість передачі цифрового оптичного сигналу. З урахуванням цього та використовуючи співвідношення (3.22), максимальний рівень шуму фотоприймача можна оцінити таким чином:

$$p_{noise} = p_R - 20 \lg(Q_{ном}) - 2, \text{ дБ}, \quad (3.23)$$

де p_R – рівень чутливості фотоприймача, дБ; p_{noise} – рівень шуму фотоприймача, дБ.

6. Визначаємо чутливість фотоприймача та потужність шуму:

$$P_R = 10^{0,1 p_R}, \text{ Вт}; \quad (3.24)$$

$$P_{noise} = 10^{0,1 p_{noise}}, \text{ Вт}. \quad (3.25)$$

7. Побудуємо око-діаграми шляхом накладення відклику системи при прийнятті гаусівської форми імпульсу на передачу “ізолюваного” логічного нуля у послідовності логічних одиниць (наприклад, комбінації 101 – при 3-символьній послідовності)

$$P_{out}^{“0”}(t) = P_L \left\{ 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{(t+T)}{s_L \sqrt{2}} \right] + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{t}{s_L \sqrt{2}} \right] \right\} \quad (3.26)$$

та відклику системи на передачу “ізолюваної” логічної одиниці у послідовності логічних нулів (наприклад, 010)

$$P_{out}^{''1''}(t) = P_L \left\{ \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{(t+T)}{s_L \sqrt{2}} \right] - \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{t}{s_L \sqrt{2}} \right] \right\}, \quad (3.27)$$

де T – інтервал передачі бітової послідовності, що визначається так:

$$T = N_{symb} \cdot \tau_{0,5}, \text{ с}, \quad (3.28)$$

де N_{symb} – кількість символів бітової послідовності, яка дорівнює 3; $\tau_{0,5}$ – довжина імпульсу на рівні 0,5 від його максимуму на виході джерела оптичного випромінювання. Величина $\tau_{0,5}$ обернено пропорційна швидкості передачі сигналу у лінії, тобто $\tau_{0,5} = 1/B_L$, с; s_L – середньоквадратична тривалість гаусівського імпульсу на виході фотоприймача, що зв'язана з T_L таким чином:

$$s_L = \frac{T_L}{2,563}, \text{ с}. \quad (3.29)$$

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

3.1. Які засоби вимірювань прийнято відносити до системного обладнання телекомунікацій?

Відповідь: засоби вимірювань, які вирішують завдання налагодження телекомунікаційної мережі у цілому та її окремих вузлів із подальшим моніторингом стану всієї мережі.

3.2. Поясніть сутність методу зворотного розсіювання для дослідження параметрів оптичних каналів.

Відповідь: сутність методу полягає у дослідженні та порівнянні прямого та зворотного потоку оптичного імпульсу, який розповсюджується вздовж оптичного волокна. Якщо волокно має пошкодження або дефекти, то вони впливають на параметри потоку зворотного розсіювання, на основі чого здійснюється контроль стану оптичного волокна.

3.3. Метрологічна оцінка яких параметрів оптичного волокна може бути здійснена за допомогою методу зворотного розсіювання?

Відповідь: коефіцієнт згасання в оптичних волокнах, відстань від місць з'єднання, якість стиків.

3.4. Які методи є підґрунтям аналізаторів оптичного спектра?

Відповідь: інтерферометричний метод; метод на основі використання дифракційних ґрат; метод Фабрі-Перо.

3.5. Призначення око-діаграм у метрологічній практиці.

Відповідь: око-діаграми використовуються для оцінки параметрів цифрових сигналів при проведенні лабораторних вимірювань, системних досліджень інформаційно-вимірювальних систем, при пуско-налагоджувальних та експлуатаційних випробуваннях каналів передачі даних.

3.6. Перелічіть параметри каналів передачі даних, які можуть бути досліджені за допомогою око-діаграм.

Відповідь: глибина модуляції, коефіцієнт похибок.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає принципова відміна між системним та експлуатаційним обладнанням у галузі телекомунікацій?
2. Перелічіть існуючі рівні вимірювання при дослідженні систем зв'язку.
3. Поясніть умови виникнення зворотного потоку оптичного імпульсу в оптоволокні.
4. Наведіть формулу для обчислення потужності зворотного потоку, що розсіюється у місці пошкодження оптоволокна.
5. Запишіть аналітичний вираз для розрахунку групової швидкості розповсюдження оптичного імпульсу.
6. Поясніть сенс поняття релеївське розсіювання.
7. Яким чином визначається відстань до точки волокна, де існує пошкодження?
8. Запишіть вираз для розрахунку загасання в оптичному волокні на відрізьку лінії.
9. Запишіть вираз для розрахунку потужності потоку Френелівського відображення.
10. Наведіть відомі Вам способи реалізації методу зворотного розсіювання.
11. Накресліть структурну схему апаратури для реалізації методу зворотного розсіювання у часовій області.
12. Поясніть призначення зондувального імпульсу та умови його утворення.
13. Поясніть поняття «рефлектограма».
14. Накресліть схему, що пояснює принцип дії систем спектрального ущільнення.
15. Наведіть сфери застосування аналізаторів оптичного спектру.
16. Яким чином відбувається перетворення оптичного сигналу в електричний при використанні інтерферометричного методу?
17. Призначення швидкого перетворення Фур'є при обробці оптичного сигналу за допомогою інтерферометричного методу.

Дозволяє студенту орієнтуватися в методах та засобах вимірювань у галузі телекомунікацій, вміти виконувати аналіз даних, отриманих при експериментальних дослідженнях каналів зв'язку.

РОЗДІЛ 4. СТАНДАРТИЗАЦІЯ

Розглядаються положення національної стандартизації в Україні, надається огляд міжнародних органів зі стандартизації, наводяться види та методи здійснення діяльності у галузі стандартизації.

4.1. Загальні положення. Державні органи стандартизації в Україні

У сучасній ринковій економіці конкурентоспроможність продукції, що випускається підприємством, визначає життєздатність цього підприємства. Один з головних факторів, що впливає на конкурентоспроможність продукції, робіт та послуг, є їх *якість*.

Стандартизація, взаємозамінність, метрологія, технічні вимірювання та сертифікація продукції, робіт та послуг є інструментами забезпечення якості. На основі стандартизації сформовані принципи та нормативні акти взаємозамінності, метрології, технічних вимірювань, систем керування якістю та сертифікації.

Проблема якості є найважливішим фактором підвищення рівня життя, економічної, соціальної та екологічної безпеки.

Якість – комплексне поняття, що характеризує ефективність усіх сторін діяльності: розробка стратегії, організація виробництва, маркетинг та ін. Найважливішою складовою всієї системи якості є насамперед *якість продукції*.

У сучасній літературі та у практичній сфері діяльності є різноманітні тлумачення поняття якості. Міжнародна організація зі стандартизації визначає *якість* (стандарт ІСО-8402) як сукупність властивостей та характеристик продукції або послуги.

В Україні діяльність у галузі стандартизації регламентується Законом України “Про стандартизацію”.

Стандартизація — діяльність, що полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних або можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню, усунення бар’єрів у торгівлі і сприяння науково-технічному співробітництву.

Стандарт — документ, що встановлює для загального і багаторазового застосування правила, принципи або характеристики, які стосуються діяльності або її результатів, з метою досягнення оптимального ступеня упорядкованості в певній галузі, розроблений у встановленому порядку на основі консенсусу.

Закон України “Про стандартизацію” містить 7 розділів. Розглянемо стисло їх зміст.

У першому розділі “Загальні положення” містяться:

- основні терміни, що стосуються діяльності у сфері стандартизації;

- огляд сфери дії Закону, що поширюється на усі суб'єкти господарювання, незалежно від форми власності та видів діяльності, органи державної влади та громадські організації;

- визначення поняття “об'єкт стандартизації”, під яким розуміється продукція, процеси та послуги, зокрема матеріали, складові, обладнання, системи, їх сумісність, правила, процедури, функції, методи або діяльність;

- мета та основні принципи державної політики у сфері стандартизації.

Розділ другий має назву “Організація стандартизації”. У першій статті цього розділу вказані установи, що є суб'єктами стандартизації: центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації, рада стандартизації, технічні комітети стандартизації, інші суб'єкти, які займаються стандартизацією. Наведені основні напрями та мета діяльності суб'єктів стандартизації.

Розділ третій “Стандарти та їх застосування” присвячений розробленню, прийняттю, перевірці, внесенню змін та перегляду стандартів.

Розділ четвертий містить державні вимоги щодо інформаційного забезпечення та права власності на стандарти, кодекси ustalеної практики та технічні умови.

Розділ п'ятий регламентує основні засади міжнародного співробітництва у сфері стандартизації, зокрема, вживання заходів щодо адаптації законодавства України у сфері стандартизації до законодавства Європейського Союзу.

У розділах шостому та сьомому розглядаються питання фінансування робіт зі стандартизації, набуття чинності закону, доведення законодавства відповідно до цих законів та інших нормативно-правових актів.

Організаційна структура управління національною системою стандартизації в Україні наведена на рис. 4.1.

Основними напрямами стандартизації є:

1. Встановлення вимог до якості продукції, товарів та послуг на основі стандартизації їх характеристик, а також характеристик матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів.
2. Розробка та встановлення єдиної системи показників якості продукції; методів та засобів контролю та випробувань, а також необхідного рівня надійності виробів з урахуванням їх призначення та умов експлуатації.
3. Забезпечення єдності та достовірності вимірювань, створення державних еталонів одиниць фізичних величин.
4. Встановлення норм, вимог та методів у галузі проектування виробництва з метою забезпечення оптимальної якості та виключення нераціональної кількості видів, марок, розмірів продукції.
5. Розвиток уніфікації промислової продукції, ефективності експлуатації та ремонту виробів.
6. Встановлення єдиних систем документації.
7. Встановлення систем стандартів у галузі забезпечення безпеки праці, охорони навколишнього середовища та покращення умов використання природних ресурсів.

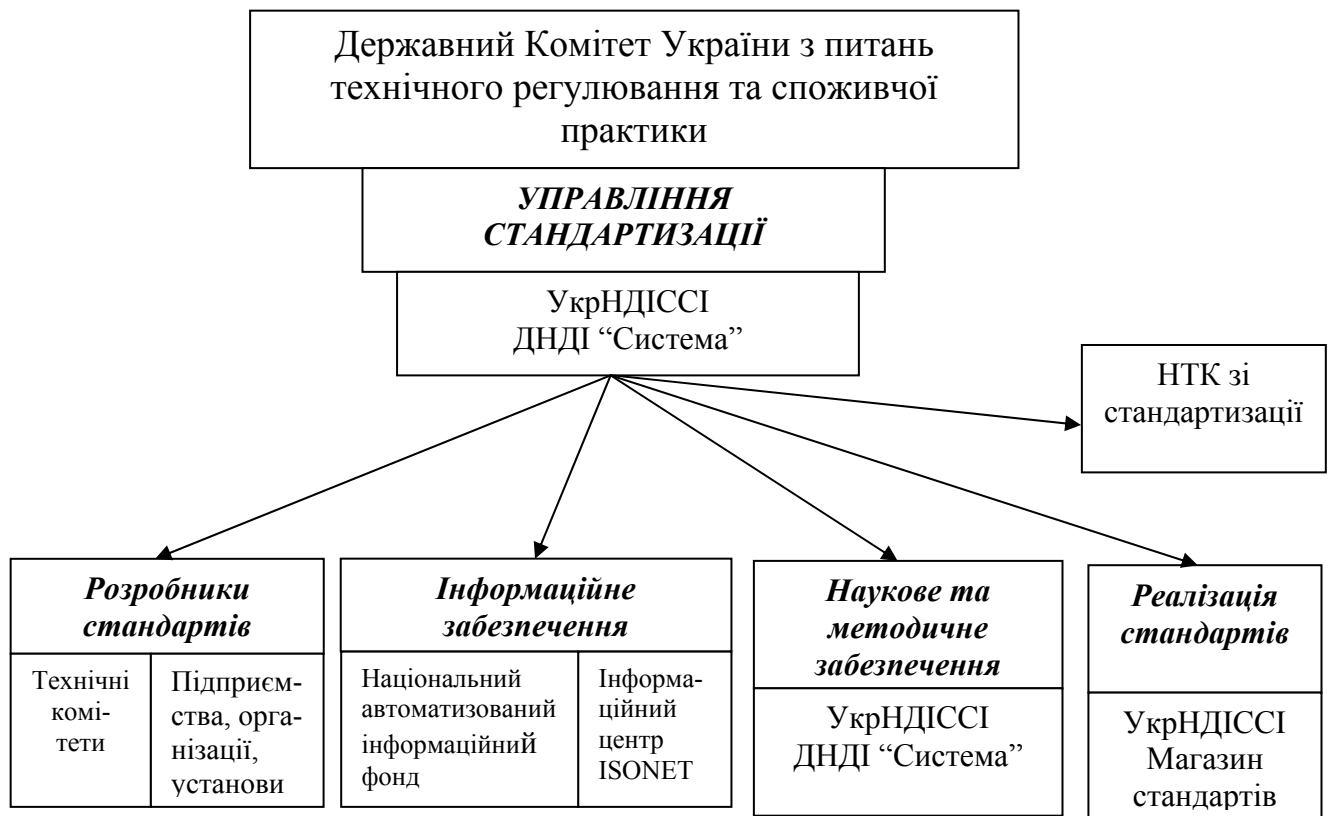


Рис. 4.1. Організаційна структура управління національною системою стандартизації в Україні

За сферою розповсюдження розрізняють такі види стандартизації:

1. *Міжнародна стандартизація* – проводиться на міжнародному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів усіх країн.
2. *Регіональна стандартизація* – проводиться на відповідному регіональному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів країн певного географічного або економічного простору.
3. *Національна стандартизація* – проводиться на рівні однієї країни.
4. *Галузева стандартизація* – здійснюється в окремих галузях промисловості з метою забезпечення єдності технічних вимог та норм до продукції певної галузі та створення умов для кооперації та спеціалізації у цій галузі. Під галуззю розуміється сукупність підприємств та організацій незалежно від їх територіального розташування, які розробляють та виготовляють певні види продукції.

4.2. Види стандартів

В Україні стандарти існують у вигляді таких видів нормативних документів, які розрізняються за сферою призначення:

1. *Державні стандарти України (ДСТУ)*. Державний стандарт України повинен бути затверджений Держстандартом України. Окрім того, державними стандартами можуть бути стандарти колишнього СРСР або республіканський стандарт УРСР, якщо він не отримав заміни або відміни на державному рівні.

2. *Галузеві стандарти України* (ГСТУ, ОСП). Галузеві стандарти спрямовані на встановлення вимог до продукції, послуг певної галузі за відсутності державних стандартів України, а також у випадках, що потребують встановлення вимог, які перевищують або доповнюють загальнодержавні. Обов'язкові вимоги галузевих стандартів повинні безумовно виконуватися підприємствами, установами та організаціями певної галузі.

3. *Стандарти науково-технічних та інженерних спілок* (СТТУ) розробляються на принципово нові різновиди продукції, виробу, процеси та послуги. Особливістю стандартів цієї групи є їх рекомендаційний характер.

4. *Технічні умови України* (ТУ) – різновид нормативного документу зі стандартизації, що встановлює технічні вимоги, яким повинні відповідати продукція, товари, послуги. Технічні умови зазвичай містять вимоги до конкретних видів товарів та послуг, а не загальні рекомендації. При цьому технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

5. *Стандарти підприємств* діють на окремому підприємстві або об'єднанні. Вони розробляються та використовуються на продукцію, процеси та послуги, що є продуктом діяльності певного підприємства.

6. *Технічний регламент* (ТР) – нормативно-правовий акт, що приймається органом влади та встановлює технічні вимоги до продукції, процесів та послуг безпосередньо або через посилання на стандарти. Носить обов'язковий характер.

7. *Звід правил* (кодекс ustalеної практики) – стандарт, частина стандарту або окремий документ, який містить практичні правила або процедури проектування, виготовлення, монтажу, технічного обслуговування, експлуатації обладнання, конструкцій та виробів.

Необхідно підкреслити, що стандарти, які розробляються науково-технічними та інженерними спілками, окремими підприємствами та установами повинні бути узгоджені з державними та галузевими стандартами з урахуванням того, що державні стандарти містять обов'язкові вимоги та вимоги, що рекомендовані. Окрім наведеної вище класифікації розрізняють такі види стандартів за їх змістом (рис. 4.2). Розглянемо ці види стандартів детальніше.

Основний (основоположний) стандарт – нормативний документ зі стандартизації, що містить загальні або керуючі положення для визначення галузі.

Термінологічний стандарт як об'єкт стандартизації передбачає різноманітні терміни та визначення. Стандарт містить окрім визначення, тлумачення певного терміну, приклади його застосування.

Стандарт на продукцію містить вимоги до продукції, які забезпечують відповідність продукції її призначенню. Стандарти на продукцію існують у повному або неповному вигляді. У першому випадку цей нормативний документ встановлює не тільки вказані вимоги, але і дає більш детальну інформацію, що стосується процесу виробництва певного виду продукції:

правила відбору проб, проведення випробувань, пакування, зберігання, транспортування та ін.

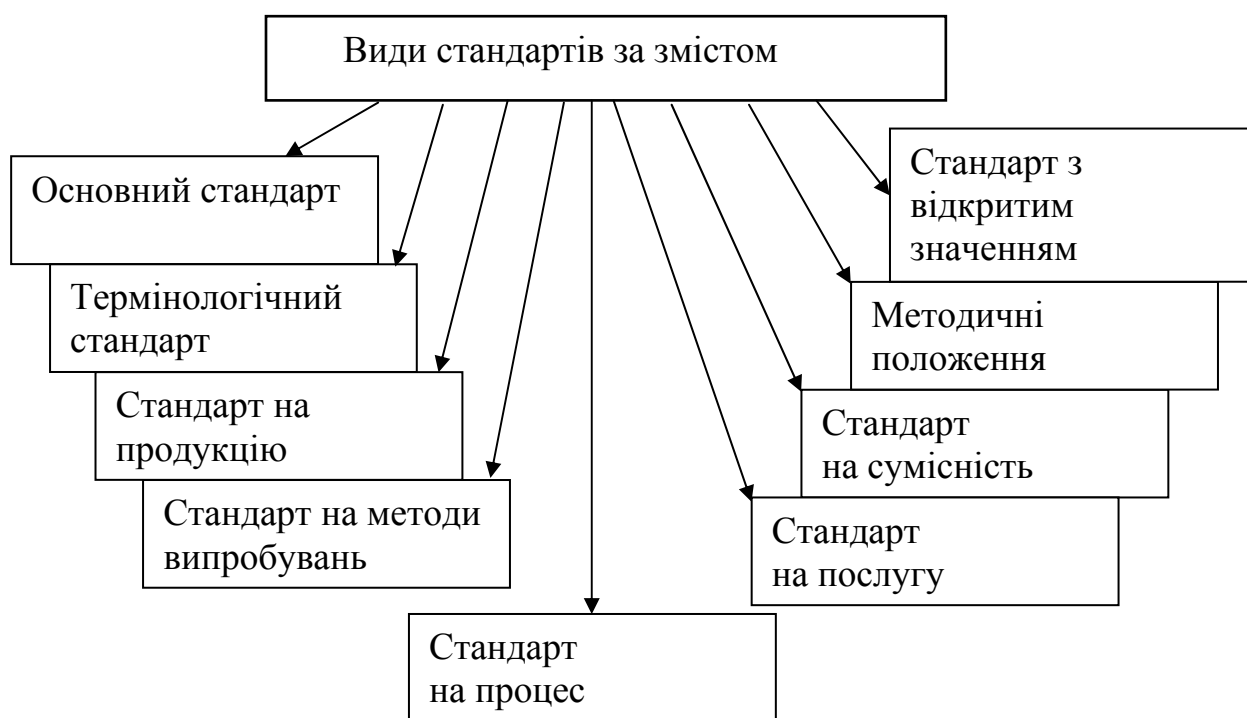


Рис. 4.2. Класифікація видів стандартів за змістом

Стандарт на методи випробувань – нормативний документ, що встановлює методики, правила, процедури випробувань та пов’язаних із ними дій.

Стандарт на процес, стандарт на послугу – нормативні документи, в яких об’єктом стандартизації є відповідно процес або послуга.

Стандарт на сумісність – нормативний документ, що встановлює вимоги щодо сумісності продукції або виробу в цілому, а також його окремих складових частин (вузлів, деталей, комплектуючих). Такий стандарт може бути розроблений для певної системи в цілому та (або) окремих її частин. Наприклад, для інформаційно-вимірювальних систем.

Методичні положення – це методика, спосіб здійснення процесу, певної операції та ін., за допомогою якої можна досягти відповідності нормативному документу.

Стандарт з відкритим значенням містить перелік характеристик, що конкретизуються у договірних відносинах між виробником та споживачем.

4.3. Мета та завдання стандартизації

Мета стандартизації може бути розкрита за такими аспектами:

- підвищення рівня безпеки життя та здоров’я громадян, власності фізичних та юридичних осіб, державної або муніципальної власності, екологічної безпеки та сприяння виконанню вимог технічних регламентів;

- підвищення рівня безпеки об'єктів з урахуванням ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру;
- забезпечення науково-технічного прогресу;
- підвищення конкурентоспроможності продукції, робіт та послуг;
- раціональне використання ресурсів;
- технічна та інформаційна сумісність;
- збіжність результатів досліджень (випробувань) та вимірювань, технічних та економічно-статистичних даних;
- взаємозамінність продукції.

Взагалі стандартизація спрямована на досягнення оптимального ступеня упорядкованості у певній галузі завдяки встановленню положень для загального та багаторазового використання відносно реально існуючих або потенційних завдань.

У розвинутому суспільстві стандартизація є одним із інструментів керування народним господарством. Вона безпосередньо впливає на підвищення ефективності суспільного виробництва та являє собою науковий метод оптимального упорядкування у масштабах держави, номенклатури та якості виготовленої продукції. Стандарт та якість не можна відокремлювати один від одного. Державний стандарт призначений для концентрації передового промислового досвіду та новітніх досягнень технологій, пов'язуючи їх із перспективами розвитку народного господарства. Тим самим стандарт перетворюється у норму суспільно необхідних вимог до якості продукції.

Стандартизацію необхідно розглядати як практичну діяльність, як систему управління, як науку.

Стандартизація як *практична діяльність* полягає у встановленні нормативних документів зі стандартизації та використання правил, норм та вимог, що забезпечують оптимальне вирішення завдань, які повторюються в сферах суспільного виробництва та соціального життя. Ця діяльність спрямована на:

- комплексне нормативно-технічне забезпечення усебічного удосконалення керування народним господарством;
- інтенсифікацію суспільного виробництва та підвищення його ефективності;
- прискорення науково-технічного прогресу та поліпшення якості продукції, процесів та послуг;
- раціональне та економне використання ресурсів.

Стандартизація як *система управління* практичною діяльністю – це планове управління практичною діяльністю зі стандартизації у масштабах Держави. Вона спирається на комплекс нормативно-технічних документів, що встановлюють взаємозв'язок між вимогами щодо організації та методики виконання практичних робіт зі стандартизації.

Стандартизація як *наука* о методах та засобах стандартизації виявляє, узагальнює та формулює закономірності діяльності зі стандартизації у цілому та за її окремими напрямками. Розвиток стандартизації як науки допомагає

поліпшувати систему організації цієї діяльності та сприяє удосконаленню практичних робіт у цій галузі.

Основними завданнями стандартизації є:

- забезпечення взаєморозуміння між розробниками, виготовлювачами, продавцями та споживачами (замовниками);
- встановлення оптимальних вимог до номенклатури та якості продукції в інтересах споживачів та держави, у тому числі створюючих безпеку для навколишнього середовища, життя, здоров'я та власності;
- встановлення вимог щодо сумісності (конструктивної, електричної, електромагнітної, інформаційної, програмної та ін.), а також взаємозамінності продукції;
- узгодження показників та характеристик продукції, її елементів, комплектуючих виробів, сировини та матеріалів;
- уніфікація на основі встановлення та використання параметричних та типорозмірних рядів, базових конструкцій, конструктивно-уніфікованих блочно-модульних складових частин виробів;
- встановлення метрологічних норм, правил, положень та вимог;
- нормативно-технічне забезпечення контролю (випробувань, аналізу, вимірювань), сертифікація та оцінка якості продукції;
- встановлення вимог до технологічних процесів, у тому числі до зниження матеріалоємності, енергоємності та трудомісткості, до забезпечення використання маловідходних технологій;
- створення та введення систем класифікації та кодування техніко-економічної інформації;
- нормативне забезпечення міждержавних та державних соціально-економічних та науково-технічних програм (проектів) та інфраструктурних комплексів (транспорт, зв'язок, оборона, охорона навколишнього середовища, контроль довкілля, безпека населення та ін.);
- створення системи каталогізації для забезпечення споживачів інформацією про номенклатуру та основні показники продукції;
- сприяння виконанню законодавства методами та засобами стандартизації.

4.4. Державний контроль та нагляд за дотриманням вимог держаних стандартів

Державний контроль та нагляд проводиться з метою попередження, виявлення та припинення порушень обов'язкових вимог у галузі стандартизації, підтвердження відповідності (сертифікації), якості та безпеки продукції, робіт та послуг.

Державний контроль та нагляд проводиться:

- у юридичних осіб та індивідуальних підприємців, які розробляють, виготовляють, реалізують (здійснюють постачання, продаж), використовують (експлуатують), транспортують, зберігають та утилізують продукцію;

- у органах сертифікації, діяльність яких спрямована на підтвердження відповідності;

- у випробувальних лабораторіях (центрах), що здійснюють випробування продукції, робіт та послуг з метою підтвердження відповідності.

За змістом контроль та нагляд ідентичні. Різниця полягає тільки у повноваженнях суб'єктів, які їх здійснюють. На відміну від контролю нагляд здійснюється відносно об'єктів, що не знаходяться у відомчому підпорядкуванні органам, які його здійснюють. Наприклад, посадові особи Держстандарту можуть здійснювати у межах своєї компетенції нагляд на будь-якому промисловому підприємстві або підприємстві сфери послуг. Це стосується й інших державних органів, яким надано право адміністративного нагляду у певній галузі діяльності, – комітетів, інспекцій у галузі екології, протипожежної безпеки, охорони праці, лікарських речовин, санітарно-епідеміологічного стану населення, гірничої справи та промисловості, повітряних, морських та річкових судин, архітектури та будівництва, торгівлі та ін.

У сучасних умовах державний контроль набуває соціально-економічну орієнтацію, оскільки основні його зусилля спрямовано на перевірку обов'язкового дотримання всіма суб'єктами господарювання головних норм та правил, що забезпечують інтереси та права споживачів, захист здоров'я та власності населення, довкілля. Одне з його основних завдань – попередження порушень обов'язкових вимог державних стандартів, умов сертифікації.

Державний контроль та нагляд у галузі стандартизації, забезпечення єдності вимірювань та обов'язкової сертифікації містять:

1. Державний контроль та нагляд за дотриманням юридичними особами та індивідуальними підприємцями обов'язкових вимог державних стандартів до продукції (товарів), робіт та послуг.
2. Державний контроль та нагляд за дотриманням суб'єктами, які перевіряють, правил обов'язкової сертифікації та за сертифікованою продукцією.
3. Державний контроль за дотриманням законодавства при акредитації організацій, які здійснюють оцінку відповідності продукції, виробничих процесів та послуг установленим вимогам якості та безпеки.
4. Державний метрологічний нагляд за випуском, станом та використанням засобів вимірювань, атестованими методиками виконання вимірювань, еталонами одиниць фізичних величин, дотриманням метрологічних правил та норм, кількістю товарів, відчужуваних при здійсненні торгівельних операцій, кількістю фасованих товарів в упаковках будь-якого виду при їх фасуванні та продажу.
5. Державний метрологічний контроль, що включає затвердження типу засобів вимірювань, перевірку засобів вимірювань, у тому числі еталонів, ліцензування діяльності по виготовленню та ремонту засобів вимірювань.

При проведенні державного контролю та нагляду перевірки підлягають:

- продукція або товари (далі – продукція), роботи, що виконуються, та надані послуги;

- технічна (конструкторська, технологічна, експлуатаційна, ремонтна та ін.) документація на продукцію, роботи та послуги;

- системи керування якістю;

- підтвердження відповідності (сертифікація) продукції, робіт та послуг органами із сертифікації та випробувальними лабораторіями (центрами).

Державний контроль та нагляд здійснюється при дотриманні юридичними особами та індивідуальними підприємцями:

- обов'язкових вимог на стадіях розробки, підготовки продукції до виробництва, її виготовлення, реалізації (поставка, продаж), використання (експлуатації), зберігання, транспортування та утилізації, а також при виконанні робіт та наданні послуг;

- правил обов'язкової сертифікації;

- правил підтвердження відповідності продукції, робіт та послуг обов'язковим вимогам шляхом прийняття декларації о відповідності.

Керівник (або інша посадова особа) юридичної особи або індивідуальний підприємець створює державним інспекторам необхідні умови для проведення державного контролю та нагляду відповідно до діючого законодавства.

При державному контролі та нагляді здійснюється:

- відбір зразків (проб) продукції та (або) документів;

- технічний огляд продукції, робіт та послуг;

- дослідження (випробування), експертиза та інші види контролю продукції, робіт та послуг, які забезпечують достовірність та об'єктивність результатів перевірки;

- перевірка наявності системи якості та даних про сертифікацію цієї системи;

- оцінка відповідності продукції, робіт та послуг обов'язковим вимогам;

- перевірка наявності каталожних листів на продукцію, які пройшли облікову реєстрацію.

Відбір зразків (проб) із партії продукції, призначеної для контролю, нагляду та оформлення актів на ці зразки, здійснює державний інспектор у присутності представників юридичної особи або індивідуального підприємця та учасників перевірки.

Технічний огляд продукції, робіт та послуг проводиться безпосередньо державним інспектором із залученням спеціалістів юридичної особи або індивідуального підприємця. Результати технічного огляду оформлюються протоколом установленої форми.

Необхідність проведення випробувань визначає державний інспектор (керівник перевірки). Випробування проводяться на випробувальній базі юридичної особи або індивідуального підприємця у присутності державного інспектора або в акредитованій випробувальній лабораторії. Випробування продукції проводяться згідно з встановленими у стандартах та інших нормативних документах вимогами на методи контролю та випробувань продукції. Випробування зразків (проб) продукції оформлюються протоколом

за формою, прийнятою у випробувальній лабораторії (центрі). Результати випробувань відібраних зразків (проб) розповсюджують на партію продукції, що перевіряється.

За результатами перевірки головні державні інспектори та державні інспектори у межах наданої їм законодавством компетенції видають обов'язкові для виконання юридичними особами та індивідуальними підприємцями розпорядження.

У випадку порушення обов'язкових вимог, правил сертифікації державним інспектором складається протокол на юридичну особу, керівника юридичної особи, іншу посадову особу юридичної особи.

4.5. Нормалізаційний контроль технічної документації

Нормалізаційний контроль технічної документації (нормоконтроль) проводиться з метою підвищення якості нормативно-технічної документації та забезпечення впровадження вимог стандартів на підприємстві.

Послідовність проведення нормалізаційного контролю встановлена стандартами ГОСТ 2.111-68, 3.1116-79 та 21.002-81. Нормоконтролю підлягає комплексна нормативно-технічна документація на вироби основного та допоміжного виробництв, що розробляється самим підприємством та отримана зі сторони. Нормоконтроль здійснюється спеціалістами–нормоконтролерами, які мають великий досвід роботи у цій галузі.

Обов'язки нормоконтролера – це перевірка:

- комплектності поданої на контроль документації;
- дотримування конструктивної та технологічної послідовності;
- розробленості спеціальних креслень та технологій;
- відповідності розробленої документації вимогам Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та Системи проектної документації для будівництва (СПДБ);

- використання стандартних та уніфікованих елементів конструкцій, що виготовляються спеціалізованими заводами;

- дотримуваності у виробках, що розробляються, норм, правил, встановлених державними, галузевими стандартами, стандартами підприємств та іншою нормативно-технічною документацією (НТД);

- відповідності оформлення технічної документації вимогам, установленим стандартами;

- використання встановлених обмежувальних номенклатур стандартизованих виробів (кріпильних деталей, гвинтів, гайок, шайб, типів контрволок, різьблень, шлицевих з'єднань, допусків і посадок), марок матеріалів, профілей прокату, допоміжних матеріалів;

- дотримання діючої системи класифікації та кодування.

Необхідність підвищення якості нормалізаційного контролю накладає на нормоконтролера певні обов'язки та надає йому достатні права.

Нормоконтролер повинен подавати у виробництво тільки ту документацію, яка повністю відповідає вимогам стандартів; керуватися тільки діючими у момент проведення контролю стандартами та іншими нормативно-технічними документами; надавати консультації з питань застосування стандартів та іншої НТД; проводити роботу з покращення системи нормоконтролю, підвищення його ефективності; систематично надавати відомості стосовно якості документації, що контролюється; підвищувати свою кваліфікацію; знати стандарти, що надійшли на підприємство, термін їх дії.

Нормоконтролер має право:

- повертати конструкторську документацію розробнику без розглядання у випадках порушення встановленої комплектності, відсутності обов'язкових підписів, недбалого виконання;

- вимагати від розробників конструкторської документації пояснень та додаткових матеріалів за питаннями, що виникли у процесі перевірки.

Зміни та виправлення, зазначені нормоконтролером та пов'язані із порушенням діючих стандартів та інших НТД, обов'язкові для внесення у конструкторські документи.

Нормоконтролер відповідає за дотримання у конструкторській та технологічній документації вимог діючих стандартів та інших НТД нарівні із розробниками цієї документації.

Нормоконтроль – відповідальна та трудомістка праця, де бере участь понад 30% спеціалістів від загальної кількості робітників служб стандартизації підприємства (організації). Тому нормалізаційний контроль необхідно постійно удосконалювати та зменшувати витрати на його проведення за рахунок значної профілактики відхилень від вимог стандартів.

4.6. Принципи стандартизації

Стандартизація розвивається з урахуванням досягнень науки, техніки, вітчизняного і закордонного досвіду та визначає основу не тільки поточного, але й майбутнього розвитку суспільства невід'ємно від науково-технічного прогресу. Можна виділити такі основні принципи стандартизації:

1. *Збалансованість інтересів сторін.* Стандартизація повинна ґрунтуватись на взаємному бажанні всіх зацікавлених сторін, що розробляють, виготовляють та споживають продукцію, до досягнення згоди з урахуванням думки кожної із сторін щодо керування різноманіттям продукції, її якості, економічності, пристосованості, сумісності та взаємозамінності, її безпеки для довкілля, життя, здоров'я та власності, а також за іншими питаннями, що являють взаємний інтерес.

2. *Принцип системності.* Під системою розуміють сукупність взаємопов'язаних елементів, функціонування яких сприяє виконанню поставленої мети з максимальною ефективністю та найменшими витратами. Кількісні зв'язки елементів можуть бути детермінованими або випадковими. Сукупність взаємопов'язаних елементів, що входять до складу системи,

утворюють структуру, яка дозволяє будувати ієрархічну залежність їх на різних рівнях. Оптимізація вимог стандартів звичайно пов'язана з оптимізацією параметрів об'єктів стандартизації (ПОС). Важливість проведення оптимізації визначила доцільність виділення її в окрему систему – систему оптимізації параметрів об'єктів стандартизації (СОПОС). Ефективність системи забезпечується за допомогою функціонування СОПОС держстандарту та СОПОС галузей (підприємств). Науково-методичне забезпечення системи полягає у розробці методів оптимізації, їх уніфікації та удосконалення, а також у розробці комплексу уніфікованих нормативно-технічних та методичних документів. Організаційно-методичне забезпечення системи включає розподіл функцій з розробки та функціонування СОПОС між виконавцями, встановлення зв'язку з різноманітними системами.

Оптимізація ПОС полягає у встановленні значень параметрів та такого їх змінення у часі, при якому досягається максимальна ефективність. СОПОС повинна послідовно забезпечувати сполучення між ефектом та витратами, що визначається з позицій обґрунтованих завдань з урахуванням діючих обмежень та майбутніх змін у часі. Основні вимоги до СОПОС – це вимоги до результатів, методів та методології оптимізації.

Для встановлення параметрів об'єктів стандартизації використовують набір різноманітних теоретичних методів оптимізації відповідно до різноманітних умов оптимізації та вимог до методів оптимізації. Набір цих методів включає метод оптимізації з формалізацією (ГОСТ 18.101-82) або без формалізації мети та обмежень. Вихідними для оптимізації ПОС є п'ять груп залежностей, що складають або входять до математичної моделі оптимізації (ГОСТ 18.101-82).

Прогнозування при оптимізації ПОС виконується для визначення майбутньої ситуації з метою оптимізації вирішень, що приймаються. Вимоги до результатів прогнозу залежать від того, для прийняття яких вирішень вони використовуються.

3. *Перспективність робіт* забезпечується виданням стандартів, що випереджають та встановлюють підвищені відносно до досягнутого рівня норми та вимоги до об'єктів стандартизації, які будуть оптимальними у майбутньому. Базою випереджаючої стандартизації служать науково-технічні прогнози.

Перспективні стандарти забезпечують урахування науково – та технічно – обґрунтованих рішень замовника, використання результатів пошукових, фундаментальних, прикладних науково-дослідних робіт, прогнозування, відкриття, винаходів, установлення диференційованих значень основних показників технічного рівня та якості груп однорідної продукції. Перспективні стандарти сприяють розробці та виготовленню на виробництві новітньої (модернізованої) техніки, зняттю з виробництва застарілих виробів.

Стандарти з перспективними вимогами повинні передбачати обмежену номенклатуру основних показників технічного рівня та якості і водночас достатньо характеризувати вироби. Для продукції галузі машинобудування,

наприклад, такими показниками можуть бути один–два показники, що найбільш повно характеризують її властивості з погляду споживача:

- ефективність виробництва та експлуатації (технологічність, швидкість та ін.);
- надійність (безвідмовність, довговічність);
- економічність (витрата пального, коефіцієнт корисної дії, собівартість та ін.);
- показники комфортності та безпеки.

4. *Динамічність стандартизації* забезпечується їх періодичною перевіркою, внесенням до них змін, а також своєчасним переглядом або їх відміною. Діючі стандарти підлягають перевірці відповідно до терміну їх дії. При перевірці визначається їх науково-технічний рівень та при необхідності розробляються пропозиції щодо відновлення застарілих показників, норм, характеристик, вимог, термінів, визначень, позначень. Результати перевірки можуть бути базою для перегляду стандарту.

5. *Оптимізація при стандартизації* полягає у визначенні найвигідніших параметрів об'єктів стандартизації, а також у створенні методів оптимізації, їх уніфікації та удосконаленні з відображенням результатів у нормативно-технічних та методичних документах.

Для широкого та ефективного впровадження найбільш досконалих методів оптимізації у роботах зі стандартизації, а також для забезпечення підвищення якості результатів та технологічності процесу оптимізації (у першу чергу, технологічності процесу розробки оптимізаційних моделей) наукових робіт розроблено новий конструктивний підхід до проблеми оптимізації вимог стандартів.

Сутність цього підходу полягає у створенні та *впровадженні Системи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації* (СОПОС), яка об'єднує усі відомі методи, зосереджує розробку (адаптацію до конкретних завдань, уніфікацію та стандартизацію) методів оптимізації якості продукції та вимог стандартів та забезпечує вимогами споживачів.

Науково-методичні положення СОПОС дозволяють поставити процес оптимізації якості продукції на індустріальну основу, а також забезпечити методами оптимізації споживачів, які знаходяться у взаємодії із СОПОС, та вирішувати конкретні питання оптимізації, що досягається шляхом реалізації таких основних принципів створення та функціонування СОПОС:

- об'єднання в єдину систему методів математичної теорії оптимізації, прогнозування, теорії прийняття рішень, експериментальних методів оптимізації, а також принципів, методів та процедур, що застосовуються при розробці продукції та стандартів;

- спрощення робіт з оптимізації вимог стандартів та якості продукції;

- спрощення робіт з оптимізації шляхом попередньо виконаних робіт меншим числом співробітників, що працюють, як правило, на більш високих рівнях керування. Це у першу чергу відноситься до розробки математичних моделей оптимізації;

- уніфікація та стандартизація методів оптимізації, куди входить і процес їх розробки, який є найбільш трудомісткою та відповідальною частиною усього процесу оптимізації.

6. *Пріоритетність розробки стандартів*, що сприяють створенню безпеки, сумісності та взаємозамінності продукції, процесів та послуг. Ці показники мають загальнодержавне значення, тому їх стандартизація, контроль за їх виконанням та сертифікація товарів, процесів і послуг у цих галузях обов'язкові. Стандарти, що містять чітко виділені у тексті обов'язкові вимоги та методи їх об'єктивної перевірки, є "обов'язковими стандартами" та відповідають указаним вимогам.

7. *Принцип гармонізації* передбачає розробку гармонізованих (взаємопов'язаних) стандартів. Забезпечення ідентичності документів, що відносяться до одного і того ж об'єкта, але прийнятих як організаціями зі стандартизації нашої держави, так і міжнародними (регіональними) організаціями, дозволяє розробляти стандарти, які не створюють перешкод у міжнародній торгівлі.

8. *Чіткість формулювань положень стандарту*. У стандартах не припускається двозначність тлумачення норм та вимог.

9. *Ефективність стандартизації* досягається за рахунок економічного та соціального ефектів. Економічний ефект надають стандарти, що забезпечують економію ресурсів, підвищення надійності, мінімальних питомих витрат матеріалів, технічну та інформаційну сумісність. Соціальний ефект мають стандарти, що спрямовані на створення безпечних умов для життя, здоров'я людей та ін.

4.7. Методи стандартизації

При стандартизації широке розповсюдження знайшли такі методи: спрощення (симпліфікація); упорядкування (систематизація та класифікація) об'єктів стандартизації; параметрична стандартизація; уніфікація; агрегування; типізація.

Симпліфікація – це метод стандартизації, що полягає у зменшенні кількості типів виробів у рамках певної номенклатури до такого числа, яке є достатнім для задоволення існуючої потреби на даний час.

Упорядкування об'єктів стандартизації є універсальним методом у галузі стандартизації продукції, процесів та послуг. Упорядкування як керування різноманіттям пов'язано насамперед із зменшенням цього різноманіття. До нього входять систематизація та класифікація.

Систематизація полягає в розташуванні у певному порядку та послідовності, зручної для користування. Найбільш простою формою систематизації є розташування матеріалу, що систематизується, у алфавітному порядку (у довідниках, бібліографіях та ін.). У техніці широко застосовують цифрову систематизацію по порядку номерів або у хронологічній

послідовності. Наприклад, у стандарт окрім номера додають ще цифри, що вказують рік його затвердження.

Класифікація полягає у розташуванні предметів та понять за класами та розмірами залежно від їх загальних ознак. За міжнародну систему прийнято універсальну десяткову класифікацію (УДК). Її використовують у публікаціях, журналах.

Для класифікації промислової та сільськогосподарської продукції використовують Єдину десяткову систему класифікації продукції (ЄДСКП). Усю множину продукції поділяють на 10 класів згідно з галузями виробництва та конкретизують її за властивостями та призначенням. Потім кожен клас поділяють на 10 підкласів, кожен підклас на 10 груп, кожен групу на 10 підгруп та кожен підгрупу на 10 видів. Кожний вид може містити 9999 конкретних найменувань продукції.

Параметрична стандартизація застосовується для встановлення раціональної номенклатури виробів з метою уніфікації, підвищення серійності та розвитку спеціалізації їх виробництва. Для цього розробляють стандарти на параметричні ряди цих виробів.

Параметричним рядом називають закономірно побудовану в певному діапазоні сукупність чисельних значень головного параметра машин (або інших виробів) одного функціонального призначення та аналогічних по кінематиці або робочому процесу.

З усіх параметрів, що характеризують вироби, виділяють головний та основні.

Головним називають параметр, який визначає важливіший експлуатаційний показник машини (або іншого виробу) та не залежить від технічних удосконалень виробу та технології виготовлення. Наприклад, для металооброблюючого обладнання – це точність обробки, потужність, межі швидкостей різання, продуктивність; для вимірювальних приладів – похибка вимірювання, ціна поділки шкали, вимірювальна сила та ін.

Різновидом параметричного ряду є типорозмірний (або просто розмірний) ряд, його головний параметр – розміри виробів.

Уніфікація згідно з визначенням даного комітету ІСО/СТАКО – це форма стандартизації, що полягає в об'єднанні одного, двох або більш документів (технічних умов) в один з таким розрахунком, щоб регламентовані цим документом вироби були взаємозамінними.

Уніфікація (від латинського unio – єдність та facere – робити, тобто зведення будь-чого до однаковості, до єдиної форми або системи) – це зведення об'єктів однакового функціонального призначення до однаковості (наприклад, до оптимальної конструкції) за встановленою ознакою та раціональне зменшення числа цих об'єктів на основі даних про їх ефективне використання.

В основі уніфікації ряду деталей, вузлів, агрегатів, машин та приладів лежить їх конструктивна подoba, яка визначається спільністю робочого процесу, умов роботи приладів, тобто спільністю експлуатаційних вимог.

Розрізняють такі види уніфікації: типорозмірну, внутрішньорозмірну та межтипову.

Типорозмірна уніфікація застосовується у виробках однакового функціонального призначення, що відрізняються один від одного числовим значенням головного параметра.

Внутрішньотипова уніфікація стосується виробів одного й того ж функціонального призначення, що мають однакове числове значення головного параметра, але відрізняються конструктивним виконанням складових частин.

Межтипова уніфікація проводиться у виробках різних типів та різних конструктивних виконань (наприклад, уніфікація продольно-фрезерних, стругальних, шлифовальних станків між собою).

Роботи з уніфікації можуть виконуватися на таких рівнях: заводському, галузевому, міжгалузевому та міжнародному.

Рівень уніфікації виробів та їх складових частин визначається за допомогою системи показників, з яких обов'язковим є коефіцієнт застосовності на рівні типорозмірів, що розраховується у відсотках.

Застосування уніфікації дозволяє значно зменшити обсяг конструкторських робіт та скоротити термін проектування; зменшити час на підготовку виробництва та освоєння випуску нової продукції; підвищити обсяг випуску продукції.

Однак проведення уніфікації, що супроводжується певними витратами, потребує економічного обґрунтування. Необґрунтовано здійснена уніфікація може дати негативний ефект, наприклад, коли доводиться використовувати найближчі великі уніфіковані деталі, що визивають необґрунтоване експлуатаційними умовами підвищення маси, габаритів та трудомісткості виготовлення машин.

Оптимізувати уніфікацію – це означає стандартизувати такі конструкції та їх розмірні ряди, при яких сумарна ефективність у сфері виробництва та експлуатації була б найбільшою.

Типізація технологічних процесів – це розробка та встановлення технологічного процесу для виготовлення однотипних деталей або зборки однотипних складових частин, або виробів тієї чи іншої класифікаційної групи.

Типізація технологічних процесів викликана необхідністю скорочення необґрунтовано великої їх кількості на однотипні деталі або складникові одиниці. Дуже часто технологічний процес розробляється “з нуля” без існуючого досвіду. При зміні об'єкта виробництва увесь об'єм технологічних операцій повторюється знову і значна частина технологічних процесів дублює раніше розроблені.

Типізація технологічних процесів при їх оптимізації дозволяє виключити вказані недоліки та прискорити процес підготовки виробництва.

Технологічна подоба деталей визначається сукупністю конструктивних ознак та технологічними характеристиками деталей.

Розробка типових технологічних процесів починається з класифікації об'єктів виробництва, технологічних операцій, пристроїв, різувального та вимірального інструментів. Типовий технологічний процес повинен бути загальним для груп деталей, мати єдиний план обробки за основними операціями, однотипове обладнання та оснастку. При розробці типового технологічного процесу за основу може бути взято найбільш досконалий діючий технологічний процес або спроектовано новий.

Типізація конструкторських виробів – це розробка та встановлення типових конструкцій, що мають конструктивні параметри, спільні для виробів, складових одиниць та деталей. При типізації аналізуються не тільки вже існуючі типи та типорозміри виробів, їх складові частини та деталі, але й розробляються нові, перспективні, що враховують досягнення науки та техніки. Часто результатом такої роботи є встановлення відповідних типів виробів, їх складових частин та деталей.

4.8. Комплексна стандартизація

Комплексна стандартизація – це коли цілеспрямовано та планомірно встановлюються та застосовуються системи взаємопов'язаних вимог як до самого об'єкта комплексної стандартизації у цілому, його основних елементів, так і до матеріальних та нематеріальних факторів, що впливають на об'єкт, з метою забезпечення оптимального вирішення конкретної проблеми. Вона найбільш повно та оптимально задовольняє вимоги зацікавлених організацій шляхом узгодження показників взаємопов'язаних компонентів, що входять до складу об'єктів стандартизації, та зв'язує терміни уведення у дію стандартів.

Комплексна стандартизація забезпечує зв'язок та взаємозалежність суміжних галузей у сумісному виробництві продукту, що задовольняє вимогам державних стандартів. Наприклад, якість сучасного автомобіля визначається якістю більш ніж двох тисяч виробів та матеріалів – комплектуючих деталей та механізмів, металів, пластмас, гумових та електротехнічних виробів, лаків, фарб, мастил, палива, виробів легкої та целюлозно-паперової промисловості та ін. У свою чергу, якість кожного із перлічених виробів визначається низкою показників, що регламентовані стандартами.

Основні завдання, що вирішуються комплексною стандартизацією:

- регламентація норм і вимог до взаємопов'язаних об'єктів та елементів цих об'єктів (у машинобудуванні, наприклад, до деталей, вузлів та агрегатів), а також до видів сировини, матеріалів, полуфабрикатів, технологічних процесів виготовлення, транспортування та експлуатації;

- регламентація взаємопов'язаних норм та вимог до загальнотехнічних та галузевих комплексів нематеріальних об'єктів стандартизації (системи документації, системи загальнотехнічних норм та ін.), а також до елементів цих комплексів;

- встановлення взаємопов'язаних термінів розробки стандартів, упровадження яких повинно забезпечити реалізацію заходів з організації та удосконалення виробництва і, у результаті, випуск продукції найвищої якості.

Комплексне проведення робіт із стандартизації базується на широкому розповсюдженні програмно-цільового планування. Таке планування дозволяє здійснювати гнучке керування, контроль, а також змінювати за необхідності тактичні варіанти планових рішень.

В основі розробки програм лежать такі принципи:

- системний підхід, що передбачає розробку стандартів на готову продукцію, комплектуючі вироби та ін., а також встановлення взаємопов'язаних вимог з метою забезпечення високого рівня якості;

- випереджаючий розвиток стандартизації сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, якість яких має вирішальний вплив на техніко-економічні характеристики готової продукції;

- оптимальні межі програм (за номенклатурою об'єктів комплексної стандартизації, складу та кількісним показником параметрів якості);

- логічна (ієрархічна) послідовність розробки комплексів стандартів;

- зв'язування з іншими програмами та діючими стандартами.

Велике значення при підвищенні якості промислової продукції має комплексна стандартизація норм проектування.

4.9. Випереджаюча стандартизація

З розвитком науки та техніки стандарти старіють, а тому їх необхідно переглядати з урахуванням довгострокового прогнозування та випереджання темпів науково-технічного прогресу.

Випереджаюча стандартизація – це стандартизація, що встановлює підвищені відносно досягнутих на практиці рівнів норм, вимог до об'єктів стандартизації, які згідно з прогнозами будуть оптимальними у наступний час.

Випереджаюча стандартизація розробляється на науково-технічній основі, що включає: результати фундаментальних, пошукових та прикладних наукових досліджень; відкриття та винаходи, що прийнято до реалізації; методи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації; прогнозування потреб народного господарства та населення у даній продукції.

Стандарти, що систематично не відновлюються і тільки фіксують існуючі параметри та досягнутий рівень якості виробів, можуть стати гальмом технічного прогресу, оскільки процес розвитку з удосконалення продукції та підвищення її якості згідно з потребами суспільства та народного господарства йде безперервно.

Для того щоб стандарти не гальмували технічний прогрес, вони повинні встановлювати перспективні показники якості з урахуванням термінів їх забезпечення промислових виробництв.

Процес випереджаючої стандартизації є неперервним, тобто після вводу в дію випереджаючого стандарту одразу ж приступають до розробки нового стандарту, яким має бути замінений попередній.

Різновидом випереджаючого стандарту є ступеневий стандарт, що містить показники якості різноманітних рівнів. Для прогнозування науково-технічного прогресу важливе значення має патентна інформація, що випереджає усі інші види інформації на 3–5 років.

Звичайно за кількістю патентів, виданих за рік, судять про темпи розвитку об'єкта, що розглядається. Якщо кількість патентів із року в рік зростає, це означає, що дане інженерне рішення прогресивне, а якщо падає, отже, дана ідея реалізована й інженерний принцип себе зжив.

Слід зазначити, що стандартизація не може випереджати наукові та технічні відкриття, але вона повинна базуватися на них, прискорюючи процес їх широкого впровадження у промисловість.

За кордоном існує категорія “попередніх стандартів”, у яких оперативно закріплюються результати науково-дослідних робіт.

4.10. Міжгалузеві системи (комплекси) стандартів

Своєрідною формою комплексної стандартизації є стандартизація міжгалузевих систем, що спрямована на вирішення значних народногосподарських завдань та забезпечення підвищення ефективності виробництва високоякісної продукції. У теперішній час діють такі міжгалузеві системи (комплекси) стандартів:

1. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД);
2. Єдина система технологічної документації (ЄСТД);
3. Система показників якості продукції (СПЯП);
4. Уніфікована система документації (УСД);
5. Система інформаційно-бібліографічної документації (СІБІД);
6. Державна система забезпечення єдності вимірювань (ГСВ);
7. Єдина система захисту від корозії та старіння матеріалів і виробів (ЄСЗКС);
8. Стандарти на товари, що поставляються на експорт;
9. Система стандартів безпеки праці (ССБП);
10. Репрографія;
11. Технологічна підготовка виробництва;
12. Система розробки та поставки продукції на виробництво (СРПВ);
13. Система стандартів у галузі охорони довкілля та покращення використання природних ресурсів (ССОП);
14. Єдина система програмних документів (ЄСПД);
15. Система проектної документації на будівництво (СПДБ);
16. Безпека у надзвичайних ситуаціях (БНС);
17. Забезпечення зносостійкості виробів;
18. Система технічної документації на автоматизовані системи керування (АСК);

19. Розрахунки та випробування на міцність;
20. Засоби вимірювань та автоматизації;
21. Надійність у техніці;
22. Система стандартів ергономічних вимог та ергономічного забезпечення;
23. Технологічна;
24. Інформаційна технологія;
25. Система сертифікації.

У стандартах, що входять до комплексу, перші одна або дві цифри із точкою умовного позначення відносяться до шифру комплексу.

Процес комплектації вже існуючих комплексів продовжується і тепер. Можливо створення нових комплексів. Деякі комплекси вже майже сформовані (наприклад, система автоматичного проектування – САПР або єдина система припусків та посадок – ЄСПП), але їм поки що не надано шифр комплексу. Інші тільки формуються. Дуже перспективною, наприклад, є система електронного обміну даними.

4.11. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)

ЄСКД встановлює для всіх підприємств (організацій) держави єдині правила розробки, виконання, оформлення та обігу конструкторської документації. У стандартах ЄСКД збережена послідовність положень стандартів системи креслярського господарства та забезпечена узгодженість із рекомендаціями ISO та МЕК.

Основні завдання ЄСКД: підвищення продуктивності праці конструкторів та якості креслярської документації; взаємообіг конструкторською документацією між організаціями та підприємствами без переоформлення; поглиблення рівня уніфікації при розробці проектів промислових виробів; спрощення форм конструкторських документів, графічних зображень, внесення у них змін; механізація й автоматизація обробки технічних документів та інформації, що міститься у них; ефективне зберігання, дублювання, урахування документації, зменшення її обсягів; прискорення обігу документів; підвищення умов експлуатації та ремонту технічних пристроїв.

Увесь комплекс стандартів системи ЄСКД, а їх більш ніж 160, поділяється на такі групи:

- 0 – Загальні положення (ГОСТ 2.001–2.004).
- 1 – Основні положення (ГОСТ 2.101–2.125).
- 2 – Позначення виробів та документів (ГОСТ 2.201).
- 3 – Загальні правила виконання креслень (ГОСТ 2.301–2.321).
- 4 – Правила виконання креслень різноманітних виробів (ГОСТ 2.401–428).
- 5 – Правила обліку та обігу документації (ГОСТ 2.501–2.503).
- 6 – Правила виконання експлуатаційної та ремонтної документації (ГОСТ 2.601–2.608).

7 – Правила складання схем та позначення умовно-графічні (ГОСТ 2.701–2.711, 2.721-2.770, 2.780-2.797).

8 – Правила складання гірничо-графічної документації (ГОСТ 2.801–2.804, 2.850–2.857).

9 – інші стандарти.

ЄСКД стала універсальною, оскільки дозволяє здійснювати широкий обмін технічною документацією з іншими країнами, виходити на міжнародний ринок із продажем товарів, ліцензій, організувати сумісні із закордонними фірмами підприємства з виготовлення кінцевого продукту.

Розвиток комп'ютерної графіки, систем автоматизованого проектування та вироблення товарів ставить перед розробниками ЄСКД завдання з відображення сучасних вимог на виконання, оформлення та обіг “безпаперової” (на електронних носіях) конструкторської документації.

4.12. Єдина система технологічної документації (ЄСТД)

Технологічна документація визначає технічний рівень тих технологічних методів, обладнання, оснастки, інструменту, які використано на підприємстві. На основі технологічної документації створюється чисельна інформація, що застосовується для проведення техніко-економічних та планово-нормативних розрахунків, планування та регулювання виробництва, правильної його організації, підготовки, керування та обслуговування.

Основне призначення комплексу державних стандартів, що складають ЄСТД, – встановлення в усіх організаціях та на усіх підприємствах єдиних взаємопов'язаних правил, норм та положень виконання, оформлення, комплектації та обігу, уніфікації та стандартизації технологічної документації.

Впровадження ЄСТД дозволяє:

- скоротити об'єм технологічної документації, що розробляється;
- підвищити продуктивність праці технологів;
- упорядкувати номенклатуру та зміст форм документації загального призначення (карти технологічного процесу, специфікації);
- встановити правила оформлення технологічних процесів (форми документації), внесення та оформлення змін;
- встановити правила обліку та аналізу застосованості технологічної оснастки, деталей, вузлів та матеріалів;
- ефективно впровадити типові технологічні процеси;
- створити первинну інформаційну базу для автоматизованої системи керування підприємством та галузі.

Увесь комплекс стандартів ЄСТД (більше 40 ГОСТів) поділяється на такі класифікаційні групи:

0 – Загальні положення (ГОСТ 3.1001).

1 – Основні стандарти (ГОСТ 3.1102–3.ПЗО).

2 – Класифікація та позначення технологічних документів (ГОСТ 3.1201).

- 3 – Облік застосовності деталей та збірних одиниць у виробках.
- 4 – Основне виробництво. Види технологічних документів та правила їх оформлення на процеси, що спеціалізуються за видами робіт (ГОСТ 3.1401–3.1409, 3.1412-3.1428).
- 5 – Основне виробництво. Види технологічних документів та правила їх оформлення на випробування та контроль (ГОСТ 3.1502-3.1507).
- 6 – Допоміжне виробництво. Види технологічних документів (ГОСТ 3.1603).
- 7 – Правила заповнення технологічних документів (ГОСТ 3.1702-3.1707).

В умовному позначенні стандарту після коду комплексу (цифра 3 з крапкою) ставиться код виробництва, для якого розроблений стандарт (1 – для машинобудування та приладобудування).

4.13. Інші комплекси стандартів

Стандартизація щодо створення безпечних умов для життєдіяльності складається з трьох комплексів стандартів: “Система стандартів безпеки праці (ССБП)”, “Система стандартів у галузі охорони довкілля та покращення використання природних ресурсів (ССОП)” та “Безпека у надзвичайних ситуаціях (БНС)”.

Система стандартів безпеки праці (ССБП) виконує важливу соціальну функцію з попередження аварій та нещасних випадків з метою забезпечення охорони здоров'я людей на виробництві та у побуті. Вона налічує більш ніж 350 стандартів.

У рамках цієї системи здійснюється взаємний зв'язок та систематизація всієї існуючої нормативної та нормативно-технічної документації з безпеки праці, у тому числі багатьох норм та правил з техніки безпеки та виробничої санітарії як національного, так і галузевого призначення. ССБП являє собою багаторівневу систему взаємопов'язаних стандартів, що спрямовані на створення безпечних умов.

Система ССБП складається з таких груп:

- 0 – Організаційно-методичні стандарти.
- 1 – Стандарти вимог та норм безпеки до видів небезпечних та шкідливих виробничих факторів.
- 2 – Стандарти вимог безпеки до виробничого обладнання.
- 3 – Стандарти вимог безпеки до виробничих процесів.
- 4 – Стандарти вимог до засобів захисту працюючих.

Система розробки та постановки продукції на виробництво (СРПВ). Головною метою системи СРПВ є забезпечення випуску якісної продукції. Вона розповсюджується на продукцію всіх галузей промисловості.

Основне призначення СРПВ полягає у встановленні організаційно-технічних принципів та правил проведення робіт, що спрямовані на вирішення таких завдань:

- розробка та виробництво нової продукції високої якості, яка може бути конкурентоспроможною;

- скорочення термінів та витрат на розробку, виробництво, експлуатацію та ремонт виробів;

- забезпечення стабільності показників якості продукції, що випускається;

- своєчасне поновлення застарілих виробів;

- підвищення відповідальності виконавців робіт за якість розробки, виготовлення та забезпечення експлуатації й ремонту виробів.

Об'єктами стандартизації СРПВ є:

- послідовність проведення робіт у процесі життєвого циклу продукції;

- правила проведення та оформлення вирішень за їх результатами;

- функції учасників робіт;

- загальні вимоги до продукції, що ставляться на кожній стадії життєвого циклу.

Стандарти СРПВ можуть бути державними, міждержавними, галузевими та для підприємств. Постановка продукції на виробництво передбачає розробку технічного завдання, креслярської та іншої нормативно-технічної документації, виготовлення та випробування зразків продукції, прийняття результатів розробки, технологічну підготовку та освоєння виробництва. У розділах стандарту чітко регламентуються функції розробника, замовника (споживача), виробника продукції.

Кінцевий результат підготовки виробництва підтверджується проведенням кваліфікаційних випробувань зразків первинної промислової партії. При позитивних результатах цього випробування освоєння даного виробу вважається завершеним, а продукція може поставлятися замовнику.

Єдина система програмних документів (ЕСПД) встановлює правила розробки, оформлення та обігу програм і програмної документації. Єдині вимоги до розробки, супроводження, виготовлення та використання програм і програмної документації забезпечують:

- уніфікацію програмних виробів для взаємного обміну програмами та застосування раніше розроблених програм у новітніх технологіях;

- зниження трудомісткості та підвищення ефективності розробки, супроводження, виготовлення та експлуатацію програмних виробів;

- автоматизацію виготовлення та зберігання.

До складу ЕСПД (28 стандартів) входять такі класифікаційні групи:

0 – Загальні положення.

1 – Основні стандарти.

2 – Правила виконання документації розробки.

3 – Правила оформлення документації виготовлення.

4 – Правила виконання документації супроводження.

5 – Правила оформлення експлуатаційної документації.

6 – Правила обігу програмної документації.

7, 8 – резервні групи.

9 – інші стандарти.

4.14. Економічна ефективність стандартизації

Економічна ефективність стандартизації виявляється при різних формах власності та в усіх сферах – у наукових дослідженнях та дослідно-конструкторських роботах, при проектуванні виробів, підготовці їх виробництва, у процесі виробництва, обігу (реалізації), експлуатації та утилізації продукції.

Ефективність стандартизації може бути економічною, технічною, інформаційною та соціальною.

Економічний ефект можна отримати у результаті зменшення витрат при проектуванні, підготовці виробництва, у процесі виробництва, обігу, застосування (експлуатації) та утилізації, якщо здійснити впровадження конкретного стандарту (групи стандартів).

Основним джерелом економічного ефекту від застосування стандартизації виступають такі аспекти: економія, отримана від підвищення якості продукції та послуг; економія від підвищення масовості та серійності продукції, концентрації виробництва та зниження експлуатаційних витрат у результаті зменшення надлишкового різноманіття однорідної продукції.

Економія ресурсів при проектуванні (у тому числі при проведенні дослідно-конструкторських робіт) та підготовці виробництва обумовлюється: широким використанням у нових конструкціях стандартних, уніфікованих та купованих виробів; зменшенням об'єму робіт з проектування та підготовки основних об'єктів виробництва, спеціального обладнання, інструменту та технологічного оснащення; зменшенням об'єму робіт з розробки і розмноження робочих креслень та іншої технічної документації; скороченням терміну на узгодження та затвердження нової технічної документації.

У процесі виробництва собівартість продукції знижується за рахунок зменшення витрат на матеріали, меншої вартості купованих виробів у порівнянні з вартістю таких самих виробів власного виробництва, а також накладних витрат.

Економія при експлуатації обладнання обумовлюється підвищенням якості виробів та зниженням витрат на ремонт.

Технічна ефективність стандартизації може подаватися у відносних показниках технічних ефектів, що отримуємо у результаті застосування стандарту, наприклад, при зростанні рівня безпеки, зменшенні шкідливих впливів та викидів (стоків), зниженні матеріало- або енергоємності виробництва (експлуатації), підвищенні ресурсу, надійності та ін.

Інформаційна ефективність робіт може виявляється у досягненні необхідного для суспільства взаєморозуміння, єдності подання та сприйняття інформації (стандарти на терміни, визначення та ін.), у тому числі у договірно-правових відносинах суб'єктів господарської діяльності один з одним та органів державного управління, у міжнародних науково-технічних та торгівельно-економічних відносинах.

Соціальна ефективність полягає у тому, що обов'язкові вимоги до продукції (процесів та послуг) позитивно впливають на стан та рівень життя населення, а також на інші соціально значущі аспекти.

4.15. Міжнародна система стандартизації

На сьогодні найбільшим міжнародним об'єднанням у галузі стандартизації є **ISO, International Organisation for Standardization** (Міжнародна організація зі стандартизації).

Виникнення аббревіатури **ISO** обумовлено не назвою організації, а словом грецької мови “isos” (рівний), сенс якого тлумачиться як “рівний стандарту”.

Організаційно структура ISO складається з поєднання установ зі стандартизації (національних інститутів стандартизації) багатьох країн світу (більш ніж 140). Заснована у 1947 році як дочірня структура ООН зі штаб-квартирою у Швейцарії.

ISO – добровільна, некомерційна, недержавна організація, що уповноважена вирішувати питання координації різноманітних стандартів на міжнародному рівні та приймати рішення для використання їх як міждержавні для спрощення міжнародного співробітництва у науковій, технічній, інтелектуальній та економічній галузях.

Структура ISO. Координує діяльність ISO центральний секретаріат (CS). Відповідальність за роботу організації у певних сферах несуть технічні комітети, у складі яких функціонально розрізняють субкомітети (SC), які поділяють на робочі групи (WG).

Стандарти серії ISO. На сьогодні фундаментальною розробкою Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) є системи стандартів серії ISO 9000 та ISO 14000. Стандарт серії ISO 9000 являє собою пакет документів із забезпечення якості продукції, товарів або послуг. Стандарти серії ISO 14000 спрямовані на вирішення завдань з охорони навколишнього середовища та на урахування соціально-економічних аспектів підприємства.

Пакет документів серії ISO 9000 включає до свого складу стандарти, що наведені на рис. 4.3.

Стандарти ISO 9000 та ISO 9004 являють собою довідники, що містять інформацію із загальних питань керівництва якістю. Стандарти ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 описують моделі забезпечення якості та є основою міжнародної *Системи якості*, розробленої у рамках серії ISO 9000. Документи зі стандартизації, що містяться у пакетах ISO 9001, ISO 9002 та ISO 9003, являють собою три різновиди функціональних та організаційних відносин між суб'єктами стандартизації, тобто між виробником та споживачем (замовником).

Далі розглянемо сфери застосування стандартів Системи якості.

ISO 9001 – модель забезпечення якості на стадіях проектування, розробки, монтажу та обслуговування. ISO 9001 є найбільшим документом зі стандартизації за обсягом та універсальнішим за змістом, оскільки передбачає контроль якості продукції (товарів) протягом усього їх “життєвого циклу”,

починаючи з виконання проектних робіт та закінчуючи гарантійним і післягарантійним супроводженням.

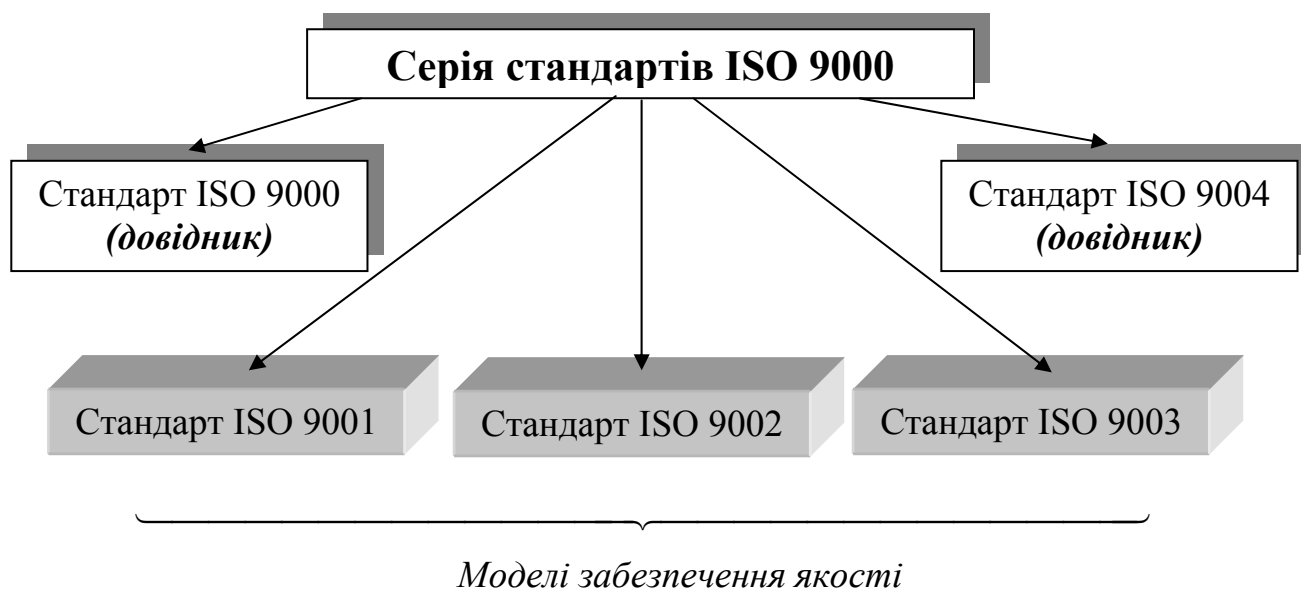


Рис. 4.3. Склад серії стандартів ISO 9000

Аспекти використання стандарту визначаються особливостями договору між виробником (постачальником) продукції та споживачем (замовником). ISO 9001 застосовується при договірній ситуації, коли відповідність специфічним вимогам повинна забезпечуватися на всіх (або вибірково – за побажанням замовника) стадіях життєвого циклу продукції: розробка; виробництво; монтаж; обслуговування. Таким чином, стандарт ISO 9001 можливо використовувати тоді, коли необхідно спроектувати виріб, а вимоги до нього існують у вигляді експлуатаційних характеристик (технічного завдання). Контроль якості відбувається на стадіях проектування, виробництва, монтажу та обслуговування.

ISO 9002 – модель забезпечення якості на стадіях виробництва, монтажу та обслуговування, тобто, на відміну від ISO 9001, цей стандарт не передбачає контролю якості на стадії проектування виробу. У цьому випадку специфічні вимоги до продукції встановлено у розробленому заздалегідь проекті або технічних умовах. Контроль якості відбувається на стадіях виробництва, монтажу та обслуговування.

ISO 9003 – модель забезпечення якості на стадії прикінцевого контролю та випробувань. Використовується у договірній ситуації між виробником та споживачем, коли замовнику достатньо проконтролювати якість кінцевого продукту незалежно від інформації про стадії проектування, розробки та виробництва. Є найменшим за обсягом стандартом серії ISO 9000.

Треба зазначити, що на сьогодні існує багато міжнародних організацій, які займаються питаннями стандартизації та сертифікації продуктів, товарів та послуг на міждержавному рівні. Однак характерною ознакою цих установ є те,

що у більшості випадків їх діяльність не поширюється на товари та послуги взагалі (як це має місце у Системі якості ISO), а спрямована на певні галузі виробництва. Тому далі розглянемо саме ті організації, що займаються розробкою міжнародних стандартів у галузі телекомунікацій та зв'язку.

4.16. Стандартизація у галузі інформаційних технологій та телекомунікацій

Насамперед, слід зазначити, що міжнародні стандарти серій ISO є універсальними, тобто галузь їх використання безумовно поширюється і на галузь інформаційних технологій та телекомунікацій.

Паралельно з Міжнародною організацією зі стандартизації ISO, існує декілька міжнародних комітетів, комісій та установ, діяльність яких спрямована на розробку документів зі стандартизації та сертифікації у певних галузях.

ITU, International Telecommunication Union – МСЕ, Міжнародне об'єднання електрозв'язку (телекомунікацій). Основною метою ITU є координація міжнародної діяльності у галузі побудови, використання та стандартизації глобальних телемереж та забезпечення телекомунікаційного сервісу.

Членами ITU виступають організації, які за статутом членства поділяються на такі класи:

- А. Національні міністерства та відомства зв'язку;
- В. Великі приватні корпорації у сфері електрозв'язку;
- С. Наукові установи та підприємства, що виконують роботи у галузі розробки та виготовлення обладнання зв'язку;
- Д. Міжнародні організації, у тому числі ISO;
- Е. Організації інших сфер діяльності, що мають певні інтереси до роботи даного напрямку стандартизації.

Структурно ITU поділяється на три секції (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Організаційна структура міжнародного об'єднання електрозв'язку

Призначення секцій розглянемо нижче.

1. Секція “радіокомунікація” (Radiocommunication Sector) виконує функції координації робіт у галузі радіозв’язку та займається реєстрацією частот.

2. Секція “стандартизація телекомунікацій” (Telecommunication Standardization Sector) займається роботами зі стандартизації у галузях телеграфії, телефонії, комп’ютерних мереж та інших засобів телекомунікацій.

3. Секція “розвиток телекомунікацій” (Telecommunication Development) визначає стратегії розвитку систем електрозв’язку.

Органом управління ІТУ є Загальна конференція (Plenipotentiary Conference); виконавчою структурою – Рада (Council); для кожної розглянутої вище секції також існує Загальна тематична. У рамках діяльності секції “стандартизація телекомунікацій” проводяться Всесвітні конференції зі стандартизації телекомунікацій (World Telecommunication Standardization Conferences).

Безпосередньо розробкою документів зі стандартизації займаються дослідні групи (Study Groups - SGs), що мають певні напрями діяльності.

Документи, що є результатом роботи секції “стандартизація телекомунікацій”, для зручності використання класифікуються за такими серіями:

A. Organization of the work of the ITU-T (Організація роботи ІТУ-Т).

B. Means of expression: definitions, symbols, classification (Засоби представлення: символи, класифікації).

C. General telecommunication statistics (Загальні статистичні дані у галузі телекомунікацій).

D. General tariff principles (Загальні принципи тарифікації).

E. Overall network operation, telephone service and human factors (Загальна робота мереж, послуги телефонії та людські фактори).

F. Non-telephone telecommunication services (Нетелефонні служби електрозв’язку).

G. Transmission systems and media, digital systems and networks (Системи передачі та середовища, цифрові системи та мережі).

H. Audiovisual and multimedia systems (Аудіовізуальні та мультимедійні системи).

I. Integrated services digital network - ISDN (Цифрова мережа з інтеграцією служб).

J. Transmission of television, sound programme and other multimedia signals (Передача звукового віщання, телевізійних та мультимедійних сигналів).

K. Protection against interference (Захист від перешкод).

L. Construction, installation and other elements of outside plant (Конструкція, прокладка, захист кабелів та елементів лінійних споруд).

M. TMN and network maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits (Технічна експлуатація: міжнародні системи передачі, телефонні канали, телеграфні, факсимільні та канали, що арендуються).

N. Maintenance: international sound programme and television transmission circuits (Технічна експлуатація: міжнародні канали мовного та телевізійного віщання).

O. Specifications of measuring equipment (Вимоги до вимірювальної апаратури).

P. Telephone transmission quality, telephone installations, local line networks (Якість телефонної передачі, прокладання ліній, мереж локальних ліній).

Q. Switching and signalling (Комутація та сигналізація).

R. Telegraph transmission (Телеграфна передача).

S. Telegraph services terminal equipment (Прикінцеве обладнання телеграфних служб).

T. Terminals for telematic services (Прикінцеве обладнання та телематичні служби).

U. Telegraph Switching (Телеграфна комутація).

V. Data communication over the telephone network (Передача даних по телефонній мережі).

X. Data networks and open system communications (Мережі передачі даних та зв'язок відкритих систем).

Y. Global information infrastructure (Глобальна інформаційна інфраструктура).

Z. Programming languages (Мови програмування).

Стандартизацією у галузі електротехнічних, електронних та телекомунікаційних засобів, обладнання та послуг займається Міжнародна електротехнічна комісія (International Electrotechnical Commission – IEC). Добровільна неурядова організація ІЕС концентрує увагу на розробці стандартів у галузі електротехнічного та електронного обладнання, у тому числі і пристроїв, які використовуються для обробки та передачі інформації у телекомунікаційних мережах. Зокрема, можна виділити такі напрями діяльності ІЕС: аспекти розробки, тестування, утилізації, безпеки електротехнічного та електронного обладнання, а також метрологічне забезпечення його виробництва, електровимірювання. Безпосередньо розробкою стандартів займаються технічні комітети.

Структурно до складу ІЕС входять: національні організації стандартизації та сертифікації електротехнічних та електронних технологій, що висвітлюють інтереси відповідних країн на міжнародному рівні.

Для координації роботи міжнародних організацій у галузі інформаційних технологій створений Об'єднаний технічний комітет 1 ЖТС1 (Joint Technical Committee 1). ЖТС1 поєднує інтереси організації ІСО та ІЕС, забезпечує постійне співробітництво також із Міжнародною спілкою електрозв'язку (ІТУ). Для розробки конкретних документів зі стандартизації до складу ЖТС1 входять такі підкомітети:

- SC1 Vocabulary (Словник понять).

- SC2 Corded character sets (Символьні набори та кодування інформації).

- SC6 Telecommunication and information exchange between systems (Телекомунікація та інформаційний обмін між системами).

- SC7 Software engineering (Програмна інженерія).
 - SC25 Interconnection of information technology equipment (Взаємозв'язок обладнання інформаційних технологій).
 - SC27 IT Securities techniques (Методи безпеки інформаційних технологій).
 - SC29 Coding of audio, picture, multimedia and hypermedia information (Кодування аудіо, графічної, мультимедіа та гіпермедіа інформації).
 - SC31 Automatic identification and data capture techniques (Автоматична ідентифікація та методи зчитування даних).
 - SC32 Data management and interchange (Обмін та керування даними).
 - SC35 Use interfaces (Інтерфейси користувача)
- та ін.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

4.1. Як контролюється в Україні галузь стандартизації?

Відповідь: на законодавчому рівні Законом України «Про стандартизацію».

4.2. Які існують види стандартизації за сферою розповсюдження?

Відповідь: міжнародна, регіональна, національна, галузева.

4.3. Які існують види нормативних документів зі стандартизації?

Відповідь: Державні стандарти України (ДСТУ), галузеві стандарти України, стандарти науково-технічних та інженерних об'єднань, технічні умови України, стандарти підприємств, технічні регламенти, зводи правил.

4.4. Поясніть, з якою метою здійснюється контроль та нагляд за дотриманням вимог державних стандартів.

Відповідь: контроль та нагляд здійснюється з метою попередження, виявлення та припинення порушень обов'язкових вимог у галузі стандартизації, підтвердження відповідності (сертифікації) якості та безпеки продукції, робіт та послуг.

4.5. Поясніть принципову різницю між контролем та наглядом у галузі стандартизації.

Відповідь: за змістом вони ідентичні, різниця полягає у повноваженнях суб'єктів, які їх здійснюють. Нагляд реалізується відносно об'єктів, які не знаходяться у відомчому підпорядкуванні органам, які його здійснюють.

4.6. Як здійснюється відбір зразків (проб) для контролю та нагляду за якістю продукції?

Відповідь: відбір здійснює державний інспектор у присутності представників юридичної особи або індивідуального підприємця та учасників перевірки і оформлює акт відбору зразків.

4.7. Як здійснюється технічний огляд продукції та оформлюються його результати?

Відповідь: технічний огляд продукції, робіт та послуг проводиться безпосередньо державним інспектором із залученням спеціалістів юридичної особи або індивідуального підприємця. Результати технічного огляду оформлюються протоколом встановленої форми.

4.8. Поясніть мету проведення нормалізаційного контролю технічної документації.

Відповідь: основною метою нормалізаційного контролю є підвищення якості нормативно-технічної документації та впровадження вимог стандартів на підприємстві.

4.9. Що виступає як об'єкт нормалізаційного контролю?

Відповідь: комплексна нормативно-технічна документація на вироби основного та допоміжного виробництв, що розробляється самим підприємством та отримана зі сторони.

4.10. Назвіть основні принципи стандартизації.

Відповідь: збалансованість інтересів сторін; принцип системності; перспективність робіт; динамічність стандартизації; оптимізація при стандартизації, пріоритетність розробки стандартів відносно безпеки, сумісності та взаємозамінності продукції, процесів та послуг; принцип гармонізації; чіткість формулювань положень стандарту; ефективність стандартизації.

4.11. Назвіть відомі методи стандартизації.

Відповідь: симпліфікація, упорядкування, систематизація, класифікація, уніфікація, типізація.

4.12. Поясніть поняття випереджаючої стандартизації.

Відповідь: випереджаюча стандартизація встановлює підвищені відносно до досягнутого на практиці рівня норм, вимог стосовно об'єктів стандартизації, які згідно з прогнозами будуть оптимальними у наступний час.

4.13. Охарактеризуйте статут та структуру Міжнародної організації зі стандартизації ISO.

Відповідь: ISO – добровільна, некомерційна, недержавна організація, яка уповноважена вирішувати питання координації різноманітних стандартів на міжнародному рівні та приймати рішення щодо використання їх як міждержавні для спрощення міжнародного співробітництва у науковій, технічній, інтелектуальній та економічній галузях. Структура ISO: координує діяльність ISO центральний секретаріат; відповідальність за роботу організації у певних сферах несуть технічні комітети, у складі яких функціонально розрізняють субкомітети, які поділяють на робочі групи.

4.14. Статут та напрями діяльності Міжнародної електротехнічної комісії.

Відповідь: добровільна неурядова організація, основними напрямками діяльності якої є розробка стандартів у галузі електротехнічного та електронного обладнання, у тому числі і пристроїв, які використовуються для обробки та передачі інформації у телекомунікаційних мережах.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте поняття «якість».
2. Дайте визначення поняттю «стандартизація».
3. Надайте стисло характеристику Закону України «Про стандартизацію».

4. Перелічіть основні напрями стандартизації.
5. Поясніть повноваження окремих організацій у складі національної системи стандартизації в Україні.
6. Поясніть принципову різницю між стандартом та технічними умовами.
7. Перелічіть відомі Вам види стандартів за змістом.
8. Які аспекти практичної діяльності містить державний контроль та нагляд?
9. Наведіть посади осіб, які мають право на здійснення технічного огляду продукції.
10. Як на практиці забезпечується перспективність робіт зі стандартизації?
11. У чому полягає оптимізація при виконанні завдань зі стандартизації?
12. Як забезпечується динамічність стандартизації?
13. Поясніть призначення системи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації.
14. Поясніть поняття «модель забезпечення якості».
15. Наведіть склад серії стандартів ISO 9000.
16. Які етапи життєвого циклу продукції, виробу Вам відомі?
17. Як вибирається модель забезпечення якості?
18. Перелічіть організації, які за статутом можуть увійти до складу Міжнародної спілки телекомунікацій ІТУ.
19. Які напрями діяльності відповідають структурній диференціації ІТУ на три секції?
20. Наведіть аспекти діяльності Міжнародної електротехнічної комісії.

Дає можливість студенту орієнтуватися у видах, методах, формах стандартизації; пізнати основні напрями та мету державних та міжнародних організацій та комітетів зі стандартизації.

РОЗДІЛ 5. СЕРТИФІКАЦІЯ ТА АКРЕДИТАЦІЯ

Розглядаються питання діяльності у галузях сертифікації та акредитації, які забезпечують якість продукції, процесів та надання послуг.

5.1. Основні поняття, мета та об'єкти сертифікації

Сертифікація – форма підтвердження відповідності об'єктів вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів, що здійснюється вповноваженим органом зі сертифікації.

Сертифікація продукції – один із шляхів забезпечення високого рівня якості продукції, підвищення наукового та торгівельно-економічного співробітництва між державами, зміцнення довіри між ними.

У сертифікації продукції, послуг та інших об'єктів беруть участь перша (виробник або продавець), друга (споживач або покупець) та третя сторони.

Третя сторона – особа (орган), яка є незалежною від сторін-учасників у рамках питання, що розглядається.

Система сертифікації – сукупність правил для виконання робіт зі сертифікації, її учасників та правил для функціонування системи сертифікації у цілому.

Оцінка відповідності – пряме або опосередковане визначення дотримання вимог до об'єкта.

Підтвердження відповідності – документальне встановлення відповідності продукції або інших об'єктів, процесів виробництва, експлуатації, збереження, перевезення, реалізації або утилізації, виконання робіт або забезпечення послуг вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів.

Форма підтвердження відповідності – певний порядок документального підтвердження відповідності продукції або інших об'єктів, процесів виробництва, експлуатації, збереження, перевезення, реалізації та утилізації, виконання робіт або забезпечення послуг вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів.

Сертифікат відповідності – документ, який встановлює відповідність об'єкта вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів.

Знак обігу на ринку – позначення, яке служить для інформування споживачів про відповідність продукції, що випущено у обіг, вимогам технічних регламентів.

Знак відповідності – позначення, що служить для інформування споживачів про відповідність об'єкта сертифікації вимогам системи добровільної сертифікації або національному стандарту.

Декларування відповідності – форма підтвердження відповідності продукції вимогам технічних регламентів.

Декларація про відповідність – документ, який встановлює відповідність продукції, що випущена в обіг, вимогам технічних регламентів.

Заявник – фізична або юридична особа, яка обов'язково підтверджує відповідність.

Орган зі сертифікації – юридична особа або індивідуальний підприємець, який акредитований для виконання робіт зі сертифікації.

Ідентифікація продукції – встановлення тотожності характеристик продукції її суттєвим ознакам.

До *об'єктів сертифікації* відносяться продукція, послуги, роботи, системи якості, персонал, робочі місця та ін.

Сертифікація здійснюється з метою:

- підтвердження відповідності продукції, процесів виробництва, експлуатації, збереження, перевезення, реалізації та утилізації, робіт, послуг або інших об'єктів технічним регламентам, стандартам, умовам договорів;

- сприяння споживачам у компетентному виборі продукції, робіт, послуг на ринку;

- створення умов для вільного переміщення товарів, а також економічного, науково-технічного співробітництва та міжнародної торгівлі.

Сертифікація має ряд переваг, особливо у міжнародних торговельно-економічних відносинах. Вона сприяє: досягненню довіри до якості виробів; запобіганню імпорту в країну виробів, що не відповідають вимогам рівня якості продукції; запобіганню експорту аналогічної продукції; спрощенню вибору продукції споживачем; захисту виробника від конкуренції з постачальниками несертифікованої продукції та забезпеченню йому реклами і ринків збуту; підвищенню «якості» стандартів шляхом виявлення у них застарілих положень та стимулюванню переробки цих стандартів.

Нормативно-методична база сертифікації містить:

- сукупність нормативних документів, відповідно до яких проводиться сертифікація продукції та послуг, а також документів, що встановлюють методи перевірки дотримання цих вимог (приблизно 12 тисяч найменувань);

- комплекс організаційно-методичних документів, що визначають правила та послідовність проведення робіт зі сертифікації (серія правил зі сертифікації та коментарів до них).

5.2. Роль сертифікації у підвищенні якості продукції

Докорінне підвищення якості продукції у сучасних умовах – одне із завдань ключового економічного та політичного напрямів. Саме на його вирішення спрямована сукупність таких мір, як стандартизація, державний нагляд за її якістю, удосконалення системи розробки та поставки продукції на виробництво; організація усебічних випробувань продукції та, наприкінці, її сертифікація.

Сертифікація продукції є важливим засобом забезпечення торгових позицій у конкурентній боротьбі між окремими товаровиробниками.

У сертифікації зацікавлені не тільки виробники (з метою підвищення конкурентоспроможності своїх товарів) та споживачі (з метою отримання гарантій відповідності певних характеристик виробів заявам виробника), але і суспільні та приватні виробничі науково-технічні організації, уряди більшості країн та навіть міжурядові організації.

5.3. Якість та конкурентоспроможність продукції

Конкурентоспроможність товару – це можливість його успішного продажу на даному ринку у певний момент часу. На сучасному ринку тільки той товар буде конкурентоспроможним, який розраховується на певного покупця. Непроданий товар не може вважатися якісним, навіть, якщо він відповідає стандарту, коли технологія його виробництва відроблена, а виробник його високо оцінив.

Працювати на споживача, добиватися такої якості, яка йому необхідна, тобто керувати якістю, як виявила практика успішних фірм, можна тоді, коли система якості створюється на базі дослідження ринку.

Конкурентоспроможність залежить від низки факторів: якості товару та його новизни; ціни товару; умов платежів; термінів поставки товарів; організації реклами та витрат на неї; розміру податків та митних зборів; насиченості ринку аналогічними товарами; платежеспроможності населення; рівня технічного обслуговування; наявності на ринку запасних частин та ін..

Часто конкурентоспроможність товару визначається ще й такими факторами, як витрати споживачів на експлуатацію виробів; їх звички; мода («імідж»), протекціонізм, політична обстановка (для товарів на експорт).

Однак основними показниками конкурентоспроможності стали якість товару та його новизна. Зараз обов'язковою умовою для виживання фірми або навіть у цілому галузі промисловості вважається «конкурентоспроможність – якість – ключ до комерційного успіху». Так, при дослідженні 200 великих фірм США 80% опитуваних відповіли, що якість виробів є основним фактором для реалізації товару за вигідною ціною. Ні одна з фірм не поставила ціну товару на перше місце.

Для дослідження ринку та аналізу діяльності фірми необхідно мати критерії оцінки рівня конкурентоспроможності товару. Однак різноманіття факторів, що впливають на конкурентоспроможність продукції, ускладнює визначення його кількісного значення за усіма показниками одночасно. Тому найчастіше для цього використовують економічні показники.

Оцінка конкурентоспроможності товару потребує вивчення та аналізу ряду факторів:

- вимог зовнішнього та внутрішнього ринків, насамперед, до якості реалізованих на них виробів;
- основних напрямів створення та виготовлення продукції, що користується попитом на зовнішньому та внутрішньому ринках;
- перспектив продажу конкретних виробів;

- цін на продукцію, призначену для продажу;
- можливості атестації та сертифікації продукції;
- рівня та якості реклами товару, що пропонується споживачеві (у тому числі і закордонному).

В основі розрахунку економічних показників конкурентоспроможності товару лежить співставлення повних витрат споживача, які складаються з одночасних та експлуатаційних (поточних).

Одночасні – містять витрати на закупівлю продукції (контрактна ціна), митні та інші збори, витрати на транспортування, монтаж та наладку.

Експлуатаційні (поточні) – це витрати на оплату праці персоналу, що обслуговує обладнання, витрати на паливо та енергію, витрати на ремонт та ін.

Один із методів комплексної оцінки рівня конкурентоспроможності оснований на співставленні інтегральних показників якості продукції, що оцінюється, та базової продукції:

$$K_{(t)} = \frac{I}{I_{\sigma}} = \frac{P_c}{P_{c\sigma}} \frac{B_{\sigma}}{B}, \quad (5.1)$$

де I, I_{σ} – інтегральний показник якості відповідно зразка, що оцінюється, та базового; $P_c, P_{c\sigma}$ – сумарний корисний ефект від експлуатації за термін служби відповідно зразків, що оцінюється, та базового; B, B_{σ} – повні витрати на закупівлю та експлуатацію відповідно зразків, що оцінюється, та базового.

Повні витрати на закупівлю та експлуатацію оцінюваного і базового зразків, визначаються за формулами: $B = B_{\Pi} + \sum_{i=1}^T B_i$ та $B_{\sigma} = B_{\Pi\sigma} + \sum_{i=1}^T B_{\sigma i}$, де $B_{\Pi}, B_{\sigma}, B_{\Pi\sigma}$ – одночасні витрати на закупівлю зразків, оцінюваного та базового; $B_i, B_{\sigma i}$ – сумарні експлуатаційні витрати на зразки оцінюваний та базовий, віднесені до i -го року; T – термін служби у роках.

При неповній інформації про експлуатаційні витрати слід застосовувати відносний інтегральний показник:

$$K_{(t)} = \frac{P_{c'}}{q_B m_{B\sigma} + T' \sum_{i=1}^n P_i m_{i\sigma}}, \quad (5.2)$$

де $P_{c'} = P_c / P_{c\sigma}$ – відношення корисних ефектів, що отримані від експлуатації оцінюваного варіанта та базового; $q_B = B / B_{\sigma}$ – відношення одночасних витрат споживача на закупівлю зразків оцінюваного та базового; $m_{B\sigma}$ – коефіцієнт часткової участі витрат виробника на закупівлю базового зразка у повних витратах; T' – відношення оптимальних термінів служби зразків оцінюваного та базового; $p = P_j / P_{j\sigma}$ – відносне значення j -го показника якості продукції; $P_j, P_{j\sigma}$ – значення j -го показника якості зразків оцінюваного та базового, виражене у натуральних одиницях; $m_{i\sigma}$ – коефіцієнт часткової участі i -го показника якості базового зразка, що виражений в одиницях вартості, у повних затратах:

$$m_{i\bar{o}} + \dots + m_{n\bar{o}} = 1. \quad (5.3)$$

При $K_{(i)} \geq 1$ продукція є конкурентоспроможною, при $K_{(i)} < 1$ продукція буде неконкурентоспроможною на конкретному ринку.

Існує ряд інших методів оцінки конкурентоспроможності продукції, наприклад, ціновий, за порівняльною вартістю, за порівняльною прибутковістю.

При ціновому методі товар буде конкурентоспроможним, якщо його ціна продажу, дизайн та якість не поступаються таким самим характеристикам товарів-аналогів, що існують на ринку.

Конкурентоспроможність за порівняльною вартістю розуміється як порівняна вартість одиниці праці в обробній промисловості фірм в одній валюті.

Мірою конкурентоспроможності за порівняльною прибутковістю є норма прибутковості компанії.

У зв'язку із загостренням конкуренції на світовому ринку поняття «конкурентоспроможність» часто розповсюджується не тільки на товар, але і на підприємство, компанію або навіть на країну.

Найчастіше необхідність в оцінці конкурентоспроможності виникає ще до появи нової продукції, тобто на етапі її проектування та розробки. Саме на цьому етапі зіставляється до 80% майбутніх експлуатаційних витрат споживачів.

Важливим аспектом конкурентоспроможності виробу є ступінь його новизни та відповідність вимогам споживача. Даний показник визначається інтенсивністю науково-дослідних робіт і, насамперед, у галузі машинобудування.

Однією з тенденцій, що виникли в останній час при визначенні конкурентоспроможності товарів та відповідно їх виробників, є оцінка на основі патентної інформації. 80% інформації, що міститься в патентах на винаходи, неможливо знайти ні в яких інших джерелах. Інформація про патентування винаходів конкуруючою компанією є дуже важливою для підприємства в його конкурентній боротьбі.

Шляхи досягнення конкурентоспроможності продукції. Випуск новітніх технічно складних машин та обладнання, інших конкурентоспроможних товарів призводить до подальшого загострення конкурентної боротьби і відповідно до виготовлення все більш удосконаленої продукції.

На сьогодні жодна країна не в змозі за всіма видами промислового обладнання відповідати сучасним вимогам. Тому прагнуть до зосередження зусиль на створенні обмеженої номенклатури продукції, яка може знайти попит, реалізація її дозволить отримати максимум прибутку.

Відсіля високий ступінь концентрації та спеціалізації науково-технічних робіт та досліджень, поєднання капіталів, розширення міжнародного науково-виробничого кооперування окремих фірм або навіть країн.

У 1981 році на XXV конференції Європейської організації з контролю якості у Парижі була обґрунтована необхідність здійснення стратегії якості як на рівні фірм, так і в масштабах держав.

Для втілення у життя ефективної стратегії якості фірма повинна застосовувати конкретні міри у трьох напрямках, кожне з яких веде до фундаментального закріплення економічного положення фірми, а всі разом надають вирішальні переваги у конкурентній боротьбі на ринку:

- створення сучасної програми покращення якості. Мета – досягнення першості у рівні якості продукції серед конкурентів на ринку;

- здійснення цієї програми (міри з покращення якості повинні провадитися систематично у напрямках маркетингу, виробництва та подальшого обслуговування);

- постійна оцінка досягнутих результатів.

Промисловець-виробник повинен випереджати запит покупця відносно якості виробів та пропонувати йому товари з абсолютно новими властивостями, які споживач не завжди може собі уявити.

5.4. Основні поняття та визначення у галузі якості продукції

Якість є найбільш узагальненою і одночасно єдиною характеристикою предмета, що віддзеркалює сукупність нескінченної множини всіх його властивостей. Однак нас цікавлять не всі властивості предмета, а тільки ті, що дозволяють використовувати предмет для задовільнення тієї або іншої потреби. Насамперед, товар повинен володіти такою сукупністю фізико-механічних, хімічних, електричних та інших властивостей, яка являє собою його вартість з погляду споживача та відповідає вимогам покупця товару.

Згідно з ГОСТ 15467-79 (СТ СЕВ 3519-81) «якість продукції – це сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення».

Підвищення якості продукції дає позитивний ефект як для виробника, так і для її споживача та господарства країни у цілому (рис. 5.1).

Висока якість продукції – це фактор інтенсивного зростання національного багатства. *Чим вище якість продукції, тим багатше країна.*

Відмінною особливістю проблеми якості продукції є те, що вона зі зростанням науково-технічного прогресу, культурного та освітнього рівня населення, покращенням матеріальних та соціальних умов життя, зростанням не спрощується, а становиться більш складною та гострою.



Рис. 5.1. Показники ефективності від підвищення якості продукції

5.5. Взаємозв'язок кількості та якості продукції

Забезпечення потреб населення та ефективність виробництва визначаються тільки сукупністю обсягів та якості продукції. При фіксованому обсязі потреб, чим вище рівень якості, тим, як правило, менше виробів необхідно для забезпечення потреб. Та навпаки, чим нижче якість, наприклад, надійність (довговічність), тим більше виробів необхідно для забезпечення фіксованого обсягу потреб. Такий вид залежності характерний в основному для товарів, коли головними властивостями є продуктивність, вміст корисної речовини, надійність (довговічність).

У більшості випадків продукт високої якості створюється не тільки для забезпечення високих потреб, але і змінює характер уже існуючих потреб або породжує нові та дає імпульси для розвитку суспільного виробництва та підвищення рівня життя населення.

При низькій якості продукції праця, матеріали, енергія, що витрачаються на її виробництво, «омертвляються», тому в багатьох випадках виникає затоварювання, а потреби залишаються незадовільненими. І, навпаки, висока якість зберігає працю, сировину, матеріали та створює умови для успішного розвитку суспільства.

5.6. Контроль та оцінка якості продукції

Необхідність контролю якості продукції з метою отримання даних про об'єкт керування відображена у ГОСТ 15467-79. Контроль якості продукції складається з двох етапів: отримання інформації про фактичний стан продукції (її кількісні та якісні ознаки); співставлення отриманої інформації із заздалегідь встановленими технічними вимогами, тобто отримання вторинної інформації. У разі невідповідності фактичних даних технічним вимогам здійснюють додатковий вплив на об'єкт контролю з метою усунення виявленого відхилення від технічних вимог. Складність проблеми якості потребує комплексного підходу з організації служби якості підприємства, в яку доцільно включити не тільки підрозділи, що здійснюють контроль якості, але і підрозділи з організації всієї роботи у галузі забезпечення та аналізу якості, а також стимулювання якості.

У систему контролю якості на великих фірмах входять підрозділи випробувань на надійність, контролю матеріалів, стандової обробки та перевірки макетів, експериментальних зразків продукції. Невід'ємною частиною роботи з контролю якості – це контроль купованих виробів, вхідний контроль на усіх ділянках та технологічних лініях у виробництві, оперативний та прикінцевий (фінішний) контроль продукції.

Науковою основою сучасного технологічного контролю є математико-статистичні методи.

Будь-яка оцінка якості продукції передбачає вибір номенклатури показників якості, за якими вона буде здійснюватися, встановлення їх значень та співставлення з аналогічними показниками, які прийнято за базові.

Оцінка рівня якості продукції може здійснюватися при таких обставинах:

- розробці нових виробів та створення їх виробництва;
- атестації та сертифікації продукції;
- аналізі динаміки рівня якості продукції, що виготовляється;
- виборі найкращого варіанта виробу для експорту з числа продукції, що випускається, та з її видів, що намічається до випуску;
- розрахунках фактичної економічної ефективності випуску даної продукції;
- стимулюванні покращення якості продукції та ін.

Показники якості продукції прийнято поділяти на три групи згідно з основними складовими рівня якості.

Перша група, що характеризує *технічний рівень*, включає такі показники, які відображаються у нормативно-технічних документах:

1. Показники, що характеризують основне призначення продукції, яка оцінюється. До них відносяться: технічні, наприклад класифікаційні (потужність електродвигуна, місткість ковша екскаватора і т.п.); функціональні (продуктивність машин, міцність тканини, калорійність харчових продуктів та ін.); конструктивні (габаритні розміри, коефіцієнт збірності, взаємозамінності

та ін.); показники складу та структури (відсотковий склад речовини у рудах, концентрація домішок у кислотах і т.п.).

2. Надійність за ГОСТ 27.002.89 – це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Надійність є комплексною властивістю, в яку залежно від призначення об'єкта та умов його застосування можна включити безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збереженість або певні поєднання цих властивостей. Безвідмовність – властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу та наробки. Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до досягнення граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту. Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає у пристосованості до підтримки та відновленні працездатного стану шляхом технічного обслуговування та ремонту.

3. Збереженість – властивість об'єкта зберігати у певних межах значення параметрів, які дозволяють йому виконувати потрібні функції протягом та після збереження і (або) транспортування.

4. Ергономічні показники. Ці показники враховують гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні властивості людини.

5. Естетичні показники. Вони основані на естетичному сприйнятті об'єкта, у тому числі дизайну.

6. Показники технологічності. Характеризують трудомісткість, матеріалоемність та собівартість виробу.

7. Показники стандартизації та уніфікації. Вони характеризують насиченість продукції стандартними, уніфікованими та оригінальними деталями, складальними одиницями, комплектами та комплексами.

8. Показники безпеки. Ними забезпечуються вимоги щодо захисту людини в умовах аварійної ситуації, яка викликана випадковими порушеннями правил, зміненням умов та режимів експлуатації.

9. Екологічні показники. Характеризують виконання вимог захисту навколишнього середовища.

10. Показники транспортабельності. Включають питання пакування, герметизації, кріплення, навантаження, розвантаження, розпакування, а також матеріальних та трудових витрат на виконання цих операцій.

11. Патентно-правові показники, які мають важливе значення при визначенні конкурентоспроможності продукції.

До другої групи відносяться показники, що характеризують якість виготовлення товарів. Ці показники можуть бути оцінені за допомогою коефіцієнта дефектності або індексу дефектності, які будуть розглянуті нижче.

Економічними показниками даної групи є: витрати промисловості на усунення та переробку браку; на задовільнення претензій споживачів у зв'язку з виявленням дефектів у процесі експлуатації або споживання товарів.

Третя група показників характеризує досягнутий рівень якості продукції при експлуатації або споживанні. До них відносяться фактичні значення основних властивостей виробів, що закладені в процесі їх розробки та виробництва.

Будь-яка оцінка якості продукції передбачає співставлення характеристик предмета, що оцінюється, з аналогічними властивостями інших виробів. За еталон для оцінки якості виробу можуть бути прийняті:

- конкретна реально існуюча продукція, реалізація якої на даному ринку приносить її виробнику найбільшу економічну вигоду;
- гіпотетична продукція, якість якої в максимальному ступені забезпечує задоволення потреб покупців;
- стандарт, що признаний у країні покупця.

Технічний рівень та якість кожного виробу, виду продукції характеризуються великою кількістю показників, загальна класифікація яких встановлена методичними вказівками з оцінки рівня якості промислової продукції (РД50-149-79). Для найважливіших видів продукції номенклатура показників технічного рівня та якості встановлюється спеціальними державними стандартами, що визначають систему показників якості продукції.

5.7. Кількісна оцінка якості продукції (кваліметрія)

При оцінці якості продукції згідно з ГОСТ 15467-79 та основними положеннями *кваліметрії* можуть бути застосовані такі показники:

1. Одиничний показник якості продукції характеризує одну з властивостей виробу. Прикладами одиничних показників можуть служити: напрацювання радіоприймача на відмову; інтенсивність відмов резистора; калорійність палива; коефіцієнт варіації дроту за товщиною; довговічність автомобіля та ін.

2. Комплексний показник якості продукції характеризує виріб за декількома властивостями. Він може мати декілька простих властивостей або одну складну властивість продукції (що складається із декількох простих властивостей). Як приклад комплексного показника можна розглядати коефіцієнт готовності, який визначається за формулою

$$K = T / (T + T_{\text{п}}), \quad (5.4)$$

де T – напрацювання виробу на відмову (показник безвідмовності); $T_{\text{п}}$ – середній час відбудови (показник ремонтпридатності).

Таким чином, коефіцієнт готовності залежить від двох властивостей виробу – безвідмовності та ремонтпридатності.

Іншим прикладом комплексного показника якості продукції є показник K_0 , який обчислюється як середньо зважена величина, тобто

$$K_0 = \sum_{i=1}^n a_i K_i, \quad (5.5)$$

де K_i – показник i -ї властивості продукції, що оцінюється; a_i – коефіцієнт ваги відповідного показника.

Із залежності (5.5) випливає, що даний показник характеризує n різних властивостей продукції. Цей показник являє собою умовну величину, що виражається в умовних одиницях, наприклад у балах, та реального фізичного змісту не має.

3. Визначаючий показник якості продукції. Цей показник часто використовують для оцінювання якості виробу. Властивості, що враховуються визначаючим показником, у свою чергу, можуть характеризуватися одиничними та (або) комплексними показниками якості продукції.

4. Інтегральний показник якості продукції – це відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання продукції до сумарних витрат на її створення та експлуатацію або споживання. При терміні служби більш ніж один рік інтегральний показник записується так:

$$K_{imm}(t) = \Pi_c / [B_c \varphi(t) + B_e]. \quad (5.6)$$

Тут Π_c – сумарний корисний річний ефект від експлуатації або споживання продукції, що виражений у натуральних одиницях (тобто у м, кг, Вт); B_c – сумарні капітальні витрати на виготовлення продукції; $\varphi(t)$ – поправковий коефіцієнт на термін служби протягом t років,

$$\varphi(t) = \frac{E_H (1 + E_H)^{t-1}}{(1 - E_H)^{t-1}}, \quad (5.7)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт економічної ефективності; B_e – сумарні витрати на експлуатацію продукції (технічне обслуговування, ремонт та інші поточні витрати).

Для продукції, що експортується, інтегральний показник якості:

$$K_{II} = \Pi_c / (B_c + \sum_{i=1}^T B_i), \quad (5.8)$$

де B_i – сумарні експлуатаційні витрати у i -му році в умовах країни покупця; T – термін служби виробу.

Разом з інтегральним показником якості продукції може застосовуватися величина, обернена до нього, яка має назву «питомі витрати на одиницю ефекту».

5. Індекс якості продукції. Це комплексний показник якості різномірної продукції, що випускається підприємством за розглянутий інтервал часу. Він дорівнює середньому зваженому відносних значень показників якості цієї продукції.

6. Коефіцієнт дефектності продукції являє собою середню зважену кількість дефектів, що припадає на одиницю продукції. Для визначення коефіцієнта дефектності робиться вибірка з n одиниць продукції та в ній підраховуються усі дефекти, які розбиті заздалегідь на a видів. Для кожного виду дефекту встановлюється коефіцієнт ваги r_j ($j = 1, 2, \dots, a$), який визначають експертним методом або за вартістю ліквідації дефекту даного виду. Коефіцієнт дефектності у даному випадку

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^a r_j m_j \right), \quad (5.9)$$

де m_j – кількість дефектів кожного виду у виборці.

7. Відносний коефіцієнт дефектності можна обчислити за такою формулою

$$Q = D / D_0, \quad (5.10)$$

де D_0 – базове значення коефіцієнта дефектності, що відповідає певному базовому періоду виробництва.

8. Індекс дефектності продукції – це комплексний показник якості різнорідної продукції, яка виготовлена за розглядуваний інтервал, що дорівнює середньому зваженому коефіцієнтів дефектності цієї продукції. Нехай підприємство виготовило за певний період часу s видів продукції при вартості кожного C , тоді індекс дефектності цієї продукції $J = \sum_{i=1}^s r_i Q_i$. Коефіцієнт ваги у даному випадку можна обчислити за такою формулою:

$$r_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^s C_i}, \quad (5.11)$$

де Q_i – відносний коефіцієнт дефектності i -го виду продукції.

9. Коефіцієнт сортності продукції – це відношення сумарної вартості продукції, яка виготовлена за розглянутий інтервал часу, до сумарної вартості цієї ж продукції у перерахунку на вищий сорт. Він може застосовуватися для оцінки якості роботи певних підприємств, що виробляють різносортну продукцію:

$$K_c = \sum_{i=1}^s C_i q_i / (C_n \sum_{i=1}^s q_i), \quad (5.12)$$

де s – кількість сортів продукції, що виготовляється підприємством; C_i – вартість одиниці продукції i -го сорту; C_n – вартість продукції найвищого сорту; q_i – обсяг виготовленої продукції i -го сорту.

10. При оцінці рівня якості продукції в процесі експлуатації та споживання найбільш об'єктивно таку оцінку дають сумарні витрати, пов'язані з використанням придбаного товару за призначенням.

Комплексним показником рівня якості продукції у цьому випадку можуть бути сумарні витрати на експлуатацію та ремонти, що віднесені до одиниці часу:

$$C(t) = [C_k(t) + R_p] / T, \quad (5.13)$$

де $C_k(t)$ – сумарні витрати на експлуатацію обладнання з напрацюванням з k -ми показниками якості; R_p – сумарні витрати на поновлення значень з p -ми показниками якості до їх номінальних значень.

5.8. Методи визначення показників якості продукції

Для визначення показників якості продукції можуть використовуватися такі методи:

1. Інструментальний (виконується на основі технічних засобів вимірювань).
2. Розрахунковий (грунтується на використанні теоретичних та (або) емпіричних залежностей показників якості продукції від її параметрів).
3. Реєстраційний (оснований на спостереженнях з наступним підрахуванням числа визначених подій, предметів або витрат).
4. Органолептичний (будується на аналізі сприйняття почуттів органами людини. Точність та достовірність сприйняття залежить від кваліфікації, навичок та здібностей осіб, які визначають показники якості. Застосовується для визначення якості напоїв, кондитерських, тютюнових, парфумерних виробів та іншої продукції, використання якої обумовлено або пов'язано з емоціональним впливом на споживача. Виражається, як правило, у балах).
5. Експертний (будується на основі рішень, які приймаються експертами).
6. Соціологічний (оснований на аналізі думок фактичних або потенційних споживачів).

Моральне старіння продукції – це процес поступової відносно втрати якості продукції при збереженні абсолютного значення її показників. Моральне старіння відбувається у результаті створення нового, більш високоякісного виробу та здешевлення виробництва продукції. Поступово продукція, яка була за своєю якістю краще інших конкуруючих виробів, починає відносно погіршуватися. Потім продукція переходить у більш нижчу категорію якості та, наприкінці, через певний період часу морально старіє, а тому її застосування у порівнянні з іншою аналогічною продукцією стає економічно не вигідним.

За цей час необхідно почати виробництво нової, більш високоякісної продукції. З цією новою продукцією з перебігом часу відбудеться те саме – вона поступово морально старіє. Отже, для забезпечення конкурентоспроможності необхідно своєчасно оновлювати продукцію. Процес морального старіння виражає дію об'єктивного економічного закону. Тому його необхідно враховувати при забезпеченні випуску конкурентоспроможної продукції.

Оптимальний рівень якості. Необхідний рівень якості продукції повинен визначатися результатами економічного аналізу, який дозволяє оптимізувати відношення між рівнем якості, сукупними витратами ресурсів та корисним ефектом продукції.

При моральному старінні якість можна підвищити поступовим удосконаленням виробу, що потребує певних витрат. Рівень якості буде оптимальним, коли сумарні витрати найменші. Крім того, оптимальна якість – це така, при якій досягається або найбільший ефект від експлуатації чи використання при заданих витратах на її створення, або заданий ефект при найменших витратах чи найбільше відношення ефекту до витрат.

Досягнення оптимального рівня якості продукції повинно виходити не тільки з необхідності зменшення витрат на її виготовлення, але і з доцільності зниження витрат на її виготовлення та підвищення показників якості. Навіщо, наприклад, довговічність деяких деталей або вузлів у 20 років, якщо термін їх морального старіння та фізичного зносу не перевищує 10 років. Тому необхідно прагнути закладати та забезпечувати такі показники якості окремих деталей та вузлів, які б визначалися терміном морального старіння та фізичного зносу виробу в цілому. При цьому необхідно підвищувати якість у першу чергу найбільш слабких вузлів, прагнучи довести їх якість (наприклад, довговічність) до оптимального значення (наприклад, до терміну морального старіння та фізичного зносу). У багатьох випадках треба підвищувати не всі показники якості, а тільки деякі з них. Таким чином, оптимальний рівень якості – це такий, вище або нижче якого виготовляти продукцію економічно недоцільно. Тому в одних випадках якість треба підвищувати, в інших – залишати незмінною, у третіх – можливо навіть знижувати у цілому або за окремими показниками, щоб зменшити витрати на виготовлення виробу.

5.9. Керування якістю продукції

У 1970–80-х роках вчені та спеціалісти багатьох країн світу прийшли до висновку, що якість не можна гарантувати тільки шляхом контролю готової продукції. Вона повинна забезпечуватися значно раніше – у процесі вивчення вимог ринку, на стадії проектних, конструкторських розробок, при виборі постачальників комплектуючих виробів, деталей, вузлів та матеріалів, на всіх стадіях виробництва та, обов'язково, при реалізації продукції, її технічному обслуговуванні у споживача та утилізації після використання.

Такий комплексний підхід забезпечує створення замкненого процесу, який починається з визначення вимог ринку та містить усі фази вдосконалення продукції, підготовку виробництва, виготовлення, реалізацію та післяпродажне обслуговування на основі ефективної системи «зворотного зв'язку» та планування, яке враховує кон'юнктуру ринку, при мінімальних витратах на забезпечення якості.

Вимоги до системи керування якістю. Організація повинна розробити, задокументувати, впровадити та підтримувати у робочому стані систему керування якістю, постійно вдосконалювати її результативність згідно з вимогами певних стандартів (наприклад, серії Міжнародних стандартів системи якості – ISO).

Організація повинна:

1. Визначати процеси, необхідні для системи керування якістю, та їх викорисовувати у всій організації.
2. Визначати послідовність та взаємодію цих процесів.
3. Встановлювати критерії та методи, необхідні для забезпечення результативності як при здійсненні, так і при керуванні цими процесами.

4. Забезпечувати наявність ресурсів та інформації, необхідної для підтримки цих процесів та їх моніторингу.

5. Здійснювати моніторинг, вимірювання та аналіз цих процесів.

6. Застосовувати міри, необхідні для досягнення запланованих результатів та постійного покращення цих процесів.

Принципи керування якістю. Для успішного управління організацією та її функціонування необхідно направляти її та керувати систематично та прозорим способом. Успіх може бути досягнутий у результаті впровадження та підтримки у робочому стані системи менеджменту якості, розробленої для постійного покращення діяльності з урахуванням потреб усіх зацікавлених сторін. До управління організацією повинен входити менеджмент якості з усіма іншими аспектами:

1. Орієнтація на споживача. Стан організації залежить від споживачів, а тому вона повинна знати їх поточні та майбутні потреби, виконувати їх вимоги та прагнути до їх покращення.

2. Лідерство керівника. Керівники забезпечують єдність мети та спрямовують діяльність організації. Від них залежить внутрішній стан оточуючого середовища, в якому робітники можуть бути повністю задіяні у вирішенні проблем організації.

3. Залучення робітників. Робітники всіх рівнів складають основу організації, а їх повне залучення дозволяє організації з вигодою використовувати їх здібності.

4. Процесний підхід. Бажаний результат досягається більш ефективно, якщо діяльністю та відповідними ресурсами керують як процесом.

5. Системний підхід до менеджменту. Виявлення, порозуміння та менеджмент взаємопов'язаних процесів як системи сприяють результативності та ефективності діяльності організації при досягненні поставленої мети. Системний підхід до менеджменту якості дозволяє організації аналізувати вимоги споживачів, визначати процеси, які сприяють виготовленню продукції, а також підтримувати ці процеси у стані, що є керованим.

6. Постійне поліпшення. Слід розглядати як покращення діяльності організації в цілому та її незмінну мету. Система менеджменту якості може бути базою для постійного підвищення ймовірності задоволеності як споживачів, так і інших зацікавлених сторін. Вона дає можливість самій організації з успіхом постачати продукцію, яка повністю відповідає вимогам ринку.

7. Прийняття рішень, основаних на фактах. Ефективні рішення, основані на аналізі даних та інформації.

8. Взаємовигідні відносини з постачальниками. Організація та її постачальники взаємозалежні, відношення взаємної вигоди підвищують спроможність обох сторін створювати цінності.

Перевага процесного підходу полягає у неперервності керування, яке забезпечується на межі окремих процесів у рамках їх системи, а також при їх комбінації та взаємодії.

Система керування якістю повинна складатися з таких розділів:

1. Загальні вимоги до системи. Організація повинна розробити, задокументувати, впровадити та підтримувати у робочому стані систему, постійно підвищувати її результативність.

2. Вимоги до документації.

3. Відповідальність керівництва, включаючи такі питання:

- обов'язки керівництва;
- орієнтація на споживача;
- політика у галузі якості;
- планування;
- відповідальність, повноваження та обмін інформацією;
- аналіз з боку керівництва.

4. Керування ресурсами. У цьому розділі рекомендується розглянути питання:

- забезпечення ресурсами на реалізацію системи;
- людські ресурси;
- інфраструктура, яка необхідна для забезпечення якості;
- виробниче середовище.

5. Процеси життєвого циклу продукції, де необхідно відобразити:

- планування життєвого циклу продукції;
- процеси, пов'язані зі споживачем;
- проектування та розробка;
- закупівля;
- виробництво та обслуговування;
- керування приладами для моніторингу та вимірювань.

6. Вимірювання, аналіз та поліпшення з розглядом питань:

- моніторингу та вимірювань процесів, продукції та використання результатів для керування та внутрішнього аудиту;
- керування невідповідною продукцією з метою запобігання ненавмисного її використання або постачання;
- аналіз даних, одержаних у результаті моніторингу та вимірювань;
- поліпшення системи та підвищення її результативності.

Згідно зі стандартами ІСО 9004-94 типовим у життєвому циклі продукції («петля якості») є такі етапи:

1. Маркетинг, пошук та вивчення ринку.
2. Проектування та (або) розробка технічних вимог, розробка нових видів продукції.
3. Матеріально-технічне постачання.
4. Підготовка та розробка технологічних процесів.
5. Виробництво.
6. Контроль, проведення випробувань та досліджень.
7. Пакування та зберігання.
8. Реалізація та розподілення.
9. Монтаж та експлуатація.

10. Технічна допомога в обслуговуванні.

11. Утилізація після використання.

Етапи з 1-го по 7-й виконують виробники (постачальники), а з 8-го по 11-й – споживачі (замовники).

За характером впливу на етапи життєвого циклу («петля якості») система якості може мати три напрями: забезпечення якості, керування якістю, поліпшення якості.

Забезпечення якості являє собою сукупність плануємих та систематично впроваджених заходів, які створюють необхідні умови для виконання кожного етапу «петлі якості» таким чином, щоб продукція задовольняла певним вимогам якості.

При плануванні заходів забезпечення якості доцільно формувати цільові науково-технічні програми підвищення якості продукції. При цьому передбачається, що проблеми з якістю повинні попереджатися, а не виявлятися після їх виникнення.

Керування якістю – це методи та діяльність оперативного характеру, які використовуються для задовільнення вимог до якості.

Наприклад, статистичне регулювання технологічного процесу за допомогою контрольних карток дозволяє попереджати появлення дефектів, та є кращим за методів, пов'язаних з керуванням якістю відхиленням, що вже трапились.

Покращення якості – це постійна діяльність, що спрямована на підвищення технічного рівня продукції, якості її виготовлення, удосконалення елементів виробництва та системи самої якості.

Ідеологія постійного покращення якості продукції прямо пов'язана з тенденцією підвищення конкурентоспроможності такої продукції, яка має високий рівень якості при низькій ціні. У зв'язку з цим метою постійного покращення якості є або покращення параметрів продукції, або підвищення стабільності якості виготовлення, або зниження витрат.

При створенні системи якості на підприємстві необхідно керуватися вимогами, які висуваються до основних етапів життєвого циклу продукції («петлі якості»).

Маркетинг, пошук та дослідження ринку. На даному етапі необхідно виконувати такі функції:

1. Визначення потреб у продукції або послугі.

2. Точне визначення ринкового попиту для оцінки сортності, потрібної якості, вартості та термінів виробництва продукції або надання послуги.

3. Чітке визначення вимог споживача на основі постійного аналізу господарських договорів, контрактів або потреб ринку.

4. Систематичне інформування керуючих структур підприємства про всі вимоги, що висуваються споживачем.

5. Стислий опис продукції у вигляді передчасного переліку технічних умов, схеми встановлення та монтажу, застосованих стандартів та законодавчих регламентів, пакування, забезпечення та (або) перевірка якості.

6. Здійснення зворотного зв'язку зі споживачем. При цьому вся інформація, що стосується якості продукції або послуги, повинна аналізуватися, порівнюватися, інтерпретуватися та доводитися до відому згідно з установленими процедурами. Зворотний зв'язок зі споживачем може явитися засобом отримання даних, необхідних як для внесення можливих змін у проект, так і для відповідних дій керівництва.

Система якості повинна передбачати проведення заходів щодо запобігання помилок у маркетингу.

Проектування та (або) розробка технічних вимог, розробка нових видів продукції. Система якості повинна забезпечувати створення проекту відповідно до світового рівня та вимог споживачів. У ній повинні бути передбачено: планування робіт з проектування; комплекс заходів, спрямованих на запобігання похибок при проектуванні, а також проведення випробувань та вимірювань параметрів продукції на різних етапах проектування; перевірка відповідності проекту вихідним вимогам; періодичний аналіз усіх компонентів проекту; аналіз готовності споживача до використання продукції; контроль зі змінами в проекті; наступні повторні оцінки проекту.

Матеріально-технічне постачання. Підприємство несе повну відповідальність за якість прикінцевої продукції незалежно від якості закуплених матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів. Тому система повинна мати комплекс заходів, спрямованих на запобігання постачання неякісних матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів на виробництво.

Підготовка та розробка виробничих процесів. Підготовка виробництва повинна відповідати технологічним процесам та стану всіх елементів виробництва (обладнання, оснастка, інструмент та ін.), щоб забезпечити виготовлення продукції відповідно вимогам технічної документації.

Система повинна забезпечувати контрольованість та керованість усіх елементів виробництва з тим, щоб у разі відхилення від запропонованих вимог можна було надати елементам системи належний стан. Обов'язковими елементами системи повинні бути контроль та випробування готової продукції.

На наступних етапах система повинна забезпечити: якість продукції при виготовленні, навантажувальних роботах, зберіганні, транспортуванні, монтажу; гарантовану роботу з проведення технічних консультацій, навчання персоналу, який працює на складній техніці, обслуговування та ремонт у період гарантійного терміну; доставку запасних частин; а також інструкціями щодо використання, монтажу, вводу в дію, експлуатації, обслуговування та ремонту виробів.

5.10. Сертифікація систем якості

На початку 90-х років визначився ряд основних факторів, що змусили підприємства займатися розробкою, впровадженням та сертифікацією систем якості. До найбільш важливих відносно сертифікації систем якості можна

віднести: переваги перед конкурентами; вимоги замовника; підвищення якості продукції; зниження ризику відповідальності за продукцію; вимоги до материнської компанії.

У сертифікації систем якості, як правило, виділяють три етапи:

1. Попередня оцінка систем якості.
2. Остаточна перевірка та оцінка систем якості.
3. Інспекційний контроль за сертифікованими системами якості.

Якість продукції та захист прав споживачів. Закон «Про захист прав споживачів» встановлює ряд принципово нових положень: права споживачів, які признаються в усіх цивілізованих країнах; право на безпеку товарів, робіт та послуг для життя і здоров'я людей; право на належну якість товарів, робіт та послуг; право на відшкодування збитку та судовий захист прав та інтересів споживачів; механізм захисту споживачів, права яких порушені при продажу недоброякісних товарів або неналежним чином виконаних робіт та наданих послуг.

На основі Закону обов'язковій сертифікації підлягають: товари (роботи, послуги), на які у законодавчих актах, державних стандартах встановлено вимоги, спрямовані на створення безпечних умов для життя, здоров'я споживачів та охорони довкілля, а також на запобігання заподіяння шкоди власності споживачів.

Партія товарів, яка реалізується через роздрібну торгівельну мережу, або кожна одиниця товару повинні супроводжуватися сертифікатом відповідності, який продавець повинен подати покупцю за його проханням. Реалізація товарів, виконання робіт та надання послуг без сертифіката, який підтверджує їх відповідність обов'язковим вимогам стандартів безпеки, охорони довкілля, незважаючи на дотримання споживачем правил використання, зберігання та транспортування. При надходженні сигналів від органів захисту прав споживачів, державних або громадських організацій, судових органів Закон зобов'язує виробника припинити вироблення (реалізацію) товарів, роботи, надання послуг та ліквідувати причини, що їх викликають. Закон визначає й інші міри.

Щоб мати можливість захистити свої права у випадку їх порушення, споживач обов'язково повинен володіти інформацією стосовно виробника, тому Закон «Про захист прав споживача» передбачає право споживача на інформацію про підприємство–виробника товару, продавців товару, а також о підприємці, який виробляє та продає товар.

Споживач повинен знати свої права та користуватися ними. Відомо, що у ряді випадків підробки являють небезпеку для життя та здоров'я людини, а в їх виробництві не раз проглядається організована злочинність. Ось чому сертифікат відповідності, який вправі вимагати від виробника та продавця покупець, Законом «Про захист прав споживача» розглядається як гарантія права на безпеку товарів, які споживаються. Безпека виробів, процесів, послуг, яка визначається Законом як основний аспект сертифікації, характеризується

конкретними параметрами та вимогами до них. Законом підтверджується державний захист прав споживачів шляхом:

- здійснення контролю за дотриманням виробниками (продавцями) вимог до безпеки продукції, робіт, послуг;

- обґрунтування вимог щодо усунення недоліків або зняття подібних товарів з виробництва;

- заборони реалізації продукції та послуг, розпорядження щодо зменшення обсягу робіт;

- заборони реалізації товарів з терміном реалізації, що пройшов, а також за відсутності достовірної інформації про них.

5.11. Аудит системи якості

Класифікацію можливих видів аудиту якості за різними ознаками наведено на рис. 5.2.

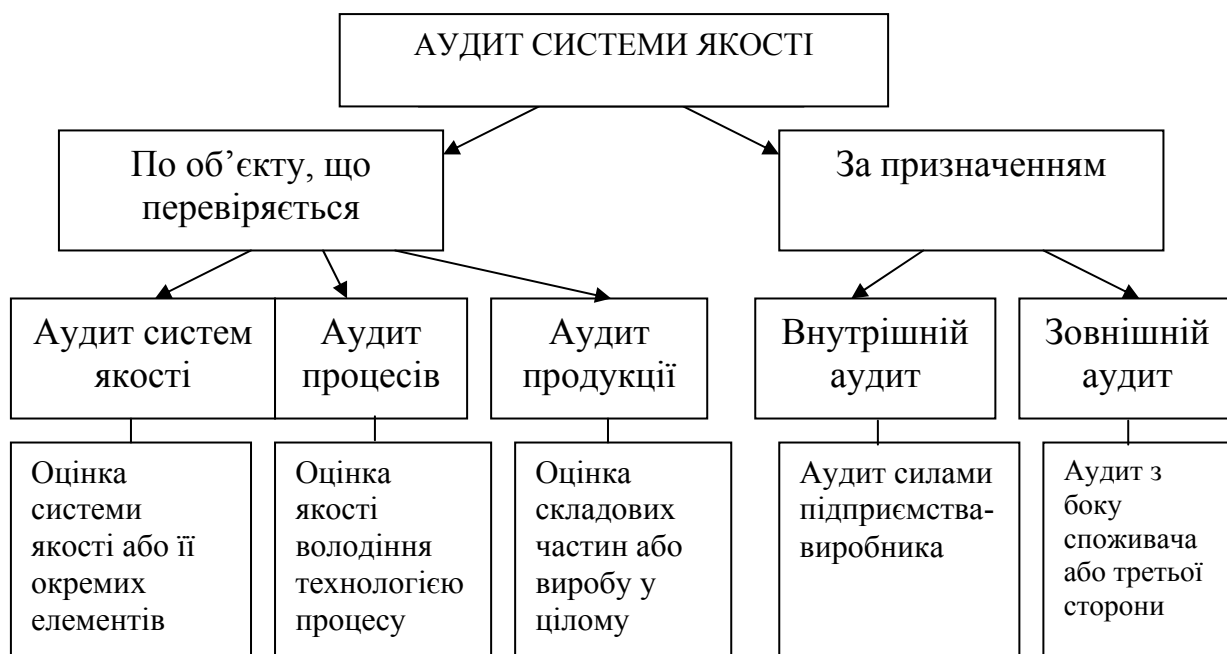


Рис. 5.2. Класифікація видів аудиту якості

Аудит системи якості служить для оцінки ефективності роботи самої системи якості підприємства за допомогою методів контролю окремих її елементів. Аудит прогресу виробника застосовується у системах сертифікації систем якості та послуг. При аудиті продукції встановлюється відповідність методів та засобів виготовлення. Внутрішній аудит якості необхідний для отримання інформації про стан справ щодо забезпечення якості на підприємстві та є невід'ємним елементом самої системи керування якістю. Внутрішні аудити якості здійснюються особами, які не несуть безпосередньої відповідальності за ділянки, що перевіряються.

Зовнішній аудит служить для ознайомлення з правильністю заходів щодо забезпечення якості на підприємстві шляхом залучення зовнішніх спеціалістів другої або третьої сторін.

5.12. Системи сертифікації

Система сертифікації – це сукупність правил виконання робіт із сертифікації та правил функціонування системи сертифікації у цілому. Система сертифікації однорідної продукції – це сукупність правил, які розповсюджуються на види продукції з однаковими ознаками призначення, характером вимог, загальними правилами та процедурами сертифікації; в окремих випадках – розповсюджуються на сукупність видів продукції, які поєднані спільністю одної або декількох властивостей. Підтвердження відповідності може носити непримушений або обов'язковий характер. Непримушене підтвердження відповідності здійснюється у вигляді добровільної сертифікації.

Обов'язкове підтвердження відповідності здійснюється у формах:

- прийняття декларації про відповідність;
- обов'язкової сертифікації.

Непримушена сертифікація провадиться за ініціативою заявників (виробників, продавців, виконавців) з метою підтвердження відповідності продукції вимогам стандартів, технічних умов, рецептур та інших документів, які визначаються заявником. Непримушена сертифікація провадиться на умовах договору між заявником та органом із сертифікації. Він не може замінити обов'язкову сертифікацію, якщо така продукція їй підлягає. Однак у рамках непримушеної сертифікації продукції, яка пройшла обов'язкову сертифікацію, можуть перевірятися додаткові вимоги. Непримушеній сертифікації підлягає продукція, на яку відсутні обов'язкові до виконання вимоги безпеки. У той же час її проведення обмежує доступ на ринок неякісних виробів за рахунок перевірки таких показників, як надійність, естетичність, економічність та ін. Вона у першу чергу спрямована на боротьбу за кількість клієнтів. Система непримушеної сертифікації може бути створена юридичною особою та (або) індивідуальним підприємцем або декількома юридичними особами та (або) індивідуальними підприємцями. При створенні системи визначається перелік об'єктів, які підлягають сертифікації, та їх характеристик, відповідно яким здійснюється непримушена сертифікація, а також правил виконання робіт та їх оплати. Системою непримушеної сертифікації може передбачатися застосування знаку відповідності.

Схема сертифікації – це форма сертифікації, яка визначає сукупність дій, результати яких розглядаються як доказ відповідності продукції встановленим вимогам. При виборі схеми сертифікації повинні враховуватися особливості виробництва, випробувань, постачання та використання конкретної продукції, певний рівень доказовості, можливі витрати заявника. Схеми сертифікації продукції наведено у табл. 5.1.

Схеми сертифікації продукції

№ схеми	Дослідження в акредитованих випробувальних лабораторіях та інші способи доведення відповідності	Перевірка виробництва (системи якості)	Інспекційний контроль сертифікованої продукції (системи якості, виробництва)
1	Випробування типу	–	–
1 а	Випробування типу	Аналіз стану виробництва	–
2	Випробування типу		Випробування зразків, узятих у продавця
2 а	Випробування типу	Аналіз стану виробництва	Випробування зразків, узятих у продавця. Аналіз стану виробництва
3	Випробування типу		Випробування зразків, узятих у виробника
3 а	Випробування типу	Аналіз стану виробництва	Випробування зразків, узятих у виробника. Аналіз стану виробництва
4	Випробування типу		Випробування зразків, узятих у продавця та виробника
5	Випробування типу	Сертифікація виробництва або системи якості	Контроль сертифікованої системи якості (виробництва), випробування зразків, узятих у продавця та (або) виробника
6	Розгляд декларації про відповідність	Сертифікація системи	Контроль сертифікованої системи якості
7	Випробування партії	–	–
8	Випробування кожного зразка	–	–
9	Розгляд декларації про відповідність	–	–
9 а	Розгляд декларації про відповідність	Аналіз стану	–
10	Розгляд декларації про відповідність	–	Випробування зразків, узятих у продавця та виробника
10 а	Розгляд декларації про відповідність документам, що додаються	Аналіз стану виробництва	Випробування зразків, узятих у продавця та виробника

Випробування. За схемами 1–5 виконуються *випробування типу*, тобто одного або декількох зразків, які є типовими. Випробування за схемою 7 – це вже контроль якості партії шляхом випробування якоїсь продукції (вибірки), яка відбирається від партії з використанням методу статистичного контролю.

За схемою 8 випробується кожна одиниця продукції. Таким чином, жорсткість умов випробувань, а, значить, надійність та вартість випробувань підвищуються відповідно від 1 до 8 схем.

При сертифікації системи якості (схеми 5, 6) перевіряється 20 елементів, причому перевіряти виробництво мають право тільки експерти, які акредитовані у галузі перевірки систем якості.

Інспекційний контроль (ІК) передбачений у більшості схем. Його проводять після видачі сертифіката. Він може проводитися у вигляді випробувань зразків (схеми 2 – 4 а) або у формі контролю сертифікованої системи якості (виробництва).

Розгляд декларації про відповідність – це спосіб доказу, який стосується першої сторони – виробника. Він полягає у тому, що керівник підприємства подає в орган сертифікації заяву–декларацію, додає до останньої протоколи випробувань, а також інформацію про організацію на підприємстві контролю якості продукції. Цей спосіб використовують при сертифікації продукції закордонного виробника з високою репутацією на ринку, продукції вітчизняних індивідуальних виробників (наприклад, фермерів), продукції малих підприємств тощо.

У табл. 5.2 наведено схеми сертифікації робіт та послуг.

Таблиця 5.2

Схеми сертифікації робіт та послуг

№ схеми	Оцінка виконання робіт та надання послуг	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Інспекційний контроль сертифікованих робіт та послуг
1	Оцінка майстерності виконавця робіт та послуг	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Контроль майстерності виконавця робіт та послуг
2	Оцінка процесу виконання робіт та надання послуг	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Контроль процесу виконання робіт та надання послуг
3	Аналіз стану виробництва	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Контроль стану виробництва
4	Оцінка організації (підприємства)	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Контроль відповідності встановленим вимогам
5	Оцінка системи якості	Перевірка (випробування) результатів робіт та послуг	Контроль системи якості
6	–	Розгляд декларації про відповідність документам, що додаються	Контроль якості виконання робіт та надання послуг
7	Оцінка системи якості	Розгляд декларації про відповідність документам, що додаються	Контроль системи якості

Органи сертифікації, випробувальні лабораторії та центри сертифікації. Обов'язкове підтвердження відповідності продукції, товарів та послуг здійснюється органами сертифікації, випробувальними лабораторіями та центрами.

Орган із сертифікації (ОС) виконує такі функції:

- залучає на договірній основі для проведення досліджень (випробувань) та вимірювань випробувальні лабораторії (центри), які акредитовані у порядку, встановленому Урядом;

- здійснює контроль за об'єктами сертифікації, якщо такий контроль передбачений відповідною схемою обов'язкової сертифікації та договором;

- веде реєстр виданих ним сертифікатів відповідності;

- інформує відповідні органи державного контролю (нагляду) за дотриманням вимог технічних регламентів о продукції, яка надійшла на сертифікацію, але не пройшла її;

- припиняє дію виданого ним сертифіката відповідності;

- забезпечує заявника інформацією про послідовність обов'язкової сертифікації;

- встановлює вартість робіт із сертифікації на основі затвердженої Урядом методики виконання таких робіт;

- несе відповідальність за обґрунтованість та правильність видачі сертифіката відповідності, за дотримання правил сертифікації.

Спеціально уповноважений орган виконавчої влади у галузі сертифікації виконує такі функції:

- формує та реалізує державну політику в галузі сертифікації, встановлює загальні правила та рекомендації з проведення сертифікації на території країни та публікує офіційну інформацію про них;

- проводить державну реєстрацію систем сертифікації та знаків відповідності;

- публікує офіційну інформацію діючих систем сертифікації та знаків відповідності та подає її в установленому порядку в міжнародні (регіональні) організації із сертифікації;

- розробляє у встановленому порядку пропозиції о приєднанні до міжнародних (регіональних) систем сертифікації, а також може у встановленому порядку заключати угоди з міжнародними (регіональними) організаціями про взаємне підтвердження результатів сертифікації.

5.13. Правила та послідовність проведення сертифікації

Сертифікація здійснюється у рамках певної системи та за вибраною схемою. Послідовність її проведення встановлюється правилами конкретної системи, але основні етапи процесу сертифікації незмінні і не залежать від виду та об'єкта сертифікації. Узагальнена схема процесу сертифікації наведена на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Схема процесу сертифікації

У цій схемі можна виділити п'ять основних етапів:

1. Заявка на сертифікацію.
2. Оцінка відповідності об'єкта сертифікації встановленим вимогам.
3. Аналіз результатів оцінки відповідності.
4. Вирішення по сертифікації.
5. Інспекційний контроль за сертифікованим об'єктом.

Етап заявки на сертифікацію полягає у виборі заявником органу із сертифікації, здібного провести оцінку відповідності об'єкта, який його цікавить. Це визначається галуззю акредитації органу із сертифікації. Якщо дану роботу можуть виконувати декілька органів із сертифікації, то заявник

може звернутися у будь-який із них. Заявка направляється за встановленою у системі сертифікації формою. Орган із сертифікації розглядає її та повідомляє заявника про рішення.

Етап оцінки відповідності має свої особливості залежно від об'єкта сертифікації. Щодо продукції він складається з відбору та ідентифікації зразків виробів та їх випробувань.

Зразки повинні бути такими самими, як і продукція, що доставляється споживачу. Зразки вибираються випадково за встановленими правилами з виготовленої продукції. Зразки, які відібрані, ізолюють від основної продукції, пакують, пломбують або опечатують на місці відбору. Відбір зразків для випробувань здійснює, як правило, випробувальна лабораторія або за її дорученням інша компетентна організація. При проведенні випробувань у двох і більше випробувальних лабораторіях зразки можуть бути відібрані органом із сертифікації (у разі необхідності за участю випробувальних лабораторій).

Етап аналізу практичної оцінки відповідності об'єкта сертифікації встановленим вимогам полягає у розгляді результатів випробувань, екзамену або перевірки системи якості в органі із сертифікації.

При сертифікації продукції заявник надає в орган документи за заявкою та протокол випробувань зразків продукції з випробувальної лабораторії. Експерти органу із сертифікації перевіряють відповідність результатів випробувань, які відображені у протоколі, діючій нормативній документації.

Рішення із сертифікації супроводжується видачею сертифіката відповідності заявнику або відмові в ньому.

Продукція, на яку видано сертифікат, маркується знаком відповідності.

Інспекційний контроль за сертифікованим об'єктом проводиться органом, який видав сертифікат, якщо це передбачено схемою сертифікації. Контроль проводиться на протязі всього терміну дії сертифіката (раз у рік) у вигляді періодичних перевірок. У комісію органу із сертифікації при інспекційному огляді можуть залучатися спеціалісти територіальних органів Держстандарту, представники спілок споживачів та інших зацікавлених організацій.

Інспекційний контроль включає аналіз інформації відносно об'єкта сертифікації та проведення вибіркового перевірок зразків продукції, послуг або елементів системи якості. При контролі сертифіката, виданого спеціалісту, перевіряється відповідність його роботи прийнятим критеріям.

5.14. Акредитація органів із сертифікації та випробувальних (вимірювальних) лабораторій

Згідно із законом «Про технічне регулювання» акредитація органів із сертифікації та випробувальних лабораторій (центрів) здійснюється з метою:

- підтвердження компетентності органів із сертифікації та випробувальних лабораторій (центрів), які виконують роботи з підтвердження відповідності;
- забезпечення довіри виробників, продавців та споживачів до діяльності органів із сертифікації та акредитованих випробувальних лабораторій (центрів);

- створення умов для визнання результатів діяльності органів із сертифікації та акредитованих випробувальних лабораторій (центрів).

Акредитація цих органів відбувається на основі принципів:

- добровільності;
- відкритості та доступності правил акредитації;
- компетентності та незалежності органів, здійснюючих акредитацію;
- неприпустимості обмеження конкуренції та створення перешкод щодо використання послуг органів із сертифікації та акредитованих випробувальних лабораторій (центрів);

- забезпечення однакових умов особам, які претендують на отримання акредитації;

- неприпустимості сумісності повноважень з акредитації та підтвердження відповідності;

- неприпустимості встановлення меж дії документів з акредитації на окремих територіях.

У зарубіжних країнах акредитація є самостійним видом діяльності, яка регламентується відповідними нормативними документами, виконання вимог яких служить гарантією єдності та можливості співставлення оцінок компетентності акредитованої організації. А це забезпечує довіру до результатів випробувань та сертифікації.

Акредитуючий орган здійснює акредитацію організацій, діяльність яких спрямовано у законодавчу (обов'язкову) сферу. Акредитацію у незалежній сфері має право здійснювати юридична особа, яка відповідає вимогам органів акредитації.

Держстандарт, окрім виконання функцій органу акредитації, розробляє загальні процедури акредитації, вимоги до органів акредитації, об'єктів акредитації та експертизи, документів з акредитації та взаємодіє з міжнародними, регіональними та закордонними організаціями з акредитації.

Найважливішою функцією органу акредитації є розробка правил визнання інших систем акредитації, у тому числі закордонних.

Технічний центр виконує роботу, яку доручає йому орган акредитації. Це може бути: попередній розгляд заявок на акредитацію, проведення експертизи документів, підготовка програм атестації заявників та інспекційного контролю акредитованих організацій, розгляд результатів атестації та інспекційного контролю, підготовка за їх матеріалами проектів рішень та ін.

Система акредитації передбачає повторну акредитацію, доакредитацію, акредитацію на компетентність та акредитацію з метою надання повноважень на право проведення робіт із сертифікації.

Повторна акредитація проводиться не рідше, ніж раз у п'ять років. Продовження дії атестата акредитації можливо і без повторної акредитації. Рішення про це приймає орган акредитації за результатами інспекційного контролю.

Доакредитація – це акредитація у додатковій галузі діяльності. Цій процедурі підлягає акредитована організація, яка претендує на розширення

сфери своєї діяльності. Програма та процедура доакредитації визначаються органом акредитації.

Акредитація на компетентність або універсальна акредитація здійснюється органом акредитації, діяльність якого повністю відповідає міжнародним вимогам, які викладено у керівному документі ІСО/МЕК 61. Передбачається, що акредитація на компетентність забезпечить довіру до акредитованого органу (або лабораторії) з боку заявника.

Акредитація з метою надання повноважень на право проведення робіт із сертифікації здійснюється організацією, яка отримала свої повноваження згідно із законодавчим актом. Надання повноважень необхідно для отримання впевненості у тому, що випробування, які проводилися даною лабораторією, та рішення, що приймалися органом із сертифікації, достовірні, будуть визнані зацікавленими сторонами та не будуть викликати сумніви відносно системи сертифікації.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

5.1. Дайте визначення поняттю сертифікація.

Відповідь: форма підтвердження відповідності об'єктів вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів, що здійснюється вповноваженим органом із сертифікації.

5.2. Перелічіть суб'єкти сертифікації.

Відповідь: перша (виробник або продавець), друга (споживач або покупець), третя (особа, орган, які призначено незалежними від сторін-учасників у рамках питання, що розглядаються) сторони.

5.3. Перелічіть об'єкти сертифікації.

Відповідь: продукція, послуги, роботи, системи якості, персонал, робочі місця та ін.

5.4. Назвіть мету, з якою здійснюється стандартизація.

Відповідь: підтвердження відповідності продукції, процесів виробництва, експлуатації, збереження, перевезення, реалізації та утилізації, робіт, послуг або інших об'єктів технічним регламентам, стандартам, умовам договорів; сприяння споживачем у компетентному виборі продукції, робіт, послуг на ринку; створення умов для забезпечення вільного переміщення товарів, а також для здійснення міжнародного економічного, науково-технічного співробітництва та міжнародної торгівлі.

5.5. Що є нормативно-методичною базою сертифікації?

Відповідь: сукупність нормативних документів, згідно з якими провадиться сертифікація продукції та послуг, а також документів, які встановлюють методи перевірки дотримання цих вимог; комплекс організаційно-методичних документів, що визначають правила та послідовність проведення робіт із сертифікації (серія правил із сертифікації та коментарів до них).

5.6. Назвіть основні групи, на які поділяють показники якості продукції.

Відповідь: технічні показники; показники якості виготовлення; показники, які характеризують досягнутий рівень якості продукції при експлуатації або споживанні.

5.7. За якими показниками здійснюється кількісна оцінка якості продукції?

Відповідь: одиничні показники; комплексні показники; визначаючий показник; інтегральний показник; індекс якості продукції; коефіцієнт дефектності продукції; відносний коефіцієнт дефектності; індекс дефектності; коефіцієнт сортності продукції; сумарні витрати на експлуатацію та ремонти.

5.8. Перелічіть відомі Вам методи визначення показників якості продукції.

Відповідь: інструментальний, розрахунковий, реєстраційний, органолептичний, експертний, соціологічний.

5.9. Поясніть, що розуміють під моральним старінням продукції?

Відповідь: це процес поступової відносної втрати якості продукції при збереженні абсолютного значення її показників.

5.10. Перелічіть основні принципи керування якістю.

Відповідь: орієнтація на споживача; лідерство керівника; залучення робітників; 143роцес ний підхід; системний підхід до менеджменту; постійне поліпшення діяльності організації в цілому; прийняття рішень, оснований на фактах; взаємовигідні відносини з постачальниками.

5.11. Що розуміють під терміном «керування якістю»?

Відповідь: методи та діяльність оперативного характеру, які використовуються для задоволення вимог до якості.

5.12. Наведіть етапи, з яких складається процедура сертифікації системи якості.

Відповідь: попередня оцінка систем якості; остаточна перевірка та оцінка систем якості; інспекційний контроль за сертифікованими системами якості.

5.13. З якою метою провадиться аудит систем якості?

Відповідь: для оцінки ефективності роботи системи якості підприємства за допомогою методів контролю окремих її елементів.

5.14. Що являє собою система сертифікації?

Відповідь: це сукупність правил виконання робіт із сертифікації, її учасників, правил функціонування системи сертифікації в цілому.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть органи або особи, які можуть вважатися незалежними при здійсненні процедури сертифікації товарів та послуг.

2. Поясніть поняття «сертифікація» та «система сертифікації».

3. Як оцінюється відповідність товарів і послуг?

4. Як офіційно оформлюється підтвердження відповідності?

5. Яку назву має документ, що встановлює відповідність об'єкта вимогам документів зі стандартизації?

6. Перелічіть відомі Вам форми підтвердження відповідності.

7. Які фактори впливають на узагальнену оцінку конкурентоспроможності товару?
8. Запишіть аналітичний вираз, за яким кількісно порівнюються інтегральні показники якості продукції.
9. Як оцінюється відносний інтегральний показник конкурентоспроможності продукції?
10. Поясніть поняття «базовий зразок».
11. Укажіть, які показники впливають на технічний рівень розробки продукції?
12. Як оцінюється поняття «надійність продукції»?
13. Запишіть вираз для кількісної оцінки коефіцієнта готовності.
14. Від яких параметрів залежить значення інтегрального показника якості продукції?
15. Як кількісно оцінюється коефіцієнт дефектності?

Дозволяє студенту ознайомитися з основними напрямками діяльності, а також з'ясувати законодавчу і нормативну базу в галузях сертифікації, акредитації та забезпечення якості товарів, процесів та послуг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про внесення змін до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 15 червня 2004 р. за №1765-IV [Текст].
2. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 72 с.
3. ДСТУ 2682-94. Метрологічне забезпечення. Основні положення [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 15 с.
4. ДСТУ 2462-94. Сертифікація. Основні поняття. Терміни та визначення [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 26 с.
5. Закон України “Про стандартизацію” [Текст]. №2408-ІН від 17 травня 2001 р.
6. Румшикий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст] / Л.З. Румшикий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
7. Ціделко, В.Д. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання [Текст] / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук; – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2002. – 176 с.
8. Метрологія та вимірювальна техніка [Текст]: підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук та ін.; під ред. Є.С. Поліщука. – Л.: Вид-во “Бескід Біт”, 2003. – 544 с.
9. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.А. Андреев, В.А. Бурдин, В.С.Баскаков, А.Л. Косова. – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2003. – 107 с.
10. Никитин, В.А. Управление качеством на базе стандартов ИСО 9000: 2000 [Текст] / В.А. Никитин, В.В. Филончева; – 2-е изд. – С.Пб.: Питер, – 2005. – 127 с.
11. Тарасова, В.В. Метрологія, стандартизація і сертифікація [Текст]: підручник / В.В. Тарасова, А.С. Малиновський, М.Ф. Рибак; під ред. В.В. Тарасової. – К.: Центр навч. літератури, 2006. – 264 с.
12. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учеб. для вузов / Ю.В. Димов. – 2-е изд. – С.Пб.: Питер, 2004. – 432 с.
13. Головка, Д.Б. Основи метрології та вимірювань [Текст] / Д.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
14. Саранча, Г.А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю [Текст]: підручник / Г.А. Саранча. – К.: Центр навч. літератури, 2006. – 672 с.
15. Бичківський, Р.В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація [Текст]: підручник / Р.В. Бичківський, П.Г. Столярчук, П.Р. Гамула. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2004. – 560 с.
16. Цюцюра В.Д., Цюцюра С.В. Метрологія та основи вимірювань: Навч. посіб. – К.: Знання-Прес, 2003. – 180 с.
17. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю [Текст]: навч. посіб. / Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюк. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Акредитація 128
- Аналізатор оптичного спектра 64
- Аудит якості 121
- Вимірювальний
 - канал 53
 - механізм 40
 - перетворювач 29
 - сигнал 31
- Вимірювальний прилад 29, 30
 - аналоговий
 - електромеханічний 40
 - аналоговий електронний 43
 - електродинамічної системи 42
 - електромагнітної системи 42
 - магнітоелектричної системи 41
 - цифровий 49
- Вимірювання 4
 - абсолютні 15
 - багатократні 14
 - відносні 15
 - види 13
 - діапазон 33
 - засоби 28, 33, 36, 38
 - контрольні-перевірочні 15
 - методи 25
 - непрямі 14
 - прямі 13
 - результат 13,21
 - сукупні 14
 - сумісні 14
 - технічні 15
 - якість 36
- Градуїрована характеристика 33
- Декларація про відповідність 102
- Джитер 67
- Дискретизація 50
- Дисперсія 17, 21
- Доакредитація 129
- Інтеграл імовірності 11
- Кваліметрія 6, 111
- Квантування 50
- Клас точності 12
- Конкурентоспроможність 106
- Контроль 26
 - активний 27
 - безперервний 26
 - вхідний 27
 - державний 77
 - неруйнівний 26
 - нормалізаційний 80
 - якості продукції 27
- Математичне очікування 17
- Метод
 - вимірювань 37
 - дифракційних штахетів 64
 - зворотного розсіювання 57
 - заміщення 39
 - інтерферометричний 64
 - протиставлення 39
 - Фабрі-Перо 65
- Методика вимірювань 32, 37
 - атестація 3
- Метрологічна
 - атестація 35
 - надійність 35
 - характеристика 34
- Метрологія 4
- Модуляція 67
- Мультиплексор 62
- Непевність вимірювань 19,20
 - категорії А 20
 - категорії В 20
 - класифікація видів 21
 - комбінована 20
 - розширена 20
- Нормоконтролер 80
- Око-діаграма 65, 68
- Оптичні мережі 56
- Поправка 9
- Похибка вимірювань 7
 - абсолютна 7
 - адитивна 8
 - відносна 7
 - випадкова 9
 - додаткова 8
 - зведена 7

- мультиплікативна 8
- систематична 39
- Рефлектомер 60
- Рефлектограма 61
- Розподіл імовірностей 10
- Сертифікат
 - відповідності 102
- Сертифікація 102
 - добровільна 122
 - мета 103
 - систем якості 120
- Система
 - автоматичного контролю 52
 - вимірювальна 52
 - інформаційно-вимірювальна 30
 - конструкторської документації 90
 - розпізнавання образів 53
 - сертифікації 102, 122
 - спектрального ущільнення 62
 - телевимірювальна 53
 - технічної діагностики 52
 - технологічної документації 91
- Системи стандартів 89
- Стандарт 71, 75
 - серії ISO 9000 95
- Стандартизація 71
 - види 73
 - мета 76
 - методи 84
 - комплексна 87
 - міжнародна 94
 - принципи 81
- Технічні умови 74
- Технічний центр 128
- Фактор покриття 21
- Якість 71

Навчальне видання

Корсун Валерій Іванович
Белан Володимир Трохимович
Глухова Наталія Вікторівна

**МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ,
АКРЕДИТАЦІЯ**

Навчальний посібник

Редактор Л.О. Чуїщева

Підписано до друку 04.11.2011. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 8,2.
Обл.-вид. арк. 8,2. Тираж 100 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.