



Метрологія та стандартизація

Опорний конспект лекцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

Опорний конспект лекцій з навчальної дисципліни
“ Метрологія та стандартизація ”
для студентів спеціальностей
«Телекомунікації і радіотехніка»,
«Метрологія, інформаційно-вимірвальна техніка»

Чернівці
ЧНУ ім. Юрія Федьковича 2022

УДК 006.91:378(075)

ББК 31.22я73

К66

*Рекомендовано Вченою Радою Інституту фізико-
технічних та комп'ютерних наук*

Чернівецького національного університету імені Юрія

Федьковича

(Протокол No 1 від 31.09.2022)

Укладач:

Стринадко Мирослав Танасійович, канд. фіз.-мат. наук, доц.

К66 Стринадко М.Т. Конспект лекцій з навчальної дисципліни
“Метрологія та стандартизація”. Чернівці : Чернівецький
національний. Університет імені Юрія Федьковича, 2022. – 275 с.

Опорний конспект лекцій з навчальної дисципліни “Метрологія та
стандартизація” для студентів всіх форм навчання спеціальностей
«Метрологія, інформаційно-вимірвальна техніка», «Телекомунікації
і радіотехніка».

УДК 006.91:378(075)

© Чернівецький національний
університет

імені Юрія Федьковича, 2022

Зміст

Вступ	8
Змістовий модуль 1. Основи метрології.....	10
Тема 1. Метрологія – наука про вимірювання	10
<i>Лекція 1.</i> Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».	
Основні терміни в галузі метрологічної діяльності.	10
1.1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»	10
1.2 Основні терміни в галузі метрологічної діяльності	11
Тема 2. Фізичні величини та вимірювання.	18
<i>Лекція 2.</i> Фізична величина та види величин. Одиниці фізичних величин.	
Система одиниць. Еталони одиниць фізичних величин. Систематизація	
фізичних величин	18
2.1 Фізична величина та види величин	18
2.2 Одиниці фізичних величин. Система одиниць	22
2.3 Еталони одиниць фізичних величин	27
2.4 Систематизація фізичних величин.....	30
<i>Лекція 3.</i> Вимірювання як процес отримання кількісної інформації про	
вимірювальну величину. Загальна класифікація вимірювань. Принцип і	
методи вимірювань. Значущість вимірювань.	32
3.1 Вимірювання як процес отримання кількісної інформації про	
вимірювальну величину.....	32
3.2 Загальна класифікація вимірювань.	35
3.3. Принцип і методи вимірювань	41
3.4. Значущість вимірювань	47
Тема 3. Міри фізичних величин.	49
<i>Лекція 4.</i> Загальні положення. Міри електрорушійної сили постійного	
струму. Міри електричного опору. Міри індуктивності та взаємної	
індуктивності. Міри ємності.	49
4.1 Загальні положення.	49
4.2 Міри електрорушійної сили постійного струму.	51
4.3 Міри електричного опору.....	52
4.4 Міри індуктивності та взаємної індуктивності.....	54
4.5 Міри ємності.....	55
Тема 4. Похибки вимірювань.	58
<i>Лекція 5.</i> Загальні положення. Фактори, які впливають на процес	
формування похибок вимірювання. Абсолютна та відносна похибка.	
Систематична та випадкова похибки. Виявлення та виключення	

систематичних похибок. Опрацювання результатів вимірювання	58
5.1 Загальні положення	58
5.2. Фактори, які впливають на процес формування похибок вимірювання.	59
5.3 Класифікація похибок вимірювань	60
5.4 Абсолютна та відносна похибка	64
5.5 Систематична та випадкова похибки	65
5.6 Виявлення та виключення систематичних похибок	66
5.7. Опрацювання результатів вимірювання.....	69
Тема 5. Засоби вимірювальної техніки.	72
Лекція 6. Засіб вимірювальної техніки, види та класифікаційні ознаки. Засоби вимірювання. Характеристики засобів вимірювальної техніки. Класифікація засобів вимірювань за метрологічними характеристиками. Класифікація похибок засобів вимірювань та їх нормування.	72
6.1 Засіб вимірювальної техніки, види та класифікаційні ознаки	72
6.2. Засоби вимірювання.....	73
6.3. Характеристики засобів вимірювальної техніки	76
6.4. Класифікація засобів вимірювань за метрологічними характеристиками.....	79
6.5. Класифікація похибок засобів вимірювань та їх нормування	80
Тема 6. Метрологічна перевірка засобів вимірювальної техніки.	88
Лекція 7. Мета і види метрологічної перевірки засобів вимірювальної техніки. Методи метрологічної перевірки засобів вимірювальної техніки. Метрологічна перевірка приладів прямого перетворення.	88
7.1 Мета і види метрологічної перевірки засобів вимірювальної техніки	88
7.2 Методи метрологічної перевірки засобів вимірювальної техніки	90
7.3. Метрологічна перевірка приладів прямого перетворення	94
Тема 7. Вимірювальні прилади	102
Лекція 8. Відтворення фізичної величини. Міри. Основні характеристики вимірювальних приладів. Структурні схеми вимірювальних приладів та систем. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади.	102
8.1. Відтворення фізичної величини. Міри.	102
8.2. Основні характеристики вимірювальних приладів.	106
8.3. Структурні схеми вимірювальних приладів та систем	112
8.4. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади	116
Тема 8. Методика вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж	121
Лекція 9. Методи та засоби вимірювань у галузі телекомунікаційного	

зв'язку. Загальна характеристика засобів вимірювань у галузі телекомунікацій. Призначення методики вимірювань. Нормативні посилання. Позначення та скорочення. Терміни та визначення понять. Сфера застосування. Об'єкти вимірювань. Мета вимірювань. Методи вимірювань. Загальні положення. Схема під'єднання. Метод зворотного розсіювання. Методи та засоби вимірювань параметрів передачі систем WDM. Застосування око-діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів	121
9.1. Методи та засоби вимірювань у галузі телекомунікацій та зв'язку	121
9.1.1. Загальна характеристика засобів вимірювань у галузі телекомунікацій.....	121
9.1.2. Призначення методики вимірювань	123
9.1.3. Нормативні посилання.....	123
9.1.4. Позначення та скорочення.....	124
9.1.5. Терміни та визначення понять	126
9.1.6. Сфера застосування.....	126
9.1.7. Об'єкти вимірювань.....	126
9.1.8. Мета вимірювань.....	128
9.2. Методи вимірювань	128
9.2.1. Загальні положення.....	128
9.2.2. Схема під'єднання.....	129
9.2.3. Метод зворотного розсіювання.....	130
9.2.4. Методи та засоби вимірювань параметрів передачі систем WDM.....	137
9.2.5. Застосування око-діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів	142
Лекція 10. Проведення вимірювань. Обробка та аналіз результатів вимірювань. Похибки вимірювань. Вимоги та умови вимірювань.	151
10.1. Проведення вимірювань	151
10.1.1. Підготовка до вимірювань.....	151
10.1.2. Програма вимірювань	152
10.1.3. Вимірювання параметрів на телекомунікаційних мережах рухомого (мобільного) зв'язку стандартів GSM/UMTS, CDMA та LTE.....	157
10.1.4. Вимірювання параметрів на мережі передавання даних із використанням ЗВТ типу АСТС	157
10.2. Обробка та аналіз результатів вимірювань	158
10.2.1. Перевірка форматів номерів «А»	161
10.2.2. Перевірка форматів номерів «А» при взаємодії систем сигналізації CAS та ISUP СКС-7.....	163
10.2.3. Особливості обробки та аналізу даних вимірювань, що зафіксовані АСТС на телекомунікаційних мережах при наданні послуг фіксованого міжнародного телефонного зв'язку.....	165
10.2.4. Особливості обробки та аналізу даних вимірювань у точках взаємоз'єднання.....	165
10.2.5. Обробка та аналіз даних вимірювань, що були зафіксовані станційними засобами.....	167

10.2.6. Обробка та аналіз даних вимірювання, що були зафіксовані АСТС на мережі передавання даних.....	169
10.2.7. Обробка та аналіз результатів вимірювання, яке виконувалось з використанням тестового міжнародного трафіку голосової телефонії.....	170
10.3. Похибки вимірювань.....	170
10.3.1. Визначення похибок вимірювання часових характеристик.....	170
10.4. Вимоги та умови вимірювань.....	171
10.4.1. Вимоги до ЗВТ та допоміжних пристроїв.....	171
10.4.2. Умови проведення вимірювань.....	171
10.4.3. Вимоги до техніки безпеки.....	172
10.4.4. Вимоги до кваліфікації персоналу.....	172
Лекція 11. Оформлення результатів вимірювань. Права та обов'язки уповноважених НКРЗІ посадових осіб при виконанні вимірювань. Обов'язки та права операторів, провайдерів телекомунікацій при проведенні вимірювань параметрів. Конфіденційність інформації. Вимірювання операторами параметрів власних телекомунікацій. Огляд літератури з питання методик вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж.....	173
11.1. Оформлення результатів вимірювань.....	173
11.2. Права та обов'язки уповноважених НКРЗІ посадових осіб при виконанні вимірювань.....	174
11.3. Обов'язки та права операторів, провайдерів телекомунікацій при проведенні вимірювань параметрів.....	175
11.4. Конфіденційність інформації.....	178
11.5. Вимірювання операторами параметрів власних телекомунікацій.....	179
11.6. Огляд літератури з питання методик вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж.....	187
ТЕМА 9. Основи стандартизації.....	191
Лекція 12. Загальні положення. Державні органи стандартизації в Україні. Види стандартів. Мета та завдання стандартизації. Державний контроль та нагляд за дотриманням вимог держаних стандартів. Нормалізаційний контроль технічної документації. Принципи стандартизації. Методи стандартизації.....	191
12.1. Загальні положення. Державні органи стандартизації в Україні.....	191
12.2. Види стандартів.....	195
12.3. Мета та завдання стандартизації.....	197
12.4. Державний контроль та нагляд за дотриманням вимог держаних стандартів.....	200
12.5. Нормалізаційний контроль технічної документації.....	204
12.6. Принципи стандартизації.....	206
12.7. Методи стандартизації.....	210
Лекція 13. Комплексна стандартизація. Випереджаюча стандартизація. Міжгалузеві системи (комплекси) стандартів. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД). Єдина система технологічної	

документації (ЄСТД). Інші комплекси стандартів. Економічна ефективність стандартизації. Міжнародна система стандартизації. Стандартизація у галузі інформаційних технологій та телекомунікацій.	215
13.1. Комплексна стандартизація.....	215
13.2. Випереджаюча стандартизація.....	216
13.3. Міжгалузеві системи (комплекси) стандартів	218
13.4. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД).....	219
13.5. Єдина система технологічної документації (ЄСТД)	221
13.6. Інші комплекси стандартів	222
13.7. Економічна ефективність стандартизації	225
13.8. Міжнародна система стандартизації.....	226
13.9. Стандартизація у галузі інформаційних технологій та телекомунікацій.....	229
ТЕМА 10. Сертифікація та акредитація.	235
Лекція 14. Основні поняття, мета та об'єкти сертифікації». Роль сертифікації у підвищенні якості продукції. Якість та конкурентоспроможність продукції. Основні поняття та визначення у галузі якості продукції. Взаємозв'язок кількості та якості продукції. Ефект від підвищення якості продукції. Контроль та оцінка якості продукції. Кількісна оцінка якості продукції (кваліметрія)	235
14.1. Основні поняття, мета та об'єкти сертифікації.....	235
14.2. Роль сертифікації у підвищенні якості продукції.....	237
14.3. Якість та конкурентоспроможність продукції.....	238
14.4. Основні поняття та визначення у галузі якості продукції	242
14.5. Взаємозв'язок кількості та якості продукції	244
14.6. Контроль та оцінка якості продукції	244
14.7. Кількісна оцінка якості продукції (кваліметрія).....	248
Лекція 15. Методи визначення показників якості продукції. Керування якістю продукції. Сертифікація систем якості. Аудит системи якості. Системи сертифікації. Правила та послідовність проведення сертифікації. Акредитація органів із сертифікації та випробувальних (вимірювальних) лабораторій.	252
15.1. Методи визначення показників якості продукції	252
15.2. Керування якістю продукції	254
15.3. Сертифікація систем якості	260
15.4. Аудит системи якості.....	262
15.5. Системи сертифікації.....	263
15.6. Правила та послідовність проведення сертифікації.....	266
15.7. Акредитація органів із сертифікації та випробувальних (вимірювальних) лабораторій	268
Контрольні питання	271
Список літератури	273

Вступ

Дисципліна “ Метрологія та стандартизація ” належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки.

В умовах жорсткої конкуренції на ринку актуальною вимогою стала висока якість товарів та послуг. Загальноєвропейський економічний простір відкриває нові можливості та перспективи для розвитку усіх галузей промисловості, але при цьому потребує нових інструментів та стратегій розвитку метрологічної системи держави.

Сучасні зміни в підходах до забезпечення якості продукції в значній мірі підвищують вимоги до організації метрологічної діяльності на підприємстві. Впровадження ефективних науково-методичних і організаційно-технічних заходів адаптації метрологічної діяльності стосовно сучасних вимог управління якістю повинні сприяти підвищенню якості процесів вимірювань у промисловості.

Для забезпечення необхідної якості вимірювальних процесів здійснюється їх метрологічне забезпечення (МЗ). Формування нових підходів до організації виробництва, широкомасштабне впровадження систем управління якістю (СУЯ) значною мірою підвищують вимоги до забезпечення метрологічної діяльності на виробництві. Це зумовлює пошук шляхів підвищення якості та ефективності процесів вимірювань на етапі виготовлення продукції та інтегрування їх в процеси забезпечення якості продукції.

Метрологічне забезпечення будь-яких вимірювань передбачає встановлення і застосування наукових та організаційних норм і правил, а також розроблення, виготовлення і застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань.

На даний момент серед вітчизняних підприємств спостерігається тенденція щодо впровадження в практику міжнародних і європейських стандартів засобів сертифікації і випробувань, сучасного вимірювального обладнання, передових методів менеджменту якості тощо.

Курс «Метрологія та стандартизація» є важливим для вивчення, тому що це один з курсів який допомагає студентам у вивченні профілюючих дисциплін та дає огляд майбутньої

професійної діяльності.

Метою курсу «Метрологія та стандартизація» є надання студентам теоретичних і методичних знань та практичних навичок щодо застосування загальних принципів і основних підходів до забезпечення єдності вимірювань на рівні підприємства шляхом створення системи управління вимірюваннями та метрологічним забезпеченням згідно з вимогами міжнародних, загальноєвропейських і національних стандартів.

У курсі «Метрологія та стандартизація» 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 вимірювальної техніки.

Тому в рамках даного курсу містяться теми, 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 вимірювальні прилади та інформаційно-вимірювальні системи, сучасні методи та засоби вимірювань, які є специфічними для сфери телекомунікацій та зв'язку.

У третьому розділі даного курсу 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.

Змістовий модуль 1. Основи метрології

Тема 1. Метрологія – наука про вимірювання

Лекція 1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Основні терміни в галузі метрологічної діяльності.

1.1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»

Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» регулюються документи про метрологію та метрологічну діяльність, відносини у сфері метрології та метрологічної діяльності.

Метрологія відрізняється від інших природничих наук тим, що її фундаментальні положення приймаються за угодами, а не диктуються об'єктивними закономірностями. Це підкреслює наявність так званої *законодавчої метрології* – частини метрології, що містить положення, правила, вимоги та норми, які регулюються і контролюються державою для забезпечення єдності вимірювань.

Метрологія є *теоретичною основою* вимірювальної техніки, одного з основних факторів технічного прогресу в усіх галузях діяльності людини.

Організаційною основою метрології є метрологічна служба України.

Нормативною основою метрології є державні стандарти, відповідні нормативні документи Держстандарту України, методичні вказівки та рекомендації.

1.2 Основні терміни в галузі метрологічної діяльності

Метрологія, як наука зародилась задовго до нашої ери, а саме термін «метрологія» утворений із двох грецьких слів «метра» – міра і «логос» – вчення. Тому то у дослівному перекладі

«метрологія» – це вчення про міри. У сучасному розумінні «метрологія» – це наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. На практиці застосовується також скорочене означення: «метрологія» – це наука про вимірювання. Основними термінами, якими оперує метрологія є фізична величина, одиниця фізичної величини, передавання розмірів фізичної величини, засоби вимірювальної техніки, метод вимірювання, методика вимірювання, результат вимірювання, похибка вимірювання, метрологічне забезпечення вимірювань, метрологічна служба, метрологічна повірка та атестація засобів вимірювальної техніки. Важливими суб'єктами метрології, як науки, є предмет її вивчення, а також методи і засоби метрології.

Предмет метрології – це отримання кількісної та якісної інформації про властивості фізичних об'єктів і процесів, встановлення та застосування наукових організаційних основ, розроблення технічних засобів, правил і норм, необхідних для досягнення єдності й необхідної точності вимірювань.

Методи метрології – це сукупність фізичних і математичних методів, які використовуються для отримання вимірювальної інформації. До методів метрології належать: планування та організація вимірювального експерименту, методи і методики вимірювань, методи відтворення, зберігання та передавання одиниць фізичних величин, методи вимірювальних перетворень сигналів, опрацювання результатів вимірювань.

Засоби метрології – це сукупність засобів вимірювальної техніки, які застосовуються для підготовки та здійснення експерименту, а також системи організації метрологічного контролю і нагляду за засобами вимірювальної техніки. До

засобів метрології належать: - еталони одиниць фізичних величин; - стандартні зразки складу і властивостей речовин та матеріалів; - робочі засоби вимірювальної техніки; - система метрологічного контролю і нагляду за засобами вимірювальної техніки під час їх виробництва, застосування та ремонту. Як наука про вимірювання, метрологія є частиною технічної фізики, мета якої – це вирішення науково-теоретичної проблеми вимірювальної техніки.

Розвиваючись швидкими темпами, метрологія ділиться на ряд самостійних розділів: теорія вимірювань; теорія похибок; інформаційна теорія вимірювань; теорія інформаційно-вимірювальних систем; статистичні вимірювання; вимірювання електричних величин; вимірювання магнітних величин; вимірювання неелектричних величин. Вимірювальна техніка є одним із головних факторів технічного прогресу, і її рівень значною мірою визначає загальний рівень розвитку науки і техніки. Особлива роль належить електровимірювальній техніці, яка дозволяє використовувати новітні досягнення електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки і автоматики для вирішення складних науково-технічних завдань. Методи вимірювання електричних величин застосовуються також для вимірювання неелектричних і магнітних величин. Засоби вимірювання електричних та неелектричних величин застосовуються не тільки для отримання вимірювальної інформації, але і для здійснення контролю за станом параметрів різноманітних матеріальних об'єктів. Однією з найважливіших характеристик вимірювань є точність, яка характеризує міру відповідності наукового знання про досліджувані об'єкти теорії, сформульованого з використанням кількісних відношень, що отримані в процесі вимірювального експерименту. Тому точність на кожному етапі розвитку науки і техніки є кінцевою. Прагнучи до пізнання світу та підвищення продуктивності праці, людина в процесі накопичення знань та досвіду розробляє методи пізнання – найбільш ефективні засоби одержання нових знань. Вимірювальна інформація – одна із складових частин пізнання людиною матеріального світу за допомогою експериментальних методів пізнання. Експериментальна

інформація безперервно вдосконалюється у процесі покращення вимірювального експерименту. При цьому відбуваються постійне уточнення вимірювальної інформації, вивільнення її від супутніх похибок і наближення до абсолютної істини. В результаті аналізування отриманої вимірювальної інформації людина пізнає навколишнє середовище.

До *методів експериментальної інформатики* відносять: сприйняття, порівняння, відтворення, спостереження, контроль, вимірювання, розпізнавання образів, діагностику, ідентифікацію, випробування та експериментальні дослідження.

Сприйняття – це відображення найпростіших характеристик довколишнього середовища органами почуття людини або спеціальними технічними засобами (сенсорами, індикаторами) – сигналами, зручними для подальшого використання.

Порівняння – це відображення подібності чи відмінності об'єктів логічним висновком. Відомо, що більшість матеріальних об'єктів виявляють себе одночасно у двох відношеннях, а саме еквівалентності і порядку. Відповідно, і порівняння об'єктів здійснюється за еквівалентністю та за інтенсивністю, тобто за розміром.

Відтворення у метрології – це створення матеріальних об'єктів, що характеризуються фізичною величиною наперед заданого значення за допомогою спеціального технічного засобу, який називають *мірою*.

Спостереження – це відображення властивості, залежності, стану або ситуації словесним чи графічним описом. Спостереження є таким методом пізнання, який здійснюється за допомогою як органів почуття людини, так і спеціальних технічних засобів. Спостереження – це складова частина всіх експериментальних методів пізнання. Як метод пізнання спостереження має задовольняти таким основним вимогам: планомірність, цілеспрямованість й систематичність.

Вимірювання – це відображення вимірюваних величин їхніми значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимірювання є комплексною інформаційною процедурою, що ґрунтується на використанні щонайменше двох методів пізнання: відтворення і порівняння.

Контроль – це відображення відповідності між станом об'єкта і заданою нормою відповідним висновком (придатний чи непридатний). В техніці переважає контроль фізичних величин та параметрів процесів. Контроль параметрів – це відображення співвідношення між контрольованим параметром та нормою.

Ідентифікація – це відображення залежності між величинами, що характеризують матеріальний об'єкт, математичною або логічною моделлю. Ідентифікацію розпочинають із визначення типу моделі об'єкта, що відображає залежність між його параметрами, після чого визначають основні параметри моделі, ступінь, точність і вірогідність оцінки.

Діагностика – це відображення загального стану об'єкта та причин цього стану діагнозом із зазначенням особливостей стану і локалізацією відхилень від норм.

Розпізнавання об'єктів – це відображення даного об'єкта за сукупністю його властивостей одним із класів множини цих об'єктів. Розпізнавання об'єктів проводиться шляхом сприйняття їхніх характеристик, порівняння й аналізу на основі попередньої класифікації даної множини об'єктів.

Випробування – це відображення стану досліджуваного об'єкта під час дії на нього сукупності регламентованих факторів сертифікатом.

Експериментальні дослідження – це відображення складного матеріального об'єкта або ситуації, що характеризується сукупністю взаємопов'язаних величин, системою відповідних моделей. Важливе місце серед експериментальних методів пізнання займають вимірювання,

за допомогою яких отримують необхідну кількісну та якісну інформацію. Наявність вимірювальної інформації про об'єкт дослідження дає можливість більш ефективно використовувати усі інші експериментальні методи пізнання – від спостереження до експериментального дослідження.

Існують три основні складові метрології, як науки: *науково-теоретична метрологія, законодавча метрологія та прикладна метрологія*. В таблиці 1.1 наведені завдання та зміст основних складових метрології. Функції всіх трьох розділів науково-теоретичної, законодавчої та прикладної метрології взаємопов'язані й скеровані на вирішення актуальних проблем забезпечення єдності та потрібної точності вимірювань. Існує тісний взаємний взаємозв'язок метрології та стандартизації.

Таблиця 1. Завдання та зміст основних складових метрології.

Складова метрології	Завдання та зміст основних складових метрології
Науково-теоретична метрологія	- розробка та удосконалення теоретичних основ метрології; - розробка нових принципів та методів вимірювань, проведення фізичних досліджень з метою використання найновіших досягнень науки для створення нових методів вимірювань та засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), підвищення точності вимірювань; - створення та удосконалення наукових основ єдності мір та вимірювань, створення наукових основ державних випробувань вимірювальних засобів, розробка та удосконалення нормативної документації в галузі вимірювальної техніки; - створення та удосконалення наукових основ державної служби стандартних довідкових даних та стандартних зразків, розробка і удосконалення системи збору, апробації, зберігання та поширення стандартних довідкових даних.
Законодавча метрологія	- узаконення (стандартизація) термінів та їх означень, систем та сукупності одиниць, системи еталонів, мір фізичних величин та ЗВТ; - узаконення класів точності ЗВТ та методик оцінювання їх точності, а також стандартних довідкових даних,

	методик перевірки та контролю ЗВТ, методик оцінювання відповідності та контролю якості продукції.
Прикладна метрологія	- організація державної служби єдності мір та вимірювань, організація та здійснення періодичної повірки ЗВТ, які знаходяться в експлуатації, а також здійснення державних випробувань нових ЗВТ, контроль за станом виміррювального господарства підприємств; - організація та налагодження роботи служби контролю за дотриманням стандартів та технічних умов під час виробництва, випробувань, контролю якості та оцінювання відповідності продукції; - організація державної служби стандартних довідкових даних та стандартних зразків, видання офіційних довідників зі значеннями констант та властивостей речовин і матеріалів, виготовлення та випуск стандартних зразків та організація служби

Стандартизація – це діяльність, яка направлена на розробку та встановлення вимог, правил, норм чи характеристик.

Мета стандартизації – це досягнення оптимального ступеня впорядкування в будь-якій галузі, результат при цьому – підвищення оптимального ступеня відповідності об’єктів стандартизації їх функціональному призначенню. Стандарти містять вимоги до матеріалів, виробів, технічної та технологічної документації, методів вимірювань та досліджень. Взаємозв’язок метрології та стандартизації характеризується тим, що вимірювання, з одного боку, регламентуються різними нормативними документами на засоби виміррювальної техніки та методиками, а, з іншого боку, дотримання вимог нормативних документів забезпечуються методами і засобами виміррювальної техніки, контроль за їх виконанням. Тому то, метрологія і стандартизація в Україні об’єднані в єдину державну службу під керівництвом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади. Отже, метрологія є науковою основою сучасної виміррювальної техніки, при цьому

функції прикладної і законодавчої метрології підпорядковані положенням теоретичної метрології. В свою чергу, положення теоретичної метрології практично перевіряють та реалізують функції прикладної та законодавчої метрології.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.

1. Що таке метрологія та предмет метрології?
2. Що таке методи метрології та засоби метрології?
3. Які є основні складові метрології?

Тема 2. Фізичні величини та вимірювання.

Лекція 2. Фізична величина та види величин. Одиниці фізичних величин. Система одиниць. Еталони одиниць фізичних величин. Систематизація фізичних величин.

2.1 Фізична величина та види величин.

Вимірювання є предметом вивчення метрології.

Метрологія, як наука, ґрунтується на системі понять. Поняття – це одиниця думки. Поняття науки – це основа її мови. Вихідним поняттям метрології є поняттям про фізичну величину.

Згідно з ДСТУ 2681 – 94 **фізична величина** – це якісна властивість об'єкта, що має певний кількісний вміст. Прикладами фізичних величин є маса, довжина, сила електричного струму, електричний опір, ємність, індукція та напруженість магнітного поля, потужність і енергія, частота та період. **Фізична величина** – це властивість явища чи тіла, яка може бути розрізнена якісно і визначена кількісно. Якщо фізична величина змінюється в часі, то говорять про **фізичний процес**. Наприклад, зміна напруги на затискачах обмотки трансформатора. Якщо фізична величина змінюється лише у просторі, то говорять про стаціонарне фізичне поле. Наприклад, напруженість магнітного поля у різних місцях земної кулі. Якщо фізична величина змінюється як у часі, так і в просторі, то говорять про фізичне поле. Прикладом може бути температурне поле в приміщенні, де температура в різних місцях у певний момент часу різна і змінюється упродовж доби.

Рід фізичної величини – це якісна означеність фізичної величини. Розрізняють однорідні та різнорідні фізичні величини. Наприклад, діаметр і висота циліндра – це однорідні величини – величини довжини. Однак маса і об'єм стрижня – це різнорідні величини. Для забезпечення можливості однозначної інтерпретації виразів математики, які описують будь-які взаємозалежності між фізичними величинами під час

їх вимірювань, рекомендується застосовувати однакові позначення фізичних величин у різних галузях науки, техніки та у підручниках.

Для позначення фізичних величин використовуються літери латинського та грецького алфавітів.

Рекомендовані позначення фізичних величин наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані позначення фізичних величин.

Назва величини	Позначення	Назва величини	Позначення
Витрата масова	Qm, Q	Маса	m
Витрата об'ємна	QV, Q	Модуль пружності (модуль Юнга)	G
В'язкість динамічна	μ, η	Момент інерції	J
Густина	ρ, δ	Момент магнітний	m
Густина електричного струму	J, j, δ	Момент сили	M
Довжина	l	Намагніченість	J, M
Довжина хвилі	λ	Напруженість магнітного поля	H
Енергія	W, E	Напруга електрична	U
Ємність електрична	C	Напруженість електричного	E

		поля	
Заряд електричний	Q, q	Об'єм	V
Індуктивність	L	Опір електричний	R
Індуктивність взаємна	M	Опір електричний питомий	ρ
Індукція магнітна	B	Освітленість	E
Інтенсивність звуку	J	Потік світловий	Φ
Кількість речовини	ν	Потік тепловий	Φ
Коефіцієнт температуропровідності	a	Потокозчеплення	ψ
Коефіцієнт теплопровідності	λ	Потужність	P
Концентрація	n	Потенціал	U, θ
Кут	θ, α	Провідність електрична	G
Момент електричний	pe	Період	T
Потік випромінювання	F, Φ, P	Стала газова	R
Потік магнітний	Φ	Стала електрична	$\varepsilon\theta$
Прискорення вільного падіння	g	Стала магнітна	$\mu\theta$
Прискорення кутове	ε	Стала часу	η
Провідність	ρ, γ	Температура термодинаміч	T

електрична питома		на	
Проникність діелектрична	ϵ	Температура	Θ, t
Проникність магнітна	μ	Теплоємність	c
Робота	A, W, L	Тиск	p, P
Різниця потенціалів (напруга)	U	Фаза	θ
Сила струму	I	Час	t
Сила	F, f	Частота	f, ν
Сила електрорушійна	E	Частота кутова	ω
Сила світла	J	Швидкість	V, v
Стала Больцмана	k	Яскравість	B

Кількісною характеристикою фізичної величини є розмір вимірювальної величини. Електричні струми, що протікають в біологічних тканинах живих організмів, при заряді акумулятора і розряді блискавки, відображають одну і ту саму фізичну властивість, але кількісно відрізняються. Тобто **розмір величини** відображає об'єктивну кількість певної властивості, яка притаманна конкретному об'єкту незалежно від того, вимірюється ця величина чи ні.

Під час вимірювань знаходять експериментальну наближену оцінку розміру – значення величини. **Значення вимірюваної величини X** – це експериментальна оцінка її розміру x у вигляді деякої кількості Nx значень однорідної з нею величини q , яка має назву **одиниця вимірювання**, яка дорівнює

$$x = N_{xq} \cdot q$$

де N_{xq} – неіменоване число, яке має назву **числове значення вимірюваної величини**.

Наприклад, напруга акумулятора дорівнює 12 вольт, тобто число 12 є числовим значенням напруги при прийнятому розмірі одиниці напруги – Вольт. Отже, *значення величини* містить як *числове значення*, так й *одиницю вимірювання*, тобто є вже іменованим числом.

2.2 Одиниці фізичних величин. Система одиниць

Одиниця фізичної величини згідно з ДСТУ 2681 – 94 – це певний розмір величини, прийнятий за угодою Генеральної конференції з мір та ваги для кількісного відображення однорідних з нею величин.

Суть вимірювання полягає у порівнянні розміру вимірюваної величини з деяким її значенням, прийнятим за одиницю. Якщо розмір величини збігається, то згідно з виразом (2.1) числове значення дорівнює одиниці, тобто

$$N_{xq} = \frac{x}{q} = 1$$

Отже, за означенням *одиниця фізичної величини* – це такий розмір величини, за якого числовому значенню величини присвоєно значення 1 (один).

Оскільки розмір величини існує об'єктивно, то *числове значення величини залежить від розміру одиниці*.

Приклад. Довжина стрижня дорівнює 12 дюймів (числове значення 12) або 294 міліметра (числове значення 294), так як *12 дюймів \times 24,5 міліметра / дюйм = 294 міліметра*, тобто числове значення дорівнює 294.

Висновок, саме числове значення величини без зазначення одиниці не дає однозначного відображення розміру величини. Під час вимірювань величину можна порівнювати не тільки з розміром одиниці, але також з іншим розміром, однозначно пов'язаним з розміром одиниці.

Приклад. Довжина стержня 0,68 метра (числове значення 0,68) дорівнює *68 сантиметрам* (числове значення 68) або *680 міліметрам* (числове значення 680).

Тривалий час одиниці різних фізичних величин встановлювалися незалежно одні від одних. Це обмежувало взаємні стосунки між спільнотами. Щоб уникнути неоднозначності та враховуючи те, що в природі фізичні величини пов'язані між собою, в XIX столітті почали створювати системи одиниць. Спочатку ці системи одиниць розроблялися для певних класів фізичних величин.

У країнах світу загальноприйнята Міжнародна система одиниць фізичних величин (*Systeme Internationale d'unités, SI*), яка була прийнята XI Генеральною конференцією з мір та ваги (ГКМВ) (*Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM, ГКМВ*) в 1960 році і уточнювалася на XII-XX ГКМВ.

Система величин – це сукупність величин, серед яких одні умовно вважаються незалежними, а інші на основі фізичних законів виражаються через них. Незалежні величини такої системи є основними, а всі інші – похідними величинами. Відповідно одиниці основних величин мають назву **основні одиниці**, а похідних величин - **похідними одиницями**.

Основною одиницею електрики і магнетизму є ампер, що дорівнює силі незмінного струму, який при проходженні по двох паралельних прямолінійних провідниках безмежної довжини і мізерно малого кругового перерізу, які розташовані на відстані 1 м один від іншого у вакуумі, викликав би на кожній ділянці провідника довжиною 1 м силу взаємодії, що дорівнює $2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$.

Сукупність основних і похідних одиниць становить систему одиниць. Міжнародна система одиниць має такі переваги: невелика кількість основних одиниць (7 та 2 додаткові), основні одиниці порівняно легко відтворюються з високою точністю, основні одиниці мають такі розміри, що числові значення більшості величин виражаються не надто малими і не надто великими числами, похідні одиниці є

когерентними – такими, що входять в рівняння, що пов’язують їх з іншими одиницями, з коефіцієнтом, що дорівнює одиниці.

Для позначення одиниць використовуються скорочення від назв величин, причому якщо назва величини походить від прізвища, то перша буква у позначенні повинна бути великою, наприклад, ампер - *A*, вольт - *B*, ват - *W*, ом - *Om*. У позначеннях одиниць, для яких назва величини не походить від прізвища, перша буква є малою, наприклад, метр - *м*, секунда - *с*, кілограм - *кг*, крапка в кінці позначення одиниці не ставиться. Одиниця, що у цілу кількість разів більша за системну одиницю, має назву *кратна одиниця*. Наприклад, 1 кілоом = 1000 *Om*, 1 мегават = 10⁶ *Ват*. Одиниця, що у цілу кількість разів менша за системну одиницю, має назву *часткова одиниця*. Наприклад, 1 сантиметр = 0,01 метра, 1 мілівольт = 0,001 вольта. Основні та додаткові одиниці системи наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Основні та додаткові одиниці системи одиниць

Назва величини та її розмірність	Одиниця		
	назва	позначення	
		українське	міжнародне
<i>Основні величини</i>			
Маса, М	кілограм	кг	kg
Час, Т	секунда	с	s
Довжина, L	метр	м	m
Сила електричного струму, <i>I</i>	ампер	A	A
Термодинамічна температура, θ	кельвін	К	К

Кількість речовини, N	моль	моль	mol
Сила світла, J	кандела	кд	cd
<i>Додаткові одиниці</i>			
Тілесний кут	стерадіан	ср	sr
Плоский кут	радіан	рад	rad

Назви та позначення деяких одиниць фізичних величин наведено в таблиці 2.3.

Одиниці системи позначаються літерами латинського, грецького (міжнародні позначення) або українського алфавітів, а також спеціальними символами біля літер.

Таблиця 2.3 - Назви та позначення одиниць фізичних величин

Фізична величина	Позначення		Фізична величина	Позначення	
	міжнародне	українське		міжнародне	українське
ампер	A	А	люкс	lx	лк
вебер	Wb	Вб	люмен	lm	лм
вольт	V	В	метр	m	м
генрі	H	Гн	ньютон	N	Н
герц	Hz	Гц	ом	Ω	Ом
джоуль	J	Дж	паскаль	Pa	Па
калорія	cal	кал	секунда	s	с
кандела	cd	кд	сіменс	S	См
кельвін	K	К	тесла	T	Тл

Наприклад, для позначення градуса Цельсія використовується символ та літера «°C». Назви одиниць величин записують з малої літери, незалежно, чи вони походять від прізвища, чи ні, наприклад: одиниця сили струму – ампер, одиниця довжини – метр, одиниця потужності – ват, одиниця абсолютної температури – кельвін. Якісною характеристикою вимірюваної величини є її **розмірність**. Розмірність позначають символом *dim*, який є похідним від слова *dimention*.

Розмірністю основної фізичної величини є умовний символ цієї фізичної величини у цій системі величин (див. таблицю 2.2). Розмірність основних фізичних величин позначають відповідними заголовними літерами. Наприклад, розмірність часу $dim t = T$, розмірність маси $dim m = M$, розмірність сили струму $dim I = I$.

Розмірність похідної фізичної величини - це вираз, що відображає її зв'язок з основними величинами певної системи величин і дорівнює добутку розмірностей основних величин, які піднесені до відповідного степеня *ni*

$$dim X = X = M^{n1} \cdot T^{n2} \cdot L^{n3} \cdot I^{n4} \cdot \theta^{n5} \cdot N^{n6} \cdot J^{n7} \quad (2.2)$$

Наприклад, розмірність швидкості *v* у системі величин L, M, T – $dim v = L \cdot T^{-1}$.

Для формул розмірностей похідних величин використовуються такі правила:

1. Якщо значення величини *C* дорівнює добутку значень величини *A* і *B* ($C=A \cdot B$), то розмірність величини *C* дорівнює добутку розмірностей *A* і *B*

$$C = A \cdot B \quad (2.3)$$

Якщо $A = M^{n1} \cdot L^{n2} \cdot T^{n3}$, $B = M^{m1} \cdot L^{m2} \cdot T^{m3}$ (2.4)

тоді розмірність $C = M^{n1+m1} \cdot L^{n2+m2} \cdot T^{n3+m3}$. (2.5)

2. Якщо значення величини *C* дорівнює відношенню значень величини *A* і

B ($C = A/B$), то розмірність величини C дорівнює відношенню розмірностей A і B

$$C = \frac{A}{B} = A \cdot B^{-1} \quad (2.6)$$

тоді розмірність $C = M^{n1-m1} \cdot L^{n2-m2} \cdot T^{n3} \cdot I^{-m3} \quad (2.7)$

3. Якщо значення величини C дорівнює степеню k значення величини A ($C=A^k$), то розмірність величини C дорівнює степеню k розмірності A

$$C = A^k \quad (2.8)$$

тоді розмірність $C = M^{k \cdot n1} \cdot L^{k \cdot n2} \cdot T^{k \cdot n3} \quad (2.9)$

2.3 Еталони одиниць фізичних величин

Однією із умов забезпечення єдності вимірювань є тотожність одиниць, в яких проградуйовані всі засоби вимірювальної техніки, що використовуються для вимірювання однієї і тієї самої фізичної величини. Це досягається точним відтворенням та зберіганням встановлених одиниць фізичних величин і передаванням їх розмірів відповідним засобам вимірювальної техніки. Відтворення та зберігання одиниць вимірювань для передачі їх розмірів засобом вимірювальної техніки, які застосовуються на території України, забезпечуються *державними еталонами*.

Еталон – це засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниць фізичної величини, а також передачу розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки.

В таблиці 2.4 наведена характеристика різних видів еталонів.

Складність різних еталонів і точність відтворюваних ними розмірів неоднакова. Вимірювання контрольованої величини передбачає прийняття за еталон одного певного значення цієї самої величини. Для того, щоб уникнути застосування занадто великої кількості еталонів, головними є

лише деякі з них, які мають назву основні (базисні), а решта - похідними.

Наприклад, у механіці базисними величинами є довжина, маса та час. Одиницями, що їх описують, є метр (m), грам (g), секунда (s). Відповідно в електромагнетизмі використовуються чотири базисні величини, три з яких механічні, а четверта - електрична, а саме, електричний струм з одиницею - ампер (A).

Таблиця 2.4 - Види еталонів

Вид еталона	Характеристика
Державний еталон	це офіційно затверджений еталон, що забезпечує відтворення одиниці фізичної величини та передачу її розміру іншим еталонам з найвищою в країні точністю.
Первинний еталон	це засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення (або) зберігання одиниці фізичної величини з найвищою у країні точністю.
Спеціальні еталони	це еталон для відтворення одиниць в особливих умовах, в яких пряму передачу розміру одиниці від первинного еталона з необхідною точністю технічно здійснити неможливо.
Вторинний еталон	це еталон, якому передається розмір одиниці фізичної величини від первинного або спеціального еталона. До таких еталонів належать еталони-копія, робочі еталони та еталони передавання.
Еталон-копія	це вторинний еталон, призначений для передачі розміру одиниці фізичної величини робочим еталонам, які використовуються для метрологічної перевірки зразкових та найточніших робочих засобів.
Робочий еталон	це вторинний еталон, призначений для передачі розміру одиниці фізичної величини зразковим засобам вимірювальної техніки, а в окремих

	випадках-робочим засобам вимірювальної техніки, та який використовується для метрологічної повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки.
Еталон передавання	це вторинний еталон, призначений для взаємного звірення еталонів, які за тих чи інших обставин не можуть бути звірені безпосередньо.
Одиничний еталон	це одна міра, один вимірювальний прилад або одна вимірювальна установка.
Національний еталон	це еталон певної країни.
Міжнародний еталон	це еталон, що використовується у певній групі країн. Згідно з ДСТУ 2681-94 такий еталон, який за міжнародною угодою призначений для узгодження розмірів одиниць, що відтворюються і зберігаються державними (національними) еталонами.

Розроблена та впроваджена міжнародна система одиниць, яка складається з семи базисних одиниць: метр, грам, секунда, ампер, кандела, кельвін та моль, а також двох допоміжних - стерадіан та радіан. Така система забезпечує цілісну метрологічну єдність всіх сучасних галузей науки й техніки та є такою, що визнана у більшості цивілізованих країн світу. Слід відзначити, що для забезпечення єдності вимірювань у міжнародному масштабі державні еталони окремих країн періодично звіряють між собою з міжнародними еталонами, які зберігаються в Міжнародному бюро мір і ваг у Парижі.

Порівняння вимірюваної величини з умовною прийнятою одиницею є справою, що потребує багато часу. В наш час дослідниками створюються штучні еталони - зразки, а також підбираються природні явища, які достатньо точно відтворюють прийняті одиниці. Від зразків вимагається

достатня стабільність конкретної величини, її відтворюваність, простота використання за допомогою методик та приладів.

Отже, основне завдання метрологічної служби держави - це пов'язування еталона й зразків усіх рангів у єдину систему, яка покликана забезпечувати метрологічну єдність виконання вимірювань з необхідною та заданою точністю.

2.4 Систематизація фізичних величин

Основною ознакою систематизації є належність величин до однієї з трьох основних сторін явища – *речової, енергетичної* та *інформаційної*.

Вимірювання величин *речової групи* необхідне для вивчення фізичних і фізико-хімічних властивостей матеріалів, речовин і їх складу для керування технологічними процесами виробництва.

Вимірювання величин *енергетичної групи* необхідне для вивчення та керування процесами перетворення, передавання і використання енергії.

Величини *інформаційної групи* відображають динамічні та статичні характеристики процесів. Вимірювання даних величин необхідне для якісного і ефективного керування.

За родом величини всі фізичні величини поділяють на *електричні, неелектричні* та *магнітні*. Число електричних та магнітних фізичних величин, що підлягають вимірюванню, не перевищує 100. Число неелектричних величин, які вимірюються і які необхідно вимірювати, з кожним роком зростає і перевищує 4000. Це свідчить про пріоритетний розвиток приладобудування, засобів технологічного контролю, засобів вимірювань і контролю навколишнього середовища, а також засобів контролю речовин, матеріалів і виробів.

За числом значень, за яких може бути вимірювана величина на скінченому проміжку часу, фізичні величини поділяються на *неперервні (аналогові)* й *дискретні*.

Аналогова фізична величина – це величина, яка на кінцевому часовому інтервалі в заданому діапазоні набуває нескінченної кількості значень.

Квантова фізична величина – це величина, що поділена на рівні за розміром частини – кванти.

За наявністю розмірності розрізняють *розмірні* та *безрозмірні* фізичні величини.

Розмірна фізична величина – це величина, в розмірності якої розмірність хоча б однієї з основних величин піднесена до степеня, що не дорівнює нулю.

Безрозмірна фізична величина, в розмірності якої всі степені розмірностей основних величин дорівнюють нулю.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.

1. Визначити розмірність електричного заряду.
2. Визначити розмірність напруженості електричного поля.
3. Визначити розмірність електричної напруги.

Лекція 3. Вимірювання як процес отримання кількісної інформації про вимірювальну величину. Загальна класифікація вимірювань. Принцип і методи вимірювань. Значущість вимірювань.

3.1 Вимірювання як процес отримання кількісної інформації про вимірювальну величину.

Вимірювання фізичних величин є одним з найважливіших експериментальних методів пізнання, що ґрунтується на принципі відображення, в якому чітко розрізняється предмет відображення – це фізична величина певного розміру, і результат відображення – це значення фізичної величини.

Вимірювання - це знаходження значення фізичної величини чи її параметра експериментально за допомогою спеціальних технічних засобів, що забезпечують порівняння величини з одиницею, а також, якщо необхідно, за допомогою виконання певних обчислювальних процедур. Суть вимірювання - це порівняння вимірюваної величини з деяким її значенням прийнятим за одиницю. Будь-яке вимірювання здійснюється за допомогою обов'язкового виконання фізичного експерименту, в якому взаємодіють об'єкт вимірювання і засоби вимірювальної техніки, що мають нормовані метрологічні властивості. Основні компоненти вимірювального процесу наведені на рисунку 3.1.

Об'єктами вимірювань можуть бути фізичні тіла та їх системи, речовини та їх стани, а також пов'язані з ними фізичні явища. Так, об'єктом вимірювання може бути електричний трансформатор, що має декілька обмоток на осерді (система фізичних тіл), а також електромагнітне поле, яке створюється струмами, що протікають по обмоткам, (пов'язане з системою тіл явище). Осердя трансформатора характеризується геометричними розмірами, масою, магнітною проникністю, механічними і тепловими властивостями. Кожна з обмоток

трансформатора має електричний опір, реактивний опір на певній частоті, опір ізоляції, об'єм, масу.

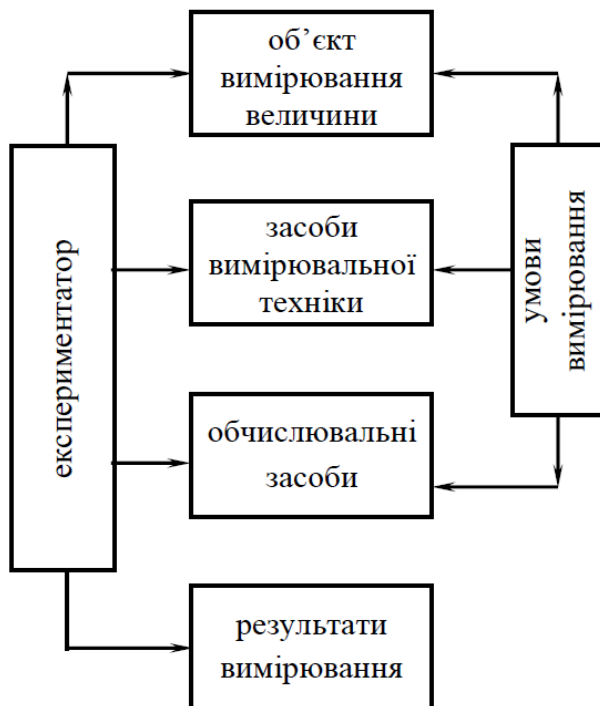


Рисунок 3.1. Основні компоненти вимірювального процесу.

Отже, кожен з об'єктів вимірювання має різноманітні властивості чи якості, які мають певний кількісний вміст і є *фізичною величиною*, яку можна вимірювати.

Основними операціями будь-якого вимірювання є відтворення розміру одиниці та порівняння з ним розміру вимірювальної величини. Розмір вимірювальної величини може істотно відрізнятись від розміру одиниці, тоді для можливості їх порівняння застосовують *масштабне перетворювання* вимірюваної величини чи одиниці. Можуть виникати технічні проблеми точного відтворення розміру одиниці певної фізичної величини, тоді перед операцією порівняння виконують перетворення фізичної величини в іншу

величину, для якої відтворення одиниці є простішим. Часто на практиці для отримання результату вимірювання необхідно здійснити *обчислення*. Отже, перелічені операції згідно ДСТУ 2681-94 можуть бути виконані окремими пристроями, а саме, **вимірювальними пристроями**, до яких належать *міри, вимірювальні перетворювачі, компаратори та обчислювальні компоненти*.

Пристрої, які реалізовані у формі комплексних пристроїв, мають назву **вимірювальні засоби**, до яких належать *вимірювальні прилади, вимірювальні системи, вимірювальні канали, вимірювальні системи та вимірювальні установки*. У засобах вимірювань реалізовані всі необхідні вимірювальні операції, тобто за їх допомогою безпосередньо отримують результат вимірювання. Вимірювальні пристрої та засоби вимірювань об'єднують у так звані **засоби вимірювальної техніки (ЗВТ)**, які обов'язково мають *нормовані метрологічні властивості*, а саме, діапазон вимірювань, клас точності, швидкодія, чутливість та умови застосування. Ці властивості (характеристики) вказують у нормативно-технічній документації на засіб. ЗВТ використовують в певних умовах, серед них напруга та частота живлення, температура довкілля, тиск та вологість, напруженість магнітного та електростатичного поля, інтенсивність електромагнітного поля, рівень радіації та механічних вібрацій, стрясань та ударів. Під час вимірювання необхідно контролювати і враховувати усі величини, так як вони не є вимірюваними, однак такі, що впливають на роботу ЗВТ, змінюючи їх характеристики та результати вимірювань. Існує суб'єкт вимірювання – це **експериментатор**, який може брати безпосередню участь у виконанні вимірювального експерименту. В інших випадках, наприклад, в системах автоматичного керування технологічними процедурами, вимірювальний процес здійснюється автоматично і експериментатор виконує функцію нагляду. Від експериментатора залежить якість виконаного вимірювального експерименту і його результатів. Якщо не вірно записані числові значення результатів чи одиниць, експериментатор може бути причиною появи **промахів**, тобто завідомо неправильних відхилень результатів від істинних

значень величин. Часто від вміння і досвіду експериментатора залежить успіх та якість виконання вимірювань.

3.2 Загальна класифікація вимірювань.

Фізичні величини та залежності між ними є найбільш поширеними характеристиками матеріальних об'єктів та процесів. Як було зазначено вище, вимірювання здійснюється за допомогою обов'язкового виконання фізичного експерименту, в якому взаємодіють об'єкт вимірювання і засоби вимірювальної техніки, а також здійснюються певні обчислювальні процедури над отриманими результатами. Вимірювання можна характеризувати з різних сторін, враховуючи їх різні класифікаційні ознаки, до яких належать: - відсутність чи наявність в процедурі вимірювання перетворення роду вимірюваної величини та обчислення її значення за відомими фізичними залежностями;

- вид рівняння вимірювання;
- призначення вимірювання для незмінних чи змінних в часі вимірюваних величин;
- особливості визначення похибок вимірювань;
- наявність чи відсутність розмірності у вимірюваної величини;
- співвідношення між кількістю вимірюваних фізичних величин та кількістю вимірювань.

За фізичним принципом, покладеним в основу вимірювань, а також залежно від галузі науки і технології розрізняють *електричні, магнітні, механічні, акустичні, оптичні, квантові, хімічні* вимірювання. За способом порівняння з мірою розрізняють такі вимірювання (методи): *безпосереднього оцінювання, порівняння з мірою та комбіновані*. За способом отримання результату розрізняють *прямі та непрямі* вимірювання, які поділяються на *опосередковані, сумісні, сукупні* вимірювання. За кількістю опрацьованих первинних результатів розрізняють *разові та*

багаторазові вимірювання. За характером взаємодії ЗВТ з об'єктом дослідження розрізняють *контактні* та *безконтактні*. За характером зміни величини та показів вимірювальних засобів розрізняють *статичні* та *динамічні* вимірювання. За докладністю оцінювання точності результатів вимірювання розрізняють *технічні, лабораторні, науково-дослідні* та *метрологічні* вимірювання.

В таблиці 3.1 наведені ознаки вимірювань. На рисунку 3.2 наведена класифікація вимірювань. За відсутністю чи наявності в процедурі вимірювання перетворення роду вимірюваної величини та обчислення її значення за відомими фізичними залежностями вимірювання класифікують на *прямі* та *непрямі*. Сутність *прямого вимірювання* полягає у вимірюванні однієї величини, значення якої знаходить експериментатор безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей.

Таблиця 3.1 Ознаки видів вимірювань.

Вид вимірювання	Ознаки вимірювань
Разові вимірювання	це вимірювання, які виконують у разі стабільних показів засобів вимірювань при наведених похибках. Необхідно здійснити 3...5 спостережень з метою переконання у стабільності показань.
Багаторазові вимірювання	це вимірювання, які здійснюють, коли показання засобів вимірювань є нестабільними, а розходження між ними перевищують допустимі границі, що встановлені згідно класу точності та метрологічних характеристик. Під час проведення таких вимірювань їх кількість становить від 3...5 до мільйонів. За середніми значеннями результатів забезпечується підвищення точності вимірювань завдяки взаємній компенсації складових змінних похибок.
Контактні вимірювання	це вимірювання, при яких засіб вимірювань має безпосередній механічний контакт з

	досліджуваним об'єктом. Наприклад, для вимірювання струму амперметр вмикається у вимірювальне коло, а термоелектричний перетворювач розміщується у досліджуване середовище при вимірюванні його температури.
Безконтактна (дистанційні) вимірювання	це вимірювання, під час яких не відбувається безпосереднього механічного контакту ЗВТ з досліджуваним об'єктом, а вимірювальна інформація про стан об'єкта одержується за допомогою використання різних випромінювань: оптичних, акустичних, теплових, іонізаційних, електромагнітних.
Статичні вимірювання	це вимірювання величини, яку можна вважати незмінною за час вимірювання, або характеристики зміни величини відповідають динамічним властивостям ЗВТ. Наприклад, вимірювання діаметра, довжини, маси стрижня.
Динамічні вимірювання	це вимірювання величини, яка змінюється протягом вимірювального експерименту або характеристики зміни цієї величини не відповідають динамічним властивостям ЗВТ. Наприклад, вимірювання температури нагрівального елемента або вимірювання сталої температури відразу після розміщення терморезистивного перетворювача у досліджуване середовище, при цьому опір перетворювача ще не досяг усталеного значення.
Вид вимірювання	Ознаки вимірювань
Технічні вимірювання	це типові вимірювання на об'єктах із застосуванням наперед заданих ЗВТ, вимірювальних схем відповідно до конкретної методики вимірювань. Як правило, у таких вимірюваннях спеціально не оцінюються характеристики точності результатів, оскільки

	вони закладені ще на етапі планування таких вимірювань у відповідній метрологічній установі, з урахуванням використовуваних ЗВТ та умов вимірювань. Наприклад, вимірювання параметрів генератора електричної станції (лінійні та фазові напруги, струми, частота, потужність) під час його роботи.
Лабораторні (науково-дослідні) вимірювання	Вимірювання для дослідження фізичних закономірностей в різних об'єктах довкілля, зокрема, створюючи нові технології і засоби вимірювальної техніки. Переважно це не типові вимірювання, за яких необхідно спеціально планувати вимірювальний експеримент, розробляти вимірювальну схему, обґрунтовувати вибір ЗВТ (зокрема, їх характеристики точності), забезпечувати умови вимірювань з обов'язковим оцінюванням їх точності.
Метрологічні (еталонні) вимірювання	це вимірювання у метрологічних установках під час досліджень ЗВТ, створення нових методик вимірювань, під час метрологічних випробувань, контролю, атестації та експертизи при передаваннях розмірів одиниць фізичних величин. Такі вимірювання здійснюються відповідно до суворо регламентованих рекомендацій, сформульованих у відповідних нормативних документах, що часто мають статус державних стандартів.

Пряме вимірювання – це вимірювання однієї величини, в якому її значення одержують безпосередньо за показом відповідного приладу X_n , без необхідних для знаходження значення вимірюваної величини додаткових обчислень

$$x = X_n$$

Приклади прямих вимірювань: вимірювання сили струму амперметром, вимірювання температури термометром,

вимірювання інтервалу часу годинником, вимірювання електричного опору омметром.

Значення вимірюваної величини вважається знайденим прямим вимірюванням, коли шкала приладу проградуєвана у відповідних значеннях вимірюваної величини. Вимірювання вважається також прямим і тоді, коли результат знаходять, опрацюовуючи результати спостережень без перетворення роду величини.

Наприклад, якщо для розширення границь вимірювання амперметра застосовують вимірювальний трансформатор струму, вольтметра – вимірювальний трансформатор напруги чи подільник напруги. Результат вимірювання у такому разі є добутком масштабного коефіцієнта k_m відповідного масштабного перетворювача на показ приладу

$$x = k_m \cdot X_n$$

Сутність непрямого вимірювання полягає у знаходженні однієї чи декількох вимірюваних величин після перетворення роду величини чи обчислення за відомими залежностями їх від декількох величин аргументів, що вимірюються прямо. Непрямі вимірювання можуть бути *опосередкованими, сукупними та сумісними*.

Опосередковане вимірювання – це непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленнями за результатами вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функціональною залежністю. Характерним для опосередкованих вимірювань є функціональне вимірювальне перетворення, яке здійснюється або шляхом фізичного вимірювального перетворення, або шляхом числового вимірювального перетворення. Наприклад, при опосередкованих вимірюваннях потужності постійного струму її визначають чи на основі прямих вимірювань струму та напруги за формулою $P = U \cdot I$, чи на основі фізичного вимірювального перетворення добутку $U \cdot I$ в іншу фізичну величину.

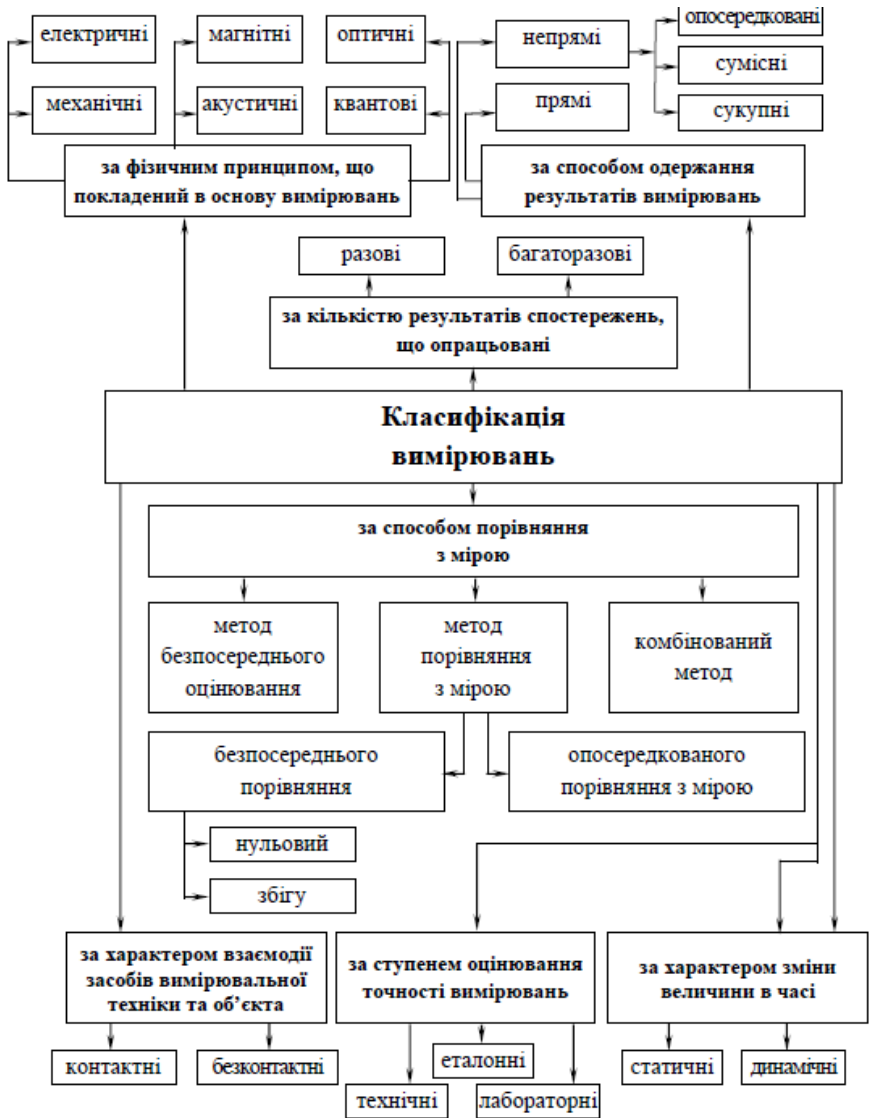


Рисунок 3.2 - Класифікація вимірювань

Сукупне вимірювання – це непряме вимірювання, в якому значення декількох одночасно вимірюваних однорідних фізичних величин отримують розв’язанням рівнянь, що

пов'язують різні сполучення цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано. Метою сукупних вимірювань є знаходження шляхом числових вимірювальних перетворень значень декількох фізичних величин за неможливості їх окремого прямого вимірювання. При цьому завдяки усередненню досягається ще й зменшення випадкової похибки вимірювання. Прикладом сукупних вимірювань може бути вимірювання опору кожного з двох резисторів R_1 , R_2 , які з'єднані послідовно та паралельно.

В результаті прямого вимірювання омметром послідовно з'єднаних опорів еквівалентний опір дорівнює $R_{\text{послідовно}} = R_1 + R_2$, а сумарна провідність паралельно з'єднаних резисторів становить

$$\frac{1}{R_{\text{паралельно}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Із системи з двох рівнянь із двома невідомими обчислюються невідомі значення опорів R_1 , R_2 , які виміряні сукупно.

Сумісне вимірювання – це непряме вимірювання, в якому значення декількох одночасно вимірюваних різнорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, які пов'язують їх з іншими фізичними величинами, що вимірюються прямо чи опосередковано.

3.3. Принцип і методи вимірювань

Принцип вимірювання – це фізичний закон (ефект, явище), на якому ґрунтується вимірювання, це наукова основа вимірювання.

Наприклад вимірювання магнітної індукції магнітного поля на основі ефекту Холла, а інших параметрів магнітного поля на основі застосування закону електромагнітної індукції, а також вимірювання температури на основі термоелектричного ефекту.

Залежно від принципу вимірювань вимірювання класифікують як електричні та магнітні, акустичні та оптичні, механічні та хімічні, теплові та квантові.

Метод вимірювання – це загальна логічна послідовність операцій із застосуванням засобів вимірювальної техніки, яка виконується під час здійснення вимірювань за певним принципом. Конкретна назва методу може залежати від принципу вимірювання. Так, при вимірюванні електричного опору за методом амперметра і вольтметра напруга вимірюється вольтметром, сила струму – амперметром, а результат вимірювання визначається згідно закону Ома.

Процедура вимірювання – це послідовність вимірювальних операцій, що забезпечує вимірювання згідно з обраним методом.

Методика виконання вимірювання – це сукупність процедур і правил, дотримання яких забезпечує одержання результатів з потрібною точністю.

Кожне вимірювання передбачає порівняння фізичної величини з одиницею, яка відтворюється мірою. У кожному вимірюванні явно чи неявно присутня міра, і, тому то в залежності від наявності при вимірюванні міри як окремо засобу вимірювальної техніки, існують три методи вимірювань:

- *методи безпосереднього оцінювання;*
- *методи порівняння з мірою;*
- *комбіновані методи.*

Методи безпосереднього оцінювання – це методи вимірювань, що ґрунтуються на застосуванні засобів вимірювань (приладів, систем, каналів чи установок) і, якщо необхідно, вимірювальних перетворювачів, а значення вимірюваної величини знаходять за їх показами $x = X_n$. Наприклад, вимірювання активної потужності ватметром. Це метод безпосереднього оцінювання, оскільки за показом ватметра визначається активна потужність електричного кола.

До методів безпосереднього оцінювання належать також вимірювання, у яких разом з вимірювальними приладами використовують вимірювальні перетворювачі, а саме, вимірювання сили струму за допомогою амперметра і вимірювального трансформатора струму, що застосовується для розширення границь вимірювання амперметра, належить до методу безпосереднього оцінювання. Таким же методом безпосереднього оцінювання є вимірювання температури за допомогою термоелектричного перетворювача та вторинного мілівольметра, якщо шкала останнього проградуєвана в одиницях температури.

Методи порівняння з мірою - це методи, які ґрунтуються на обов'язковому використанні міри та пристрою порівняння (компаратора) як окремих ЗВТ і, якщо необхідно, вимірювальних перетворювачів, а значення вимірюваної величини встановлюють за показами міри при відповідному спрацюванні компаратора. Порівняння вимірюваної величини з мірою може бути здійснене двома способами, за один раз - зіставленням ряду значень міри і вимірюваної величини (так під час вимірювання довжини $l_x = 46 \text{ см}$ за допомогою лінійки з поділками, компаратором служить око експериментатора, або за декілька кроків - через зрівноважування вимірюваної величини послідовними значеннями міри, як під час зважування на терезах.

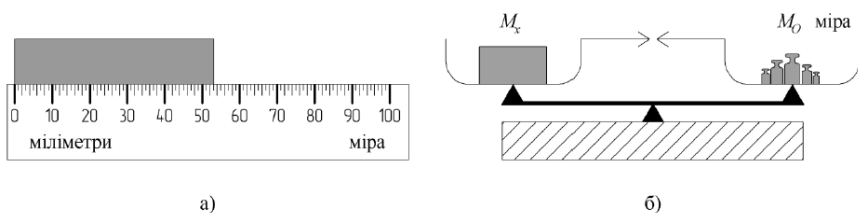


Рис. 3.3 – Приклади вимірювань на основі методів порівняння з мірою.

У методі зрівноважування вихідну величину міри залежно від вихідного сигналу компаратора змінюють доти, доки вона не буде дорівнювати значенню вимірюваної величини. За результат вимірювання величини приймається

показ регульованої міри. Наприклад, на рисунку 3.4,а наведена реалізація методу порівняння з мірою зрівноважуванням для вимірювання ЕРС E_x .

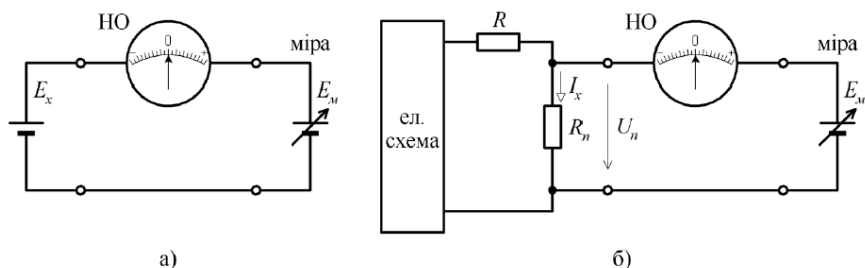


Рис. 3.4 – Методи вимірювань на основі методу порівняння з мірою.

а - метод зрівноважування для вимірювання ЕРС;

б - метод опосередкованого порівняння з мірою.

Регулюючи вихідну ЕРС E_m міри, досягають зрівноважування нею вимірюваної ЕРС, E_x . Факт зрівноваження встановлюють за допомогою нульового показу індикатора (НО) компаратора. За результат вимірювання приймають показ міри

$$E_x = E_m$$

Оскільки на завершальному етапі зрівноважування забезпечується взаємна компенсація ефектів дії на компаратор як вимірюваної величини, так і величини, відтворюваної мірою, то такий метод часто називають *компенсаційним методом* вимірювання. Крім того, оскільки результуючий ефект дії на компаратор обох величин під час зрівноважування доводять до нуля, то цей метод ще називають *нульовим методом* вимірювання.

Інколи ще застосовують *метод протиставлення*, оскільки вимірювана величина і вихідна величина міри ніби протиставляються одна одній.

Однак, за своєю суттю, і *компенсаційний метод*, і *нульовий метод*, і *метод протиставлення* - це різні назви, що відображають різні сторони *методів порівняння з мірою*. Головною особливістю методів порівняння з мірою є використання для вимірювання міри, як засобу вимірювальної техніки. Її показ, а також інші метрологічні характеристики безпосередньо враховують, визначаючи результат вимірювання і оцінюючи його якість: похибки вимірювання чи невизначеності результату.

Якщо вихідна величина міри і вимірювана величина однорідні, то говорять, що здійснено вимірювання *методом безпосереднього порівняння з мірою*. Реалізація цього методу вимірювання забезпечує найвищу точність вимірювання, що визначається лише точністю міри та компаратора.

Для багатьох величин створення простої та високоточної регульованої міри, а також відповідного компаратора - пристрою порівняння, є важким завданням. Тому часто вимірювану величину попередньо перетворюють за допомогою вимірювального перетворювача (вимірювальних перетворювачів) в іншу величину, для якої створення міри та пристрою порівняння не становить особливих труднощів. У такому разі можна говорити про вимірювання *методом опосередкованого порівняння з мірою*. Наприклад, вимірюючи силу постійного електричного струму I_x , можна спочатку перетворити його за допомогою зразкового (еталонного) резистора R_n , в напругу $U_x = I \cdot R_n$, яка після цього може бути виміряна безпосереднім порівнянням з мірою напруги. Результат вимірювання струму знаходять як показ міри напруги E_m , поділеної на опір резистора

$$I_x = \frac{E_m}{R_n}$$

Точність вимірювання у такому разі визначається точністю міри, компаратора та зразкового (еталонного) резистора, тобто менша, ніж у методі безпосереднього порівняння з мірою.

У процесі вимірювання виконуються завдання різного характеру і складності. Проте підхід до їхнього вирішення має багато спільного і може бути зведений до певного **алгоритму виконання вимірювань**, який складається:

- з постановки вимірювального завдання. При розв'язанні такої проблеми визначається рід вимірюваної величини та діапазон, в якому вона може змінюватись. Правильність формулювання поставленого завдання визначає в кінцевому підсумку якість вимірювань і економічні витрати на їх виконання;

- з вибору методу вимірювання. При виборі методу враховуються методичні похибки існуючих методів вимірювання. За результатами вибору методу вимірювання методична похибка повинна бути меншою за деяку припустиму похибку, це дозволить перейти до розв'язання наступної проблеми;

- з синтезу вимірювальної системи (кола). Один і той самий метод вимірювання може бути реалізований різними способами. Тому важливо правильно вибрати вимірювальну схему і конкретно реалізувати її, з урахуванням необхідних метрологічних характеристик засобів вимірювання;

- з вимірювального експерименту;

- з обробки результатів вимірювання, яка містить:

- *перший етап* - зчитування (зняття) інформації, перетворення її в цифровий код і запис в запам'ятовувальний пристрій мікропроцесора цифрового приладу;

- *другий етап* - статистична обробка результатів спостереження з оцінкою ступеня довіри;

- *третій етап* - інтерпретація результатів, одержаних на другому етапі обробки.

3.4. Значущість вимірювань

Розглянемо головні аспекти значущості вимірювань.

У *філософському* аспекті значущість вимірювань визначається тим, що вимірювання є універсальним і разом із лічбою найбільш точним методом пізнання фізичних явищ і процесів. Тому метрологія, як наука про вимірювання, займає особливе місце серед інших наук, що обслуговує кожну з них та тісно переплітається з ними.

У *науці* значущість вимірювань визначається тим, що за допомогою вимірювань у фізичних науках здійснюється зв'язок науки і практики. Тому то фізики часто відносять метрологію до експериментальної фізики. Відомо, що в основі як математики, так і метрології лежить аксіома Евдокса-Архімеда про несумірні відрізки і натуральний ряд чисел, при цьому, якщо враховувати відоме визначення математики, як науки про числа і простір, то можна стверджувати, що метрологія, яка методологічно об'єднує неперервні фізичні величини і просторові з числами, то метрологія є фізико-математичною наукою.

Значущість вимірювання в *технічному* аспекті визначається тим, що вимірювання забезпечують створення кількісної вимірювальної інформації про об'єкт, без якої неможливе точне відтворення всіх заданих умов технологічного процесу, які необхідні для одержання високої якості виборів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 Що таке фізична величина?
- 2 Що таке позначення фізичної величини? Наведіть приклади позначення.
- 3 Що таке вимірювана величина та розмір фізичної величини?
- 4 Що таке значення вимірюваної величини та одиниця вимірювання?
- 5 Що таке істинне та дійсне значення фізичної величини?
- 6 Що таке результат вимірювання та вимірювальна інформація?

- 7 Що таке система фізичних величин? Назвіть одиниці системи одиниць.
- 8 Як позначаються одиниці фізичних величин?
- 9 Що таке розмірність величини? Які існують правила для формул розмірностей похідних величин?
- 10 Що таке еталон одиниць фізичних величин? Які існують види еталонів?
- 11 Що таке вимірювання? Які основні існують компоненти вимірювального процесу?
- 12 Які Вам відомі ознаки вимірювань?
- 13 Дати означення методу вимірювань.
- 14 Яке вимірювання є прямим? Навести приклади.
- 15 Яке вимірювання є непрямим? Навести приклади.
- 16 Що таке опосередковане вимірювання? Навести приклади.
- 17 Що таке сумісне вимірювання? Для чого виконуються сумісні вимірювання?
- 18 Що таке сукупні вимірювання? Для чого виконуються сукупні вимірювання?
- 19 Дати означення методу безпосереднього оцінювання.
- 20 Дати означення методу порівняння з мірою.
- 21 Що таке алгоритм вимірювання? Яке призначення алгоритму вимірювання?
- 22 Що таке методика вимірювань? Яке призначення методики вимірювань?
- 23 Охарактеризуйте значущість вимірювань.

Тема 3. Міри фізичних величин.

Лекція 4. Загальні положення. Міри електрорушійної сили постійного струму. Міри електричного опору. Міри індуктивності та взаємної індуктивності. Міри ємності.

4.1 Загальні положення.

Міра фізичної величини – це вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення та (або) збереження фізичної величини заданого розміру.

За кількістю відтворюваних розмірів міри поділяються на *однозначні* та *багатозначні*, за характером використання – на *переносні*, *стаціонарні* та *встановлювальні*, за видом фізичної величини – *міри фізичних величин*.

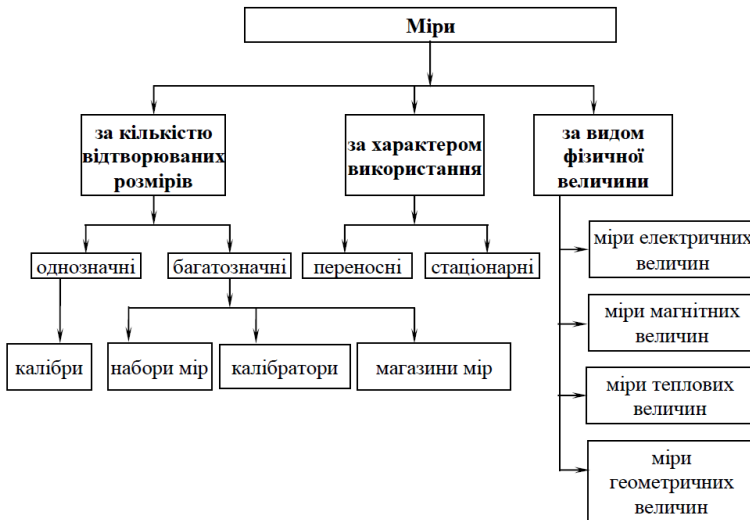


Рис.4.1. Класифікація мір

Однозначна міра – це міра, що відтворює фізичну величину одного розміру. Наприклад, вимірювальна котушка

електричного опору, нормальний елемент, конденсатор постійної ємності.

Багатозначна міра – це міра, що відтворює фізичну величину різних розмірів. Наприклад, конденсатор змінної ємності, магазин електричного опору. Багатозначні міри виготовляють у формі наборів мір, магазинів мір та калібраторів.

Набір мір – це комплект конструктивно відокремлених мір різного розміру однієї і тієї самої фізичної величини. Наприклад, набір резисторів. Міри, що входять в набір, можуть використовуватися як окремо, так і в різних комбінаціях для відтворення ряду розмірів цієї фізичної величини.

Магазин мір – це набір мір, які конструктивно об'єднані в одне ціле з пристроєм для вмикання їх у різних комбінаціях. Наприклад, магазини електричного опору, індуктивності та магазин ємності.

Калібратор – це багатозначна керована електронна міра, яка призначена для відтворення ряду розмірів однієї і тієї самої фізичної величини із заданої точністю та дискретністю. Наприклад, калібратори напруги постійного струму, калібратори сили постійного струму та калібратори електричного опору постійного струму.

Міра переносна – це автономний вимірювальний пристрій як у конструктивному виконанні, так і в застосуванні у вимірювальних операціях. Наприклад, магазин електричного опору.

Міра стаціонарна – це міра, яка конструктивно вмонтована у засіб вимірювальної техніки і є елементом його вимірювальної схеми або призначена для його метрологічної повірки.

Наприклад, однозначна міра електричного опору, вмонтована в міст постійного струму, нормальний елемент, вмонтований у компенсатор постійного струму.

*Основними метрологічними характеристиками міри є її номінальне значення та клас точності. Номінальне значення міри x_H – це значення фізичної величини, яке вона повинна відтворювати і яке вказане на ній або приписане їй. Крім номінального значення міри розрізняють *істинне* та *дійсне* або *умовно-істинне значення* міри.*

Істинне значення міри – це значення фізичної величини, що відтворюється мірою у певних умовах її застосування. Воно відрізняється від номінального значення не тільки назвою, але й тим, що воно дорівнює розміру фізичної величини, який існує об'єктивно, в той час як номінальне значення має умовний характер.

4.2 Міри електрорушійної сили постійного струму.

Мірою електрорушійної сили (ЕРС) постійного струму є нормальний елемент: гальванічний елемент з точно відомим і стабільним значенням ЕРС. Висока точність відтворення ЕРС забезпечується конструктивними особливостями, а саме, електролітом нормального елемента є водний розчин сульфату кадмію, позитивним електродом є ємність зі ртуттю і сульфати закису ртуті, негативним електродом є амальгама кадмію, а виводи електродів виконані з платинового дроту.

Залежно від стану електроліту нормальні елементи можуть бути *насиченими* і *ненасиченими*. В електроліті *насичених нормальних елементів* в діапазоні робочих температур є надмір кристалів сульфату кадмію, а в *ненасичених нормальних елементах* електроліт є насичений і над амальгамою і сульфатом ртуті встановлені захисні коркові або пластмасові кільця, які обтягнуті шовковою тканиною.

Нормальні елементи з рідким електролітом виготовляють в Н-подібних балонах, а з пастоподібним – у циліндричних балонах із скла. Для захисту від механічних пошкоджень балон нормального елемента поміщають в пластмасовий або металевий корпус.

Основними метрологічними характеристиками нормального елемента є: клас точності, значення ЕРС за нормальної температури, часова стабільність ЕРС, залежність ЕРС від температури, внутрішній опір та допустимий струм упродовж 1 хв.

Клас точності нормального елемента визначає границі його допустимої відносної основної похибки і йому відповідає допустима зміна ЕРС за один рік.

4.3 Міри електричного опору

Мірами електричного опору у колах постійного та змінного струму є: вимірювальні котушки електричного опору (однозначні міри електричного опору) та магазини опору (багатозначні міри електричного опору).

Характеристики таких мір залежать від матеріалу і технології виготовлення їх резистивних елементів.

До мір електричного опору висуваються такі вимоги: висока точність підгонки дійсного значення опору міри до номінального, висока відтворюваність опору міри і його стабільність в часі, малий температурний коефіцієнт опору та мінімально можлива термоелектрорушійна сила в парі з міддю.

Для підвищення стабільності опору резистивні елементи МЕО під час виготовлення піддають штучному старінню (циклічному нагріванню та охолодженню), а готові – природному старінню (тривалому витримуванню за нормальної температури).

Розглянемо *однозначну міру електричного опору*, якою є вимірювальна котушка, що містить резистивний елемент (чотиризначний резистор) в формі обмотки (при великому опорі), яка намотана на каркас або в формі спіралі чи петлі (при малому опорі). Виводи резистивного елемента приєднані до струмовиводів, які змонтовані на ізоляційній панелі. На струмопровідних колодках розміщені струмові затискачі для

вмикання до кола струму та потенціальні затискачі для знімання спаду напруги вимірювального кола.

Для зменшення реактивної складової опору вимірювальних котушок застосовують спеціальні види намотування резистивного елемента і систему екранування для забезпечення сталості розподілення ємностей обмотки.

Основними метрологічними характеристиками однозначної міри електричного опору є: *клас точності, номінальне і дійсне значення опору міри, номінальне та максимальне значення потужності розсіювання.*

У метрологічній практиці, окрім однозначних мір, використовують бага-тозначні міри електричного опору. *Багатозначна міра електричного опору* – це магазин опору, який за конструкцією є набором резисторів, які об'єднані перемикальним пристроєм, що забезпечує їх вмикання в різних комбінаціях і з потрібним значенням опору. Основним вузлом магазину опору є *декада* – це ряд послідовно з'єднаних резисторів, які конструктивно об'єднані перемикальним пристроєм. Кожній декаді відповідає певний десятковий розряд магазину і за допомогою її перемикача можна набрати від 0 до 20 (або до 9 чи 11) одиниць певного розряду.

Багатозначні міри в залежності від конструкції перемикальних пристроїв бувають *штупсельні* та *важільні*.

Основними метрологічними характеристиками магазину опорів є *клас точності, максимальний опір, кількість декад, опір одного ступеня молодшої декади, номінальна і допустима потужність на один ступінь опору декади, початковий опір, варіація початкового опору, а також стала часу і верхня границя частотного діапазону* для магазинів опору, які використовуються в колах змінного струму.

У практиці електричних вимірювань використовуються магазини опорів, в яких клас точності дорівнює 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2, номінальний опір одного ступеня молодшої декади дорівнює 0,01 або 0,1 Ом, старшої декади – 103 або 104 Ом,

при цьому номінальна і допустима потужність одного ступеня опору декади – 0,1 Вт, а допустима потужність – 0,5 Вт.

4.4 Міри індуктивності та взаємної індуктивності

Основними вимогами до *мір індуктивності* є стабільність параметрів, мінімальний активний опір, незалежність індуктивності від значення струму через неї, мала залежність від частоти струму та температури довкілля. Усі вимоги забезпечуються як конструктивно, так і вибором відповідних матеріалів. Котушки індуктивності виготовляють у вигляді намотки з мідного проводу на ізоляційних каркасах. Малі значення залишкових параметрів отримують, використовуючи каркаси з матеріалів з магнітною проникністю, близькою до одиниці – фарфор, кераміка та кварцове скло. Для зменшення активного опору та частотних похибок за рахунок поверхневого ефекту застосовують багатоважильний мідний провід з ізольованими жилами. Для зменшення впливу зовнішніх електромагнітних полів на індуктивність використовують тороїдні конструкції, а для збільшення опору ізоляції обмотки котушок просочують спеціальними технічними оливами та заливають масою для фіксації. Зменшення впливу температури довкілля на значення міри досягається завдяки підбору матеріалів окремих конструктивних елементів міри із однаковими (приблизно) температурними коефіцієнтами лінійного розширення.

Найпоширеніші котушки індуктивності мають номінальне значення індуктивності від 1 мкГн до 1 Гн, клас точності від 0,02 до 0,2, а верхню границю частоти змінного струму до 100 кГц.

Котушки взаємоіндуктивності за своєю будовою ідентичні з котушками індуктивності і відрізняються від них наявністю другої обмотки, первинна і вторинна обмотки можуть бути намотані роздільно або сумісно. Кількість витків обох обмоток вибирають такою, щоб номінальне значення

індуктивності кожної із обмоток дорівнювало значення їх взаємної індуктивності.

Найпоширеніші котушки взаємоіндуктивності мають номінальне значення міри від 100 мкГн до 10 Гн, верхню границю основної допустимої похибки $\pm 0,1\%$.

Варіометри є багатозначними мірами індуктивності L та взаємоіндуктивності M з безперервною зміною L та M . Вони містять дві котушки – рухому (ротор) та нерухому (статор), при повороті ротора змінюється параметр L та M . Для варіометрів індуктивності ротор і статор з'єднані послідовно в одне електричне коло, а у варіометрів взаємної індуктивності – у різні електричні кола.

4.5 Міри ємності

Міри ємності – це вимірювальні конденсатори постійної ємності (*однозначні міри ємностей*) та конденсатори змінної ємності (*багатозначні міри*), магазини ємності та імітатори ємності.

До мір ємності висуваються такі вимоги: мінімальна залежність ємності від температури, часу, частоти і форми кривої струму, малий тангенс кута діелектричних втрат, великий опір і висока електрична міцність ізоляції.

Для побудови однозначних та багатозначних мір ємностей застосовують вимірювальні *повітряні* конденсатори та конденсатори із *слюдяним*, *плівковим* та *керамічним слюдяним* твердим діелектриком.

Повітряним конденсаторам сталої ємності властива висока стабільність ємності у часі, малий кут витрат і малий температурний коефіцієнт ємності, але через малу діелектричну проникність повітря вони є громіздкими.

Повітряні конденсатори змінної ємності конструктивно складаються з двох систем пластин – *нерухомої* (сталोї) та *рухомої* (ротор) та шкали. Найпоширеніші повітряні конденсатори сталої ємності виготовляють з номінальними

значеннями від 50 до 4000 $n\Phi$, класу точності 0,05, їх можна використовувати у частотному діапазоні до 100 $\Gamma\upsilon$ і за напруги до 200 В.

Найпоширеніші повітряні конденсатори змінної ємності класів точності від 0,05 до 0,5 з максимальним значенням ємності 15...150 $n\Phi$ у частотному діапазоні до 100 $\Gamma\upsilon$ і робочою напругою до 200 В.

У слюдяних конденсаторах електродами є алюмінієва або олов'яна фольга, а іноді – тонкий шар срібла, який нанесений на слюду. Слюдяні конденсатори компактні, їм властива, як і повітряним конденсаторам, висока стабільність ємності в часі і малий температурний коефіцієнт ємності, але дещо більший кут витрат.

Найпоширенішими є міри ємності з номінальними значеннями ємності від 1 $n\Phi$ до 1 $\mu\kappa\Phi$, класів точності від 0,05 до 0,2, які розраховані на частотний діапазон від 40 до $10^5 \Gamma\upsilon$.

У конденсаторах зі значенням ємності понад 1 $\mu\kappa\Phi$ як діелектрики вико-ристовують полімерні плівки.

Магазини ємності – це набір конденсаторів сталої ємності, які конструкторно об'єднані в одному корпусі із штепсельними, або важільним перемикальним пристроєм.

Основними метрологічними характеристиками однозначних мір ємності і багатозначних мір ємності є: номінальне C_H (для однозначних мір) і максимальне значення ємності C_{max} (для багатозначних мір), клас точності, ємність одного ступеня найменшої декади магазинів, значення тангенса кута витрат, додаткові частотна і температурна похибки.

Клас точності однозначних мір ємності і конденсаторів змінної ємності позначають одним числом k та вибирають з ряду: 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0.

Клас точності магазинів ємності позначають у вигляді відношення c/d та вибирають з ряду: 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0.

Контрольні запитання.

- 1 Які переваги та недоліки однозначних мір напруги на основі нормальних елементів?
- 2 Якими параметрами характеризуються властивості однозначних мір опору на змінному струмі?
- 3 Як нормуються показники точності мір індуктивності та взаємні індуктивності?
- 4 Охарактеризуйте конструктивні особливості однозначних та багатозначних мір електричного опору, мір індуктивності та взаємної індуктивності та мір ємності.
- 5 Як аналітично визначаються допустимі відносні основні похибки для мір індуктивності та взаємної індуктивності?
- 6 Як аналітично визначаються допустимі відносні основні похибки для мір ємності?

Тема 4. Похибки вимірювань.

Лекція 5. Загальні положення. Фактори, які впливають на процес формування похибок вимірювання. Абсолютна та відносна похибка. Систематична та випадкова похибки. Виявлення та виключення систематичних похибок. Опрацювання результатів вимірювання.

5.1 Загальні положення.

Точність вимірювання є ступенем відповідності результату вимірювання істинним значенням вимірюваної величини та позитивною якісною ознакою вимірювання. Чим ближче результат вимірювання до істинного значення, тим точніше вимірювання і навпаки. Зазвичай точність вимірювання не має числового вираження, а є лише суто якісною характеристикою.

Процедура вимірювання складається з етапів: прийняття моделі об'єкта вимірювання, вибір методу вимірювання, вибір засобу вимірювання та проведення експерименту для отримання результату вимірювань.

На кожному з етапів виникає та існує невідповідність між ідеальними і реальними умовами, тому то результат вимірювання відрізняється від істинного значення фізичної величини.

Для кількісної оцінки якості вимірювання застосовують *похибку результату вимірювання (похибку вимірювання)*, яка є відхиленням результату вимірювання x від істинного (дійсного) значення X_I (X_0) вимірюваної величини.

$$\Delta = x - X_I = x - X_0$$

Істинне значення фізичної величини – це значення фізичної величини, яке ідеально відображає певну властивість об'єкту. Визначити істинне значення величини вимірюванням неможливо через обмежені властивості засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Тому то відмічена неможливість визначення істинного значення є наслідком недосконалості відображення при вимірюваннях та є причиною неминучої похибки

вимірювання. Для визначення похибки вимірювань істинне значення фізичної величини замінюють дійсним значенням величини.

Дійсне значення фізичної величини – це значення фізичної величини, яке знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що може використовуватись замість істинного значення.

5.2. Фактори, які впливають на процес формування похибок вимірювання.

Вимірювання виконують не ідеальними засобами, їх взаємодія з об'єктом може привести до небажаної зміни розміру вимірюваної величини. Експериментатор може допускати певні неточності при проведенні вимірювального експерименту та при обчисленні результатів, а також умови, в яких відбуваються вимірювання, змінюються і негативно впливають на об'єкт вимірювання, при цьому можуть змінюватись, як розмір вимірюваної величини, так і засоби вимірювальної техніки.

Існують причини виникнення похибок, відрізняючись своїми властивостями, вони порізно впливають на результат вимірювання, а саме:

- недосконалість засобів, що використовують при вимірюваннях (інструментальний фактор);
- вплив зовнішніх умов на об'єкт та засоби вимірювань;
- недостатня кваліфікація експериментатора, що здійснює вимірювання;
- взаємний вплив засобів вимірювань та об'єкта;
- не збігання моделі вимірюваної величини та справжньої властивості об'єкта, розмір якої слід виміряти;
- недосконалість обчислювального алгоритму та обчислень при опрацюванні первинних результатів вимірювань для кінцевих результатів;

- неточні калібрування;
- часові зміни вимірювальної величини та властивостей ЗВТ;
- математичні спрощення (математичний фактор);
- втрати цифрових даних під час передавання та зберігання.

5.3 Класифікація похибок вимірювань.

Похибки вимірювань класифікують за п'ятьма основними класифікаційними ознаками - за способом вираження, за причинами чи місцями виникнення, за характером зміни вимірюваної величини, за режимом виникнення, за характером поведінки у часі.

У загальному випадку похибка результату вимірювання містить *систематичну* й *випадкову* складові та навіть коли була введена *поправка* – це значення величини, що алгебраїчно додається до результату вимірювання з метою вилучення систематичної похибки. Пояснити це, по-перше, можна тим, що значення факторів не залишаються у процесі вимірювання постійними, а, по-друге, тим, що на результат вимірювання впливають фактори, дія яких у експерименті не передбачалася, або ж виникли фактори, дію яких неможливо було врахувати.

Внаслідок дії зазначених факторів виникають різні види похибок, а саме:

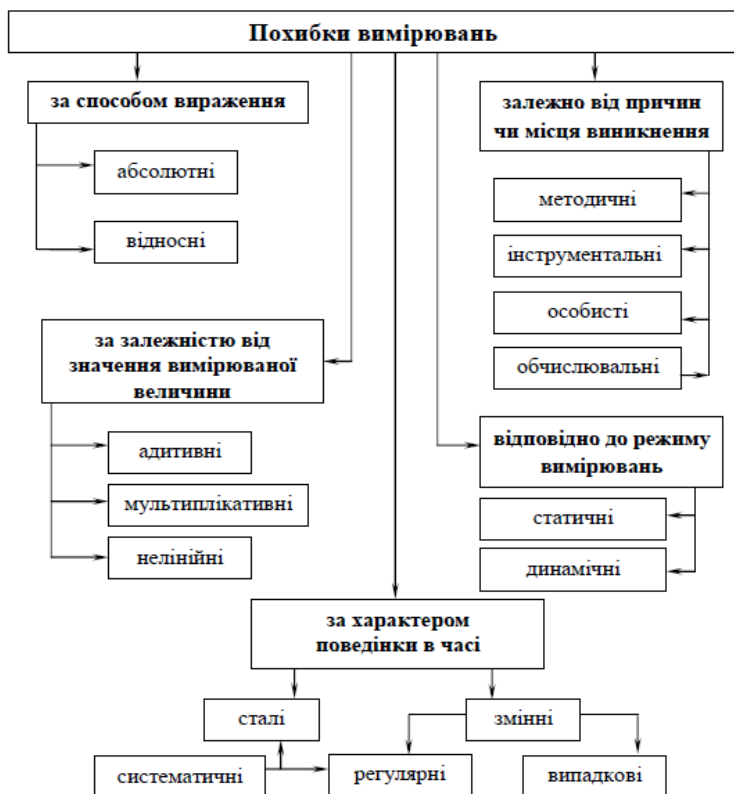
- *систематична похибка* – це складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань однієї й тієї ж величини;

- *випадкова похибка* – це складова похибки, що не прогнозовано (випадково) змінюється у ряді вимірювань однієї й тієї ж величини;

- *інструментальні похибки*, що зумовлені недосконалістю ЗВТ та залежністю їх властивостей від впливу

зовнішніх умов. Така похибка присутня завжди, так як вимірювання неможливе без вимірювальних засобів;

- під час вимірювань різні за кваліфікацією виконавці вимірювань порізному визначають покази аналогових приладів, при цьому похибка може сягати до половини поділки, а то і більше. Така похибка має назву *особиста*. Слід відзначити, що під час застосування цифрових ЗВТ така похибка не виникає;



Класифікація похибок вимірювання.

- *методичні похибки* зумовлені методом вимірювання та вимірювального перетворення. Такі похибки пов'язані з невідповідними моделями вимірюваних об'єктів та їх величин,

а виникають вони при взаємодії засобів вимірювальної техніки та об'єктів. На вибір моделі вимірюваної величини впливає мета вимірювання, яка встановлює потрібну точність вимірювання;

- причинами виникнення **обчислювальної похибки** можуть стати ефекти заокруглення та обчислювальні проблеми розв'язування вимірювальної задачі. Так як при проведенні вимірювань для отримання результату опрацьовують первинні результати спостережень за відповідними виразами, алгоритмами та залежностями, тому виконують певні обчислення. В залежності від складності вимірювальної задачі обчислення здійснюють за допомогою обчислювальних засобів різної складності: від олівця та паперу до калькулятора та обчислювальних комплексів. При обчисленні виконують заокруглення чисел, так й виникає похибка від заокруглень. Сам алгоритм розв'язування вимірювальної задачі є нестійким, так як при невеликих похибках у вихідних даних (тисячні чи сотні частки відсотка) результат розрахунку може містити похибку, яка дорівнює одиниці чи десяткам відсотків і навіть більше;

- **абсолютна похибка вимірювання** – це різниця між результатом вимірювання та істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини;

- **відносна похибка вимірювання** – це відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини;

- **статичні похибки** – це похибки, яка виникають під час статичних вимірювань, у яких вимірювана величина упродовж вимірювального експерименту не змінюється, а також у засобах вимірювальної техніки, що використовуються при вимірюваннях, в яких закінчилися перехідні процеси при поданні на їх вхід вимірюваної величини;

- **динамічні похибки** – це похибки, які виникають під час динамічних вимірювань, в яких вимірювана величина під час вимірювального експерименту може змінюватися, або якщо у

застосовуваних ЗВТ ще не закінчилася перехідні процеси при подані на їх вхід вимірюваної величини;

- **адитивні похибки** – це абсолютні похибки, які не залежать від значення вимірюваної величини, та які ніби то алгебраїчно додаються (від англ. *add* – додавати) до вимірюваної величини;

- **мультиплікативні похибки** – це абсолютні похибки, які лінійно зростають чи зменшуються при збільшенні значення вимірюваної величини, а саме, є пропорційними до добутку (від англ. *multiplication* – множення) певного коефіцієнту і значення вимірюваної величини;

- **нелінійні похибки** – це абсолютні похибки, які нелінійно залежать від значення вимірюваної величини;

- **сталі (систематичні) похибки** – це похибки, які упродовж здійснення вимірювального експерименту не змінюють свого значення, хоча воно може за лишатися невідомим;

- **змінні похибки**, які поділяються на *прогресуючі*, *регулярні* та *випадкові*:

- *прогресуючі похибки* – це похибки, які упродовж здійснення вимірювального експерименту практично лінійно змінюють своє значення та мають назву *дрейфи*;

- *регулярні похибки* – це похибки, які під час виконання вимірювального експерименту змінюються регулярно, наприклад, періодично, і закон їх часової зміни може бути дослідженим, визначеним, і такі похибки можуть бути враховані;

- *випадкові похибки* – це похибки, що змінюються в часі нерегулярно, непередбачувано, а їх майбутні значення можна прогнозувати лише з певною часткою ймовірності.

Розрізняють *надмірні похибки й промахи*.

Промахи – це результати вимірювання, які мають надмірні похибки. Причиною промахів є несправність

вимірювальних засобів, неправильні дії оператора, стрибкоподібні зміни напруги живлення.

Надмірні похибки – це похибки вимірювання, що суттєво перебільшують очікувані похибки. При оцінюванні результатів вимірювань промахи вилучаються із ряду багаторазових спостережень як аномальні результати вимірювань.

5.4 Абсолютна та відносна похибка

Похибки вимірювання за способом вираження поділяються на *абсолютні* та *відносні*. Як було зазначено вище, **абсолютна похибка (Δ) вимірювання** – це різниця між результатом вимірювання x та істинним значенням вимірюваної величини X_I .

$$\Delta = x - X_I = x - X_{\partial}$$

Абсолютна похибка є розмірною величиною, яка має таку ж розмірність, що і величина, що вимірюється. Якщо вимірюють електричну напругу, то абсолютна похибка вимірювання має таку ж розмірність, що й напруга ($B, мВ, кВ$).

Така послідовність величин в означенні похибки потрібна для коригування систематичних похибок, зокрема, введення відповідних поправок до результату вимірювань. Коли при вимірюванні говорять «*похибка вимірювання*», то мають на увазі *абсолютну похибку*.

Відносна похибка. Для порівняння якості вимірювань різних значень однієї величини або різних вимірюваних величин абсолютна похибка є незручною. У таких випадках для кількісної характеристики якості вимірювання використовують *відносну похибку*. Теоретично це відношення абсолютної похибки до істинного (дійсного) значення вимірюваної величини, а практично – це відношення до вимірюваного значення, виражене у відсотках

$$\partial = \frac{\Delta}{X_{\partial}} \cdot 100\% \cong \frac{\Delta}{x} \cdot 100\%$$

Чим менша відносна похибка, тим точніше вимірювання і навпаки.

5.5 Систематична та випадкова похибки

Як було зазначено вище, залежно від характеру поведінки в часі розрізняють похибки *сталі систематичні* та *змінні*, які поділяються на *прогресуючі*, *регулярні* та *випадкові*. Найнебезпечнішими є сталі систематичні похибки, так як під час вимірювань вони не проявляються, а при повторних вимірюваннях показ приладу залишається незмінним. Такі похибки важко виявити і їх неврахування може істотно спотворити результат вимірювання. Повністю вилучити систематичні похибки неможливо, так як залишаються невраховані залишки. Залишки необхідно враховувати, щоб оцінити межі не вилученої систематичної похибки результату. Для виявлення, оцінки та вилучення систематичних похибок необхідно знати причини виявлення та застосувати способи виявлення і вилучення цих похибок.

Сталі систематичні похибки описують їх граничними значеннями, тобто такими, які може набувати похибка у несприятливих умовах

- абсолютні

$$\Delta_c = \pm \Delta_{гр} \text{ або } - \Delta_{гр} \leq \Delta_c \leq + \Delta_{гр}$$

- відносні

$$\delta_c = \pm \delta_{гр} \text{ або } - \delta_{гр} \leq \delta_c \leq + \delta_{гр}$$

Це означає, що фактичне значення систематичної похибки залишається сталим, але є невідомим та таким, що не виходить за встановлені граничні значення.

Слід визначати, що під час повторних вимірювань систематична похибка кожен раз буде набувати те саме значення із зазначеного діапазону.

Прогресуючі похибки (дрейфи) – це похибки, значення яких упродовж вимірювального експерименту практично

лінійно змінюється в часі: зростають чи зменшуються. Вони зумовлені процесами старіння елементів ЗВТ. Слід відзначити, що закон часової зміни похибки є складним та таким, що змінюється за експоненціальним законом, але для простоти описання приймається лінійне наближення часової зміни такої похибки. Таку похибку описують граничними значеннями, які вона може досягати за певний інтервал часу T .

Регулярні похибки – це похибки, які змінюються у часі та протягом майбутнього часу зберігаються, при цьому виникають закономірності, які можна використовувати для зменшення впливу похибок. Похибки, які змінюються за складними законами, описуються у вигляді часової функції чи графіка, а також можуть вказуватися допустимі відхилення певних характеристик змінної систематичної похибки.

Випадкові похибки обумовлені випадковим характером прояву фізичних процесів у засобах вимірювання й випадковими змінами умов вимірювань, які практично неможливо врахувати. Основні причини виникнення випадкових похибок:

- конструктивні та технологічні недосконалості вузлів та деталей вимірювальних приладів;
- випадкові коливання параметрів навколишнього середовища;
- нестабільність живлення електронних приладів;
- суб'єктивні помилки оператора;
- вібрації та теплові шуми в електронних приладах;
- часова та просторова нестабільність об'єкта вимірювання.

5.6 Виявлення та виключення систематичних похибок

Обов'язковим елементом опрацювання результатів вимірювання є виявлення і коригування систематичних похибок. Виявлення систематичних похибок є найскладнішою

операцією і її ефективність залежить від досвіду та кваліфікації експериментатора, а також від обсягу наявної інформації про об'єкт дослідження, вимірювальні засоби та умови вимірювань.

Універсальних методів виявлення систематичних похибок не існує. Насамперед, аналізується можливість появи методичних похибок, які обумовлені спрощеннями об'єкта моделі і моделі вимірюваної величини та взаємодією засобів вимірювань з об'єктом досліджень. На основі аналізу нормованих метрологічних характеристик ЗВТ та умов вимірювань можна встановити причини і рівень інструментальних систематичних похибок.

Для оцінювання фактичних характеристик додаткових систематичних по-хибок виконуються додаткові вимірювання впливних величин - температури, вологості, тиску та інтенсивності магнітного поля.

Загальний спосіб виявлення прогресуючої похибки – це виконання двох або трьох зміщених на інтервал часу серій багаторазових вимірювань однієї вимірювальної величини з подальшим визначенням середніх значень окремих серій спостережень. На основі порівняння отриманих середніх значень роблять висновок про наявність чи відсутність прогресуючої похибки.

Для виявлення регулярних похибок застосовується спосіб, який полягає у реєстрації послідовності результатів вимірювань у вигляді графіка з подальшим його аналізом.

Існують типові методи зменшення впливу систематичних похибок вимірювальних приладів, серед них:

- методи коригування сталих у часі систематичних похибок: метод введення поправок до показань приладу, метод зразкових величин, метод заміщення, метод протиставлення;

- методи коригування змінних у часі систематичних похибок: метод симетричних у часі спостережень для корекції прогресуючих похибок та усереднення періодичних похибок;

- аналітичні методи розрахунку та внесення поправок.

Ще одним способом виявлення та усунення постійних систематичних похибок є експериментальне їх визначення з метою визначення їх значень та вне-сення поправок в результати вимірювання. Інструментальні складові повної систематичної похибки можуть бути виявлені шляхом повірки (калібрування) засобів вимірювань в робочих умовах експлуатації.

Ефективним способом усунення систематичних похибок є застосування спеціальних методів вимірювання, тобто вилучення похибок безпосередньо в процесі вимірювання.

Серед них найбільш універсальними є *методи порівняння з мірою*, а саме, *метод заміщення* та *метод протиставлення*. Вони дозволяють вилучити більшість систематичних похибок. За цими методами за допомогою приладу порівняння (компаратора) значення вимірювальної величини порівнюють зі значенням величини, яка відтворюється мірою. Розглянемо методи порівняння з мірою більш детально.

Метод протиставлення полягає в тому, що вимірювання проводять двічі таким чином, щоб причина похибки першого результату виявляла протилежну дію на результат другого вимірювання. Наприклад, під час першого зважування на рівноплечих вагах маса тіла, що перебуває на одній тарілці, врівноважується гирями, що розташовані на протилежній тарілці. Під час повторного зважування тіло і гирі міняють місцями. Таким чином вилучають похибку від не рівності плечей ваг.

За *методом заміщення* вимірюваний об'єкт замінюють відомою мірою, яка перебуває в тих же умовах. Наприклад, під час вимірювання опору невідомий опір включається в електричне коло (часто для цього використовують мостову схему) і коло врівноважують. Після цього, не змінюючи схеми, вимірюваний об'єкт замінюють магазином опору. За результат вимірювання приймається значення опору магазину, за якого відновлюється рівновага кола. В будь-якому разі при порівнянні з мірою в результат буде входити похибка міри порівняння. Однак, оскільки точність мір зазвичай вища від

точності інших засобів вимірювань, ці методи часто забезпечують істотне підвищення точності вимірювання.

В ряді випадків вилучити систематичну похибку можна *способом компенсації за знаком*, суть якого полягає в тому, що вимірювання проводять двічі таким чином, щоб похибка входила в результати з протилежними знаками. Її вилучають, розраховуючи середнє значення. Прикладом може бути вилучення похибки, обумовленої магнітним полем Землі, коли вимірювання проводять двічі, повертаючи прилад перед другим вимірюванням на 180° в горизонтальній площині. До цього способу належить також спосіб вилучення похибки від паразитної термо-ЕРС під час вимірювання напруги потенціометричним методом зі зміною напрямку протікання струму. При цьому полярність напруги буде змінюватись зі зміною напрямку струму, а полярність термо-ЕРС не залежить від його напрямку.

Слід зауважити, що усунути повністю систематичну похибку вимірювання неможливо. Таким чином, в кінцевому результаті вимірювання завжди залишається певна систематична похибка, яку часто називають *невилученим залишком систематичної похибки* або просто *не вилученою систематичною похибкою*.

5.7. Опрацювання результатів вимірювання

Після проведення вимірювальних експериментів здійснюється опрацювання результатів вимірювань з метою визначення результату вимірювання, тобто кінцевої мети вимірювання. При опрацюванні результатів оператору необхідно розв'язати дві задачі:

- знайти найкращу оцінку значення вимірюваної величини;

- оцінити характеристики точності вимірювання у вигляді характеристик похибки чи невизначеності (непевності) результату вимірювання. Результат вимірювання є лише тоді повноцінним, коли він супроводжується оцінкою його точності. Обсяг опрацювання результатів вимірювань залежить

від виду вимірювань, від кількості отриманих експериментальних даних, вимог щодо точності вимірювань, від апріорної інформації про систематичні та випадкові похибки вимірювань.

При прямих разових вимірюваннях результат спостереження є результа-том вимірювань, і лише за умови, що систематичні похибки вимірювань не ко-ригують.

При сукупних і сумісних вимірюваннях обов'язковим є розв'язування систем рівнянь методом найменших квадратів.

Основні операції опрацювання результатів вимірювань:

- попередній аналіз результатів спостережень, їх систематизація, відкидання явно недостовірних;

- виявлення та коригування систематичних ефектів, а саме, вивчаються умови вимірювань, розраховуються та вносяться поправки;

- виконання розрахунків згідно пунктів алгоритму опрацювання;

- аналіз випадкових ефектів, перевірка гіпотез про їх розподіл;

- оцінювання похибок від впливу завад;

- оцінювання характеристик похибок числового алгоритму та його стійкості;

- підсумовування складових похибок результатів;

- аналіз отриманих результатів;

- подання за відповідною формою результатів вимірювань та характеристик їх точності.

Кожен вид вимірювань має свої особливості, тому то зміст вищеназваних операцій опрацювання результатів кожного виду відрізняється. Розглянемо суть *нехтування похибками*. Серед складових похибок під час оцінювання можуть виникати як більші, а також й менші та дуже малі, які практично не змінюють оцінки сумарної похибки. Такими

похибками необхідно знехтувати. При використанні апріорної інформації та інформації експериментів неможливо не тільки абсолютно точно встановити значення вимірюваної величини, але й неможливо точно оцінити характеристики похибок чи непевності результату вимірювання.

Слід зауважити, що термін «*непевність*» результату вимірювання (з оригінального терміна з англійської «*uncertainty*») є у змістовому плані по суті *недостовірністю* (*сумнівністю*) результату вимірювання.

Контрольні запитання

- 1 Що таке точність вимірювання?
- 2 Що таке похибка вимірювання?
- 3 Що таке абсолютна та відносна похибки вимірювань?
- 4 Назвіть основні причини виникнення похибок вимірювання?
- 5 Що таке інструментальна та особиста похибки вимірювань?
- 6 Що таке обчислювальна та методична похибки вимірювань?
- 7 Що таке адитивна та мультиплікативна похибки вимірювань?
- 8 Що таке систематична та змінна похибки вимірювань? Як поділяються зміни похибки?
- 9 Що таке випадкова похибка вимірювання?
- 10 Що таке густина розподілу випадкової похибки? Що характеризує форма густини розподілу похибки?
- 11 Охарактеризуйте довірчі границі випадкової похибки.
- 12 Що таке математичне сподівання та дисперсія похибки?
- 13 Нормальний розподіл. Густина і числові характеристики нормального розподілу.
- 14 Основні операції опрацювання результатів вимірювань.
- 15 Числові характеристики алгебраїчної суми декількох складових випадкової похибки.
- 16 Знаходження довірчих границь алгебраїчної суми похибок.

Тема 5. Засоби вимірювальної техніки.

Лекція 6. Засіб вимірювальної техніки, види та класифікаційні ознаки. Засоби вимірювання. Характеристики засобів вимірювальної техніки. Класифікація засобів вимірювань за метрологічними характеристиками. Класифікація похибок засобів вимірювань та їх нормування.

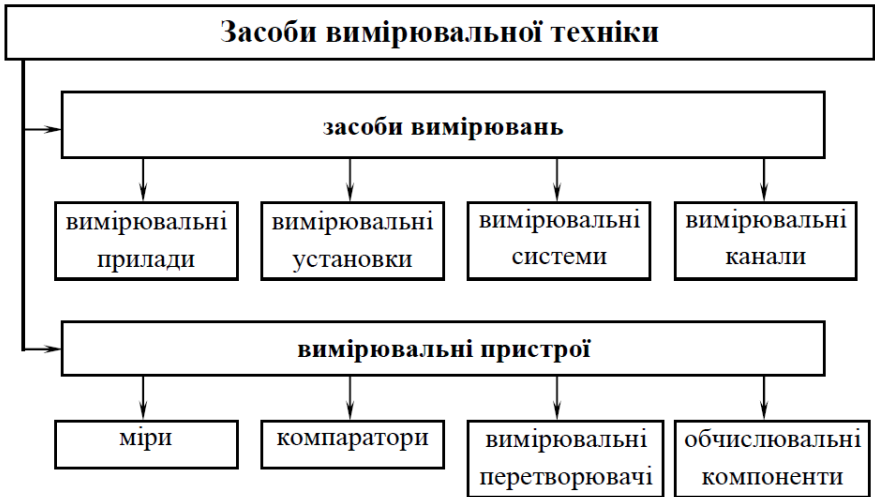
6.1 Засіб вимірювальної техніки, види та класифікаційні ознаки.

Засіб вимірювальної техніки (ЗВТ) – це технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики. ЗВТ взаємодіє з об'єктами, внаслідок чого на його вході отримують сигнали, які містять інформацію про вимірювану величину. Згідно з ДСТУ 2681-94 до ЗВТ належать *засоби вимірювань (ЗВ)* та *вимірювальні пристрої (ВПП)*.

Засобами вимірювань є засоби, що реалізують процедуру вимірювань, а саме, вимірювальні та реєструвальні прилади, аналогові вимірювальні прилади, цифрові вимірювальні прилади, вимірювальні установки, вимірювальні канали та вимірювальні інформаційні системи. Особливістю засобів вимірювань є те, що з їх допомогою безпосередньо одержують результат вимірювань.

Вимірювальні пристрої – це засоби вимірювальної техніки, в яких виконується лише одна зі складових частин процедури вимірювань – вимірювальна операція. Виділяють такі вимірювальні пристрої: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор та числовий вимірювальний перетворювач (обчислювальний компонент). Особливістю ВПП є те, що вони самостійно не забезпечують одержання результату вимірювання, а лише в сукупності з іншими пристроями та засобами вимірювань.

Узагальнена класифікація засобів вимірювальної техніки:



6.2. Засоби вимірювання.

Вимірювальний прилад – це засіб вимірювань, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Засіб вимірювання, в якому візуальний сигнал вимірювальної інформації подається за допомогою шкали та покажчика, має назву **аналоговий вимірювальний прилад**.

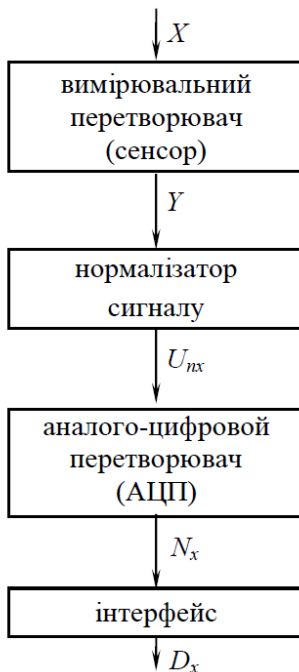
Реєструвальний засіб вимірювання – це такий засіб вимірювань, в якому реєструється сигнал вимірювальної інформації. Реєструвальні засоби вимірювання відрізняються від аналогових вимірювальних приладів тим, що замість покажчика в реєструвальних приладах використовується перо з чорнильною, а носієм вимірювальної інформації є папір та світлочутлива плівка.

Вимірювальний прилад, в якому візуальний сигнал вимірювальної інформації подається у вигляді цифр чи

символів на пристрої відліку, має назву **цифровий вимірювальний прилад**.

Вимірювальний канал – це сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів зв'язку та інших пристроїв, призначення яких отримання вимірювальної інформації про одну вимірювальну фізичну величину.

Структурна схема вимірювального каналу:



Структурна схема вимірювального каналу включає: X – вимірювальну величину; Y – вихідну величину сенсора; U_{nx} – нормалізований рівень сигналу; N_x – результат аналого-цифрового перетворення; D_x – цифрові дані, що пересилаються з виходу АЦП для подальшого опрацювання, зберігання і реєстрації.

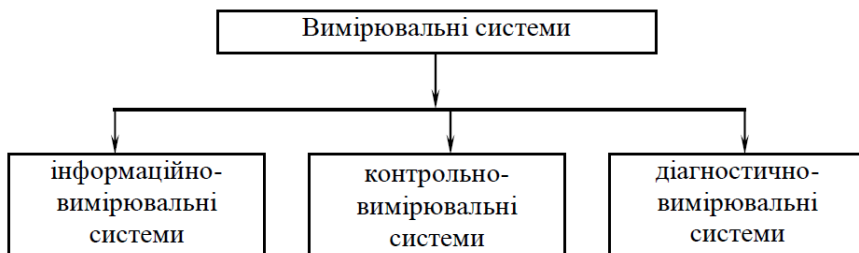
Вимірювальний канал складається з блоків:

- вимірювальний перетворювач (сенсор), який сприймає вимірювану величину і перетворює її у вихідну величину, яка придатна для подальшого перетворення та вимірювання;
- нормалізатор сигналу, в якому відбувається низка вимірювальних операцій над вихідним сигналом з сенсора для доведення його до рівня, який придатний для подальшого аналого-цифрового перетворення;
- аналого-цифровий перетворювач (АЦП), що здійснює автоматичне перетворення розміру аналогового сигналу у її цифрове значення;
- інтерфейс – це група технічних пристроїв і відповідних програм керування, які призначені для пересилання вимірювальної інформації між ЗВТ та обчислювальними, відліковими та реєструвальними пристроями.

Вимірювальна установка – це сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних приладів і пристроїв та інших технічних засобів, призначених для досліджень властивостей зразків матеріалів та метрологічної перевірки інших засобів вимірювальної техніки. Об'єктом досліджень у такому разі є засоби вимірювальної техніки (прилади, канали систем, сенсори та міри). Конструктивно установка виконана, переважно, як одне ціле, у вигляді стенда з необхідними пристроями під'єднання досліджуваних зразків, регулювання величин, відображення і документування результатів. Операції з досліджень матеріалів та метрологічної перевірки можуть здійснюватись вручну або з різним ступенем автоматизації. Тенденція розвитку ЗВТ є такою, що у перспективі функції установок будуть виконувати контрольно вимірювальні системи.

Вимірювальна система – це сукупність ЗВТ та засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації та інших її видів. Залежно від призначення вимірювальних систем розрізняють інформаційно-вимірювальні, контрольно-вимірювальні та діагностично-вимірювальні системи.

Класифікація вимірювальних систем:



Завданням інформаційно-вимірювальної системи є визначення розмірів вимірюваних величин – параметрів об’єкта, що досліджується, а також системи використовуються в наукових дослідженнях.

Контрольно-вимірювальна система призначена для кількісного оцінювання параметрів стану об’єкта, що досліджується, а також дає якісну характеристику щодо стану об’єкта – відповідність об’єкта та його параметрів нормованим допустимим значенням. При виході одного чи декількох параметрів об’єкта, що характеризують його стан, за межі допустимих значень необхідно застосовувати діагностично-вимірювальну систему, яка встановить причини такого стану об’єкта. У такій системі результати діагностики отримують за допомогою відповідного збудження об’єкта, вимірювання та опрацювання його реакцій на діагностичні збудження.

6.3. Характеристики засобів вимірювальної техніки.

Вимірювальна техніка має великий арсенал різноманітних засобів. Проблема правильного вибору необхідного засобу вимірювань є важливою та актуальною. Для вирішення такої проблеми є критерії оцінки ефективності застосування засобів вимірювань, якими є технічні характеристики засобів вимірювань.

Технічні характеристики (метрологічні та неметрологічні) відображають властивості та функціонування засобів вимірювальної техніки.

Метрологічними є ті характеристики засобів вимірювальної техніки, які впливають на результат та точність вимірювання.

Нормованими метрологічними характеристиками вимірювальних приладів є: діапазон вимірювань, клас точності, чутливість та поріг чутливості, стала та ціна поділки шкали, умови застосування – для аналогових вимірювальних приладів, та кількість розрядів і значення одиниці найменшого розряду – для цифрових вимірювальних приладів. Ці характеристики використовуються для оцінювання результатів вимірювань та встановлення параметрів якості виконаних вимірювань.

Складові сукупності метрологічних характеристик:

Найменування групи	Складові сукупності метрологічних характеристик
1. Характеристики, за якими визначають результат вимірювання	<ul style="list-style-type: none">- функція перетворення ЗВТ;- номінальне значення однозначної або номінальні значення багатозначної міри;- стала приладу (ціна поділки шкали) вимірювального приладу або багатозначної міри;- вид вихідного коду, кількість розрядів коду, одиниця молодшого розряду коду цифрових засобів вимірювань.
2. Характеристики, за якими оцінюють точність ЗВТ	<ul style="list-style-type: none">- характеристики систематичної складової похибки;- характеристики випадкової складової похибки.
3. Характеристики чутливості ЗВТ до	<ul style="list-style-type: none">- функція або коефіцієнт впливу;- зміни значень метрологічних

величин впливу	характеристик ЗВТ, які спричинені змінами величин впливу у встановлених межах.
4. Динамічні характеристики ЗВТ	Характеристики відповідають динамічному режиму роботи ЗВТ, за якого перетворювана величина є функцією часу: - часові динамічні характеристики; - частотні динамічні характеристики.
5. Характеристики взаємодії ЗВТ з об'єктами дослідження та навантаження	
6. Неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВТ	

Уся сукупність метрологічних характеристик ЗВТ, містить шість груп. Слід відзначити, що для конкретного ЗВТ застосовують такі метрологічні характеристики, які необхідні для визначення результату та оцінювання точності вимірювань. Такі метрологічні характеристики для конкретного ЗВТ регламентуються Державними стандартними та нормативно-технічними документами на певний ЗВТ.

Характеристики ЗВТ поділяються на:

- характеристики мір фізичних величин;
- характеристики вимірювальних приладів;
- характеристики вимірювальних перетворювачів.

Основними характеристиками вимірювальних приладів є діапазон показів, діапазон вимірювань, поріг чутливості, ціна поділки шкали та стала приладу – для

аналогових вимірювальних приладів та значення одиниці найменшого розряду – для цифрових вимірювальних приладів.

6.4. Класифікація засобів вимірювань за метрологічними характеристиками.

Результати вимірювань повинні мати певну точність та бути представленими у узаконених одиницях вимірювань. Точність результатів вимірювань визначається метрологічними характеристиками тих засобів вимірювань, які застосовувались під час вимірювань. В залежності від метрологічних функцій всі засоби вимірювальної техніки поділяються на *державні еталони, робочі ЗВТ та зразкові*.

Державний еталон одиниці вимірювання – це засіб вимірювальної техніки або комплекс засобів, що забезпечує відтворення і (або) зберігання одиниці фізичної величини для передачі її розміру іншим засобам вимірювань, клас точності яких нижче, за офіційно затвердженим порядком.

Робочий засіб вимірювальної техніки – це засіб, який використовується для практичних вимірювань, але не призначений для повірки інших засобів вимірювань.

Зразковий засіб вимірювання – засіб, який призначений для повірки інших засобів вимірювань методом порівняння і офіційно затверджений, як зразковий. До зразкових засобів вимірювань належать зразкові речовини і стандартні зразки.

Зразкова речовина – це міра у вигляді речовини з відомими властивостями, які відтворюються, якщо дотримуються умови її виготовлення, що вказані у затвердженій специфікації.

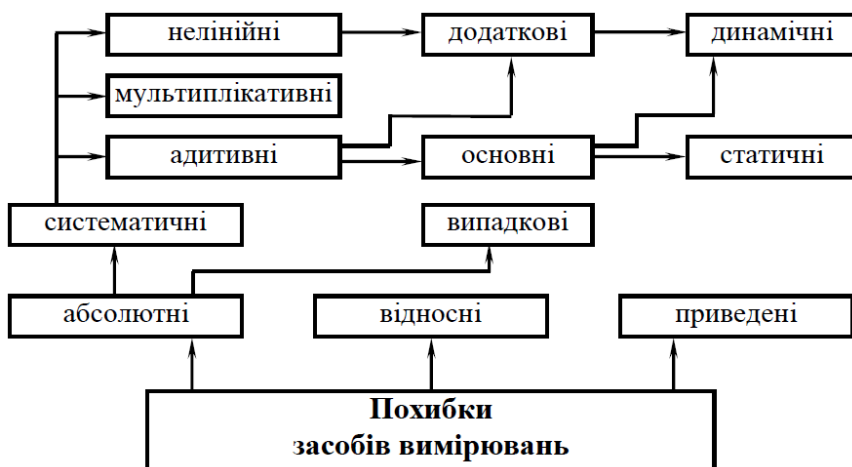
Стандартний зразок – це міра для відтворення одиниць величин, що характеризують властивості або склад речовини і матеріалів.

6.5. Класифікація похибок засобів вимірювань та їх нормування.

Через недосконалість конструкції засобів вимірювання, а також через обмежені можливості технології їх виготовлення виникають інструментальні похибки, які необхідно оцінювати кількісно в процесі експлуатації.

Похибки вимірювальної техніки за способом вираження поділяють на *абсолютні*, *відносні* та *приведені*.

Класифікація похибок засобів вимірювань:



Абсолютна похибка $\Delta_{ЗВ}$, $\Delta_{ЗВ}$ – це різниця між показом Z_B , $X_{ЗВ}$ та істинним значенням вимірюваної величини, X_I за відсутності методичних похибок і похибок від взаємодії Z_B з об'єктом вимірювання. Абсолютна похибка аналітично визначається з виразом

$$\Delta_{ЗВ} = X_{ЗВ} - X_I \quad (6.1)$$

З метою усунення методичних похибок та похибок від взаємодії засобу вимірювань з об'єктом вимірювання проводиться перевірка, під час якої значення вхідної величини визначається за допомогою зразкового засобу вимірювання.

Відносна похибка ЗВ, $\delta_{ЗВ}$ – це відношення абсолютної похибки засобу вимірювань, $\Delta_{ЗВ}$, до істинного значення вимірюваної величини, X_I . Відносна похибка аналітично визначається з виразом

$$\delta_{ЗВ} = \frac{\Delta_{ЗВ}}{X_I} \cdot 100\% \quad (6.2)$$

Приведена похибка ЗВ, γ – це відношення абсолютної похибки засобу вимірювань, $\Delta_{ЗВ}$, до нормованого значення, X_H . Приведена похибка аналітично визначається з виразом

$$\gamma = \frac{\Delta_{ЗВ}}{X_H} \cdot 100\%. \quad (6.3)$$

Залежно від умов експлуатації розрізняють *основну* і *додаткову* похибки.

Основна похибка – це похибка засобу вимірювальної техніки за нормальних умов його застосування.

Нормальні умови застосування ЗВ – це такі умови, за яких впливні величини мають нормальні значення чи знаходяться у межах нормального інтервалу значень. Впливні величини – це сукупність величин, які є вимірюваними, але які впливають на точність засобів вимірювальної техніки та які змінюють результати вимірювань. До таких величин належать характеристики навколишнього середовища, в якому відбуваються вимірювання та кліматичні величини: температура, вологість, тиск, магнітне поле, вібрації, радіоактивне випромінювання, а також це характеристики живлення ЗВТ, а саме, нестабільність напруги живлення та частота струму.

Якщо значення впливної величини виходить за межі нормальних значень, але знаходиться у межах робочих значень, крім основної похибки виникає ще й додаткова інструментальна похибка ЗВТ.

Додаткова інструментальна похибка – це похибка засобу вимірювальної техніки, яка додатково виникає під час використання засобу вимірювань в умовах відхилення хоча б

однієї з впливних величин від нормального значення або її виходу за границі нормальної зони значень.

Нормальні умови застосування ЗВ електричних і магнітних величин:

Найменування впливної величини	Нормальне значення або її область
Температура повітря, °С	20±0,1; 20±0,2; 20±0,5; 20 ±1; 20± 2; 20± 5
Відносна вологість повітря, %	30...80
Атмосферний тиск, кПа (мм рт.ст)	84...105 (630...795)
Зовнішнє магнітне поле, А/м	повна його відсутність
Частота мережі живлення, Гц	50±0,5;60±0,5;400±10
Напруга мережі живлення, В	220±4,4;115± 2,3
Форма кривої змінної напруги мережі живлення	синусоїдна

Додаткова похибка має назву впливної величини. Так, якщо температура середовища виходить за межі нормальної області, то додаткова похибка має назву температурна, а додаткова похибка від дії магнітного поля – магнітна похибка. За межами робочих умов застосовувати ЗВТ не допускається. Необхідно застосовувати ЗВТ з ширшою робочою областю значень певної впливної величини.

Адитивна похибка – це складова абсолютної похибки засобу вимірювальної техніки, яка не залежить від вимірюваної величини. Така похибка ще має назву похибка нуля.

Мультиплікативна похибка – це складова похибки засобу вимірювальної техніки, яка пропорційна вимірюваній величині. Така похибка ще має назву похибка чутливості.

Робочі умови застосування засобів вимірювальної техніки:

Впливна величина	Значення впливної величини для груп ЗВТ						
Температура повітря, °C	10...25	10...35	5...40	-10...40 55***	- 30...50	- 50...60	- 30...70
Відносна вологість повітря, %	80 при 200C	80 при 250C	90 при 250C	90 при 300C	90*** при 300C	95 при 350C	80 при 300C
Атмосферний тиск, кПа (мм рт.ст.)	84...106,7 (630...800); 60...106,7; 70...160,7 (537...800)*** (460...800)						
Зовнішнє магнітне поле, A/m	400						
Частота вимірювального сигналу, Гц	номінальна частота 10 % відхилення від нижньої та верхньої границь нормального діапазону відповідно на - 10 % та на +10 % □						
Напруга мережі живлення, В	номінальна напруга □ 10 % відхилення від нижньої та верхньої границь нормального діапазону відповідно на -10% та на +10%						
Частота мережі	номінальна частота □ 10 %						

живлення, Гц	відхилення від нижньої та верхньої границь нормального діапазону відповідно на -10 % та на +10 %
--------------	---

* - для мір, подільників напруги, вимірювальних мостів, компенсаторів;

** - для складових частин засобів вимірювальної техніки, які виготовлені за умовами групи приладів 5;

*** - для електронних вимірювальних приладів;

**** - допускається за спеціальним узгодження із споживачем встановлювати відносну вологість повітря 98% при температурі повітря 25⁰С.

Для оцінки похибок засобів вимірювань в процесі вимірювання призначені **нормовані значення похибок**, які є граничними для певного типу засобів вимірювань.

Метою нормування похибок ЗВТ є встановлення границь допустимих похибок, за які значення похибок не повинні виходити ні під час виготовлення ЗВТ, ні під час його експлуатації.

Границя допустимої похибки ЗВТ – це найбільше значення похибки ЗВТ, за яким цей засіб ще може бути придатним до застосування. Границі допустимих основної і додаткових похибок ЗВТ встановлюють у формі абсолютних, приведених та відносних похибок.

Такі границі допустимих абсолютних, відносних та приведених похибок ЗВ виражаються числами

$$\Delta_{ЗВ,Н} = \pm a; \quad (6.4)$$

$$\delta_{Н} = \pm q; \quad (6.5)$$

$$\gamma_{Н} = \pm p, \quad (6.6)$$

де a – додатне число, яке не залежить від результату вимірювань;

q, p – абстрактні додатні числа, які вибрані з метрологічного ряду $[1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 6,0; 10] \cdot 10^n$ (де $n = 1; 0; -1; -2; \dots$).

Проведемо нормування похибок засобу вимірювання - амперметра.

Приклад. Під час повірки амперметра з верхньою границею вимірювання 50 А на позначках шкали з цифрами: 10; 20; 30; 40; 50 А були отримані відповідні покази зразкового амперметра: 10,05; 20,04; 29,97; 40,02; 50,01 А. Визначити до якого класу точності можна віднести амперметр за результатами повірки при нормуванні відносної похибки.

Розв'язання.

1. Визначення абсолютних похибок Δ_{PAi} в кожній позначці шкали з цифрами

$$\Delta_{PA1} = I_{\text{вим1}} - I_{\partial 1} = 10 - 10,05 = -0,05 \text{ А};$$

$$\Delta_{PA2} = I_{\text{вим2}} - I_{\partial 2} = 20 - 20,04 = -0,04 \text{ А};$$

$$\Delta_{PA3} = I_{\text{вим3}} - I_{\partial 3} = 30 - 29,97 = 0,03 \text{ А};$$

$$\Delta_{PA4} = I_{\text{вим4}} - I_{\partial 4} = 40 - 40,02 = -0,02 \text{ А};$$

$$\Delta_{PA5} = I_{\text{вим5}} - I_{\partial 5} = 50 - 50,01 = -0,01 \text{ А}.$$

2. Визначення максимального значення абсолютної похибки $\Delta_{PA.\text{max}}$ та визначення її нормованого значення

$$\Delta_{PA.\text{max}} = -0,05 \text{ А};$$

$$\alpha = \Delta_{PA.\text{max}} = 0,05 \text{ А}.$$

3. Визначення відносних похибок δ_{PAi} в кожній позначці шкали з цифрами

$$\delta_{PA1} = \frac{\Delta_{PA1}}{I_{\partial 1}} \cdot 100\% = \frac{0,05}{10,05} \cdot 100\% = 0,5\%;$$

$$\delta_{PA2} = \frac{\Delta_{PA2}}{I_{\partial 2}} \cdot 100\% = \frac{0,04}{20,04} \cdot 100\% = 0,2\%;$$

$$\delta_{PA3} = \frac{\Delta_{PA3}}{I_{\partial 3}} \cdot 100\% = \frac{0,03}{29,97} \cdot 100\% = 0,1\%;$$

$$\delta_{PA4} = \frac{\Delta_{PA4}}{I_{\partial 4}} \cdot 100\% = \frac{0,02}{40,02} \cdot 100\% = 0,05\%;$$

$$\delta_{PA5} = \frac{\Delta_{PA5}}{I_{\partial 5}} \cdot 100\% = \frac{0,01}{50,01} \cdot 100\% = 0,02\%.$$

4. Визначення максимального значення відносної похибки $\delta_{PA.\max}$ та визначення її нормованого значення

$$\delta_{PA.\max} = 0,5\%;$$

$$q = \delta_{PA.\max} = 0,5\%.$$

5. Визначення приведених похибок γ_{PAi} в кожній позначці шкали з цифрами

$$\gamma_{PA1} = \frac{\Delta_{PA1}}{I_{HPA}} \cdot 100\% = \frac{0,05}{50} \cdot 100\% = 0,1\%;$$

$$\gamma_{PA2} = \frac{\Delta_{PA2}}{I_{HPA}} \cdot 100\% = \frac{0,04}{50} \cdot 100\% = 0,08\%;$$

$$\gamma_{PA3} = \frac{\Delta_{PA3}}{I_{HPA}} \cdot 100\% = \frac{0,03}{50} \cdot 100\% = 0,06\%;$$

$$\gamma_{PA4} = \frac{\Delta_{PA4}}{I_{HPA}} \cdot 100\% = \frac{0,02}{50} \cdot 100\% = 0,04\%;$$

$$\gamma_{PA5} = \frac{\Delta_{PA5}}{I_{HPA}} \cdot 100\% = \frac{0,01}{50} \cdot 100\% = 0,02\%.$$

6. Визначення максимального значення приведеної похибки та визначення її нормованого значення

$$\gamma_{PA.\max} = 0,1\%;$$

$$p = \gamma_{PA.\max} = 0,1\%.$$

7. Встановлення стандартного класу точності амперметра за величиною нормованого значення відносної похибки – 0,5.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 Що таке засоби вимірювальної техніки?
- 2 Що таке засоби вимірювань? Наведіть приклади.
- 5 Що таке метрологічні та неметрологічні характеристики ЗВТ?
- 9 Наведіть умовні позначення класів точності ЗВ та поясніть їх зміст.
- 10 Як класифікують засоби вимірювань за метрологічними характеристиками?
- 11 Як класифікують похибки засобів вимірювань?
- 12 Розкрийте поняття «абсолютна похибка», «відносна похибка», «приведена похибка», «адитивна похибка», «мультиплікативна похибка» та «клас точності».
- 13 Що таке нормування похибок ЗВТ?
- 14 Охарактеризуйте основні випадки нормування похибок ЗВТ в залежності від співвідношення адитивної та мультиплікативної складових у похибці ЗВТ.

Тема 5. Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки.

Лекція 7. Мета і види метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки. Методи метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки. Метрологічна повірка приладів прямого перетворення.

7.1 Мета і види метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки.

Засоби вимірювальної техніки є технічними засобами, які характеризуються нормованими метрологічними характеристиками. Надійність ЗВТ визначається їхньою здатністю зберігати метрологічні характеристики в регламентованих межах. Вихід за ці межі класифікується як метрологічна відмова.

Засоби вимірювальної техніки, що виготовляються або підлягають ремонту, ввозяться з-за кордону, знаходяться в експлуатації та на зберіганні, підлягають метрологічній повірці.

Метрологічна повірка ЗВТ (надалі - повірка) – це встановлення придатності ЗВТ до застосування на основі експериментального визначення його метрологічних характеристик і контролю їх відповідності встановленим нормам. Метрологічну перевірку ЗВТ здійснюють згідно з «Законом України про мет-рологію та метрологічну діяльність» та ДСТУ 2708-99 «Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення».

Повірку здійснюють органи державної і відомчої служби.

Обов'язковій державній повірці підлягають:

- ЗВТ, що використовуються в органах державної служби;
- ЗВТ, що випускаються з виробництва або використовуються на підприємствах як зразкові;

- ЗВТ, що застосовуються як робочі для вимірювань, результати яких використовуються для обліку матеріальних цінностей, палива, енергії, в торгівлі, для захисту довкілля та охорони праці;

- ЗВТ, що використовуються для вимірювань, результати яких є підставою для реєстрації національних та міжнародних спортивних рекордів.

Відомчий повірці підлягають ЗВТ, що не ввійшли у наведений вище перелік ЗВТ, які підлягають обов'язковій державній повірці. Відомчу повірку здійснюють підрозділи метрологічної служби підприємства. Конкретна номенклатура ЗВТ, що підлягають відомчій повірці, встановлюється відомчою метрологічною службою підприємства і територіальним органом Держстандарту. Право на здійснення метрологічною службою підприємства повірки конкретних видів ЗВТ надається територіальному органу Держстандарту.

Відповідно до Державної системи забезпечення єдності вимірювань повірка може бути *первинною, періодичною, позачерговою, інспекційною та експертною*.

Первинна повірка виконується вперше після виготовлення ЗВТ або після ремонту, а також при імпорті ЗВТ партіями.

Періодична повірка виконується протягом експлуатації ЗВТ через встановлений проміжок часу.

Позачергова повірка ЗВТ здійснюється раніше терміну чергової періодичної повірки.

Інспекційна повірка ЗВТ виконується при здійсненні державного нагляду та відомчого контролю за станом і використанням ЗВТ органами метрологічних служб.

Вибіркова повірка ЗВТ, що вибрані з партії ЗВТ встановленим чином, виконується за результатами, які визначають придатність усієї партії ЗВТ.

Поелементна повірка – це така повірка, під час якої метрологічні характеристики ЗВТ визначають за метрологічними характеристиками їх окремих частин.

Експертна повірка здійснюється при виникненні спірних питань щодо метрологічних характеристик, справності та придатності ЗВТ до застосування, а також правильності їх експлуатації. Таку повірку виконують органи державної метрологічної служби на основі письмових вимог (заяв) суду, прокуратори, поліції та підприємств.

7.2 Методи метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки

Всі методи метрологічної повірки поділяються на дві групи:

- з використанням зразкового ЗВТ;
- без використання зразкового ЗВТ - автономна перевірка.

Існують п'ять основних різновидів методів повірки, в яких використовується зразковий ЗВТ:

- метод безпосереднього порівняння ЗВТ, що повіряється, із зразковим ЗВТ;
- метод порівняння ЗВТ, що повіряється, із зразковим ЗВТ за допомогою компаратора;
- метод прямого вимірювання ЗВТ, що повіряється, величини, що відтворюється зразковою мірою (однозначною або багатозначною);
- метод прямого вимірювання зразковим ЗВТ величини, що відтворюється мірою, що повіряється;
- метод непрямого вимірювання величини, що відтворюється ЗВТ, що повіряється.

Всі методи повірки мають свої особливості, тому то розглянемо їх більш детально: - **метод безпосереднього порівняння ЗВТ, що повіряється, із зразковим ЗВТ** є самим найпоширенішим з методів повірки, так як його застосовують в галузі електричних та магнітних вимірювань для повірки

приладів прямого перетворення: амперметрів, вольтметрів, ватметрів, частотомірів, омметрів, та в галузі вимірювань механічних величин – для повірки манометрів та витратомірів.

Основою методу є одночасне вимірювання одного й того самого значення фізичної величини зразковим приладом та приладом, що повіряється. За результатами вимірювань порівнюють показання приладу, що повіряється, X_{Π} , з показаннями зразкового приладу, $X_{ЗР}$, та визначають похибку, Δ , приладу, що повіряється

$$\Delta = X_{\Pi} - X_{ЗР}$$

Перевагами методу є простота реалізації та відсутність складного вимірювального обладнання, недоліком – практична неможливість автоматизації повірки;

- метод порівняння ЗВТ, що повіряється, із зразковим ЗВТ за допомогою компаратора використовують при неможливості порівняння показів двох приладів. Наприклад, при порівнянні показів двох вольтметрів, один з яких використовується тільки у колах постійного струму, а другий тільки у колах змінного струму, або при порівнянні розмірів мір магнітних та електричних величин.

У схемі повірки застосовується проміжний елемент *компаратор*, який дає змогу опосередковано порівнювати дві різні або однорідні фізичні величини. Таке порівняння ЗВТ засноване на *методі протиставлення* або на *методі заміщення*.

Суть методу протиставлення ґрунтується на оцінюванні результату сумісної дії двох ЗВТ: зразкового та того, що повіряється, на два різні входи двоканального компаратора.

Метод заміщення реалізований на порівнянні результатів їх почергової дії на один і той самий вхід компаратора;

- метод прямого вимірювання ЗВТ, що повіряється, величини, що відтворюється зразковою мірою.

Метод реалізований на зміні розміру міри до суміщення покажчика аналогового приладу, що повіряється, з позначкою

шкали такого приладу, або до встановлення необхідного показу $X_{ПОВ}$ цифрового приладу, що повіряється, з подальшим визначенням абсолютної похибки, Δ , як різниці між показом ЗВТ, що повіряється, $X_{ПОВ}$, і дійсним значенням міри, X_N :

$$\Delta = X_{ПОВ} - X_N$$

Реалізація такого методу повірки потребує наявності спеціальних зразкових мір, які б відтворювали ту фізичну величину, в одиницях якої проградуєований ЗВТ, що повіряється. Перевагами методу є висока продуктивність повірки, можливість автоматизації, та, як наслідок, це призвело до появи нового різновиду багатозначних мір – калібраторів напруги та струму;

- метод прямого вимірювання зразковим ЗВТ величини, що відтворюється мірою, що повіряється використовується для повірки мір фізичних величин невисокої точності. Значення похибки у такому разі визначається як різниця між номінальним значенням міри, що повіряється, і показом зразкового ЗВТ, який одержаний при прямому вимірюванні розміру цієї міри.

Прикладами реалізації такого методу повірки є прямі вимірювання параметрів мір опору, ємності, індуктивності за допомогою мостів постійного та змінного струму, а мір ЕРС – за допомогою компенсаторів постійного струму або компараторів напруг;

- метод непрямих вимірювань величини, що відтворюється ЗВТ, що повіряється використовується у випадку, коли прямі вимірювання застосувати не є можливим або коли непрямі вимірювання є простішими, ніж прямі.

За відсутності зразкового лічильника необхідної точності значення $W_{ЗР}$ можна визначити як добуток потужності на час за показами зразкового ватметра і зразкового секундоміра.

Висновок: при проведенні повірки лічильника методом непрямих вимірювань електричної енергії сумарна похибка зразкових ЗВТ складається з похибки вимірювання потужності

та похибки вимірювання часу і не повинна перевищувати допустимого для цього лічильника значення.

Автономна перевірка – це перевірка без застосування зразкових ЗВТ та яка виникла для особливо точних ЗВТ, які не можуть бути повірені ні одним з існуючих вище методів внаслідок відсутності ще точніших ЗВТ з відповідними границями вимірювань.

Метод автономної перевірки найчастіше реалізується при повірці приладів порівняння. Суть методу – це порівняння величин, що відтворюється окремими елементами схем ЗВТ, що повіряється, з величиною, яка вибрана як базова і відтворюється в самому ЗВТ, що повіряється.

Перевагами автономної перевірки є висока точність та оперативність роботи, а недоліками є висока трудомісткість робіт з повірки.

Розглянемо вимоги до зразкових ЗВТ. Вибір зразкових ЗВТ є важливим завданням при організації повірки ЗВТ. В залежності від специфіки, обсягу і змісту повірки для кожного конкретного типу ЗВТ вимоги до вибору зразкових ЗВТ формуються індивідуально, але існують спільні, характерні для всіх ЗВТ, вимоги до вибору ЗВТ, а саме:

- зразковий ЗВТ повинен бути інваріантним до умов вимірювань і властивостей досліджуваних об'єктів, тобто ні умови вимірювань, ні властивості об'єктів не повинні впливати на його метрологічні характеристики;
- зразковий ЗВТ повинен бути призначений для вимірювань тих самих фізичних величин чи параметрів вимірювальних сигналів, що й ЗВТ, що повіряється, або тих величин, які передбачені методом повірки;
- діапазон вимірювань зразкового ЗВТ або діапазон зміни значень зразкової міри повинні бути більшими, ніж діапазон вимірювань ЗВТ, що повіряється;
- похибка вимірювання зразковим ЗВТ, $\delta_{ЗВТ}$ або сумарна похибка вимірювання зразковими ЗВТ не повинна

перевищувати $1/\alpha$ від значення похибки ЗВТ, що повіряється, $\delta_{\text{пов,гр}}$ при вимірюванні ними одного і того самого значення вимірюваної величини, тобто

$$\delta_{\text{ЗР,гр}} \leq \frac{1}{\alpha} \cdot \delta_{\text{ПОВ,гр}}$$

де $1/\alpha$ - співвідношення між похибками зразкового ЗВТ та ЗВТ, що повіряється.

Значення співвідношення α між похибками $\delta_{\text{ЗР,гр}}$ та $\delta_{\text{пов,гр}}$ може набувати такі значення: 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:4; 1:5 та 1:10. Співвідношення 1:3 є достатнім для того, щоб похибка зразкового ЗВТ істотно не впливала на результати перевірки. На основі попереднього співвідношення можна визначити необхідний клас точності зразкового ЗВТ. Наприклад, для перевірки приладу прямого перетворення (амперметра чи вольтметра), клас точності якого встановлено у вигляді основної допустимої зведеної похибки $\gamma_{\text{П,гр}}$ якого визначають як

$$\gamma_{\text{ЗР,гр}} \leq \alpha \cdot \gamma_{\text{П,гр}} \cdot \frac{X_{\text{К,П}}}{X_{\text{К,ЗР}}}$$

де α - співвідношення між похибками зразкового ЗВТ та ЗВТ, що повіряється; $\alpha = 1/3; 1/4; 1/5$; $X_{\text{К,П}}, X_{\text{К,ЗР}}$ - границі вимірювань ЗВТ, що повіряється, та зразкового.

7.3. Метрологічна перевірка приладів прямого перетворення

Прилад прямого перетворення - це вимірювальний прилад, в якому передбачено одне або декілька перетворень вимірювального сигналу без застосування зворотного зв'язку.

Прилади цього типу становлять основну масу електровимірювальних приладів. До них належать амперметри, вольтметри, ватметри, омметри, фарадоміри, фазометри, лічильники енергії та комбіновані прилади.

Під час перевірки виконуються такі операції:

- зовнішній огляд приладу;
- перевірка роботоздатності приладу;
- визначення впливу нахилу на покази приладу;
- перевірка електричної міцності ізоляції і визначення опору ізоляції;
- визначення основної похибки та варіації показів;
- встановлення величини «неповернення» покажчика на нульову позначку шкали;
- визначення часу заспокоєння рухомої частини приладу;
- розрахунок похибки спрацювання контактної пристрою;
- визначення похибки реєстрації показів.

На підготовчому етапі повірки приладів необхідно вибрати метод повірки, схему повірки та зразкові засоби вимірювальної техніки. ДСТУ2708-99 є основним нормативно-технічним документом, що регламентує вимоги до метрологічної повірки амперметрів, вольтметрів, ватметрів і варметрів.

Для повірки приладів на постійному струмі застосовуються такі методи повірки:

- метод прямих вимірювань за допомогою калібратора струму для *амперметрів класів точності 0,1...0,5*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими амперметрами для *амперметрів класів точності 1,0...5,0*;
- метод прямих вимірювань за допомогою цифрового вольтметра для *вольт-метрів класів точності 0,1...0,5*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими вольтметрами для *вольт-метрів класів точності 1,0...5,0*;
- метод непрямих (опосередкованих) вимірювань за допомогою компенсаційної установки для *ватметрів класів точності 0,1...0,5*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими ватметрами для *ватметрів класів точності 1,0...5,0*.

Для повірки приладів на змінному струмі застосовуються такі методи по-вірки:

- метод порівняння за допомогою компаратора для *амперметрів класів точно-сті 0,1...0,2*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими амперметрами та метод порівняння за допомогою компаратора для *амперметрів класів точності 0,5...5,0*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими вольтметрами та метод порівняння із зразковими вольтметрами для *вольтметрів класів точності 1,0...5,0*;
- метод порівняння за допомогою компаратора для *ватметрів класів точності 0,1...0,2*;
- метод безпосереднього порівняння із зразковими ватметрами і варметрами та метод порівняння за допомогою компаратора для *ватметрів та варметрів класів точності 0,5...5,0*.

При виборі зразкових ЗВТ для повірки приладів прямого перетворення основними задачами є визначення необхідного класу точності зразкового приладу і вибір його системи та границь вимірювання.

Співвідношення між основними похибками зразкових приладів та приладів, що повіряється, повинно бути не більш, ніж 1:3 при повірці приладів класів точності 0,05...0,5 і не більш, ніж 1:4 – для приладів класів точності 1,0...5,0. Варіація показань зразкового приладу не повинна перевищувати половини абсолютного значення границі його допустимої основної похибки. Допускається співвідношення приймати такими, що дорівнюють 1:2,5, але до показань зразкових приладів необхідно вводити поправки.

При виборі системи зразкового приладу керуються такими вимогами:

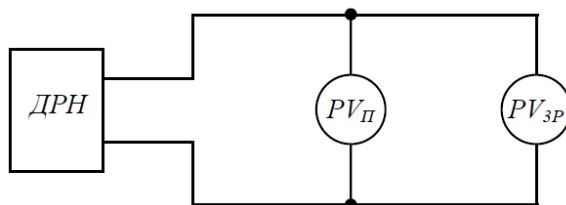
- повірка здійснюється на тому роді струму, для якого вони призначені;

- зразковий прилад повинен бути призначений для вимірювання тієї ж самої фізичної величини, що й прилад, що повіряється;
- діапазони вимірювань і частот зразкових приладів повинні включати відповідні діапазони приладу, що повіряється;
- при повірці приладу на змінному струмі слід обирати такий зразковий прилад, який реагує на зміну кривої сигналу так само, як і прилад, що повіряється.

При виборі границі вимірювання зразкового приладу необхідно виходити із співвідношення

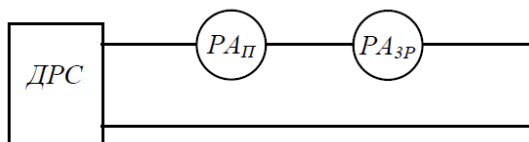
$$X_{к.зр} \geq X_{к.п}$$

Схеми повірки вольтметра методом безпосереднього порівняння із зразковим вольтметром:



ДРН – джерело регулювання напруги.

Схеми повірки амперметра методом безпосереднього порівняння із зразковим амперметром:



ДРС – джерело регулювання струму.

Значення абсолютної похибки, Δ , для таких схем визначається як різниця між показом X_{Π} приладу, що перевіряється, та показом зразкового приладу $X_{ЗР}$ за формулами:

$$\Delta = U_{\Pi} - U_{ЗР}; \quad \Delta = I_{\Pi} - I_{ЗР}$$

Відносна похибка вимірювання, $\delta_{ЗР.гр}$, зразковим приладом дорівнює значенню похибки показів зразкового приладу

$$\delta_{ЗР.гр} = \pm \delta_{PV_{ЗР}}; \quad \delta_{ЗР.гр} = \pm \delta_{PA_{ЗР}}$$

де $\delta_{PV_{ЗР}}$ - похибка показу зразкового вольтметра, %; $\delta_{PA_{ЗР}}$ - похибка показу зразкового амперметра, %.

Для розширення границь вимірювань зразкових приладів використовують подільники напруги при повірці вольтметрів на постійному та змінному струмі і вимірювальні трансформатори напруги тільки на змінному струмі. При повірці амперметрів використовують на постійному струмі шунти, а на змінному струмі – вимірювальні трансформатори струму.

Схема повірки вольтметра на постійному та змінному струмі при використанні подільника напруги:

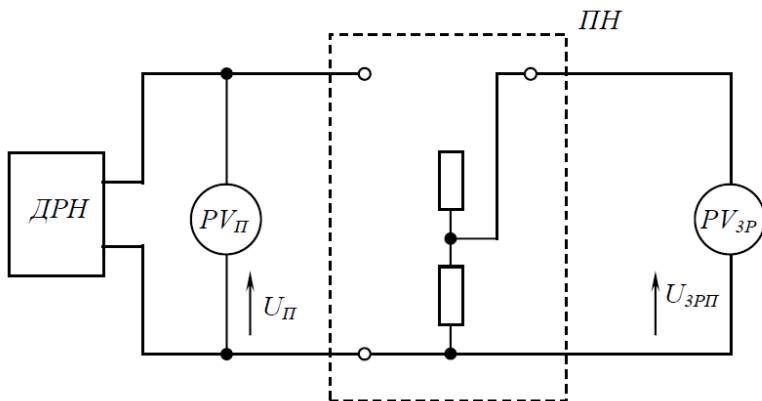
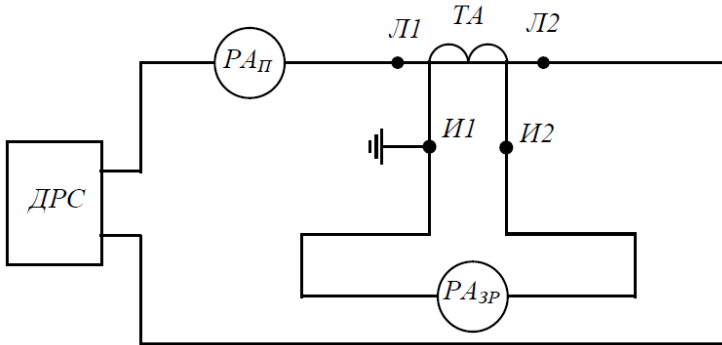


Схема повірки амперметра на змінному струмі при використанні вимірювального трансформатора струму:



Значення абсолютної похибки, Δ , для таких схем визначається за формулами:

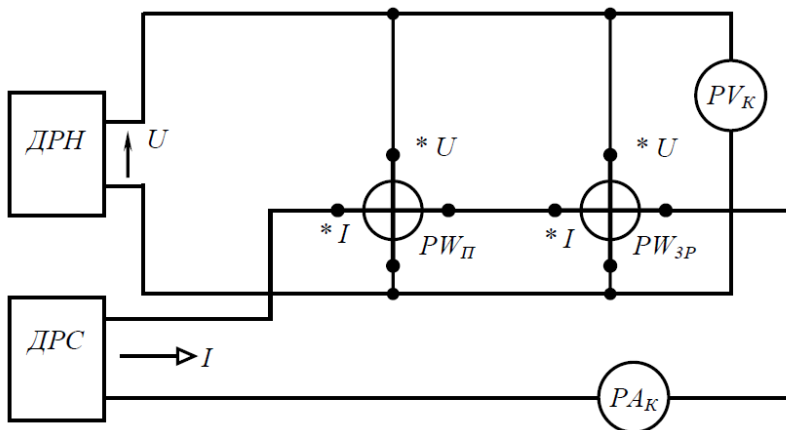
$$\Delta = U_{\text{П}} - k_{\text{ПН}} \cdot U_{\text{ЗР}} \qquad \Delta = I_{\text{ПОВ}} - k_{\text{ІН}} \cdot I_{\text{ЗР}}$$

Відносна похибка вимірювання, $\delta_{\text{ЗР.гр}}$, зразковим приладом дорівнює сумі похибок зразкового приладу та відповідного вимірювального перетворювача

$$\delta_{\text{ЗР.г}} = \pm \delta_{\text{PV}_{\text{ЗР}}} + \delta_{\text{ПН.гр}} \ , \qquad \delta_{\text{ЗР.гр}} = \pm \delta_{\text{РА}_{\text{ЗР}}} + \delta_{\text{І.гр}} \ ,$$

де $\delta_{\text{PV}_{\text{ЗР}}}$ - похибка показу зразкового вольтметра, %; $\delta_{\text{РА}_{\text{ЗР}}}$ - похибка показу зразкового амперметра, %.

Схема повірки ватметрів методом безпосереднього порівняння із зразковим ватметром при роздільному живленні кіл струму та напруги:



Похибки показів зразкових приладів: амперметра, $\delta_{PA_{3P}}$, вольтметра, $\delta_{PV_{3P}}$ ватметра, $\delta_{PW_{3P}}$, визначають відповідно за формулами

$$\delta_{PA_{3P}} = \pm \gamma_{PA_{гр}} \cdot \frac{X_{K.PA_{3P}}}{X_{PA_{3P}}}$$

де $\gamma_{PA_{гр}}$ - клас точності зразкового амперметра; $X_{K.PA_{3P}}$ - границя вимірювання зразкового амперметра; $X_{PA_{3P}}$ - показ зразкового амперметра, що відповідає показові амперметра, що повіряється;

$$\delta_{PV_{3P}} = \pm \gamma_{PV_{гр}} \cdot \frac{X_{K.PV_{3P}}}{X_{PV_{3P}}}$$

де $\gamma_{PV_{гр}}$ - клас точності зразкового вольтметра; $X_{K.PV_{3P}}$ - границя вимірювання зразкового вольтметра; $X_{PV_{3P}}$ - показ зразкового вольтметра, що відповідає показові вольтметра, що повіряється;

$$\delta_{PW_{3P}} = \pm \gamma_{PW_{гр}} \cdot \frac{X_{K.PW_{3P}}}{X_{PW_{3P}}}$$

де $\gamma_{PW_{гр}}$ - клас точності зразкового ватметра; $X_{K.PW_{3P}}$ - границя вимірювання зразкового ватметра. $X_{PW_{3P}}$ - показ

зразкового ватметра, що відповідає показові ватметра, що повіряється.

Контрольні запитання.

- 1 Що таке повірка засобів вимірювальної техніки? Яка мета повірки?
- 2 Які види повірок Вам відомі?
- 3 Які Ви знаєте методи повірки засобу вимірювань?
- 4 Охарактеризуйте метод безпосереднього порівняння засобу вимірювань зі зразковим приладом.
- 5 Що таке автономна повірка ЗВТ?
- 6 Охарактеризуйте основні операції повірки.
- 7 Які повинен співвідноситися клас точності зразкового приладу та приладу, що повіряється?
- 8 За якими умовами слід обирати систему зразкового приладу?
- 9 За якими аналітичними формулами визначаються величини абсолютної, відносної та приведеної похибок приладу, що повіряється, за результатами повірки?
- 10 За якими аналітичними формулами визначаються величини похибок показів зразкових приладів при повірці ватметрів методом безпосереднього повіряння із зразковим приладом при роздільному живленні кіл струму та напруги?

Тема 7. Вимірювальні прилади.

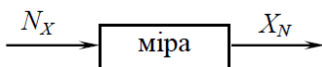
Лекція 8. Відтворення фізичної величини. Міри. Основні характеристики вимірювальних приладів. Структурні схеми вимірювальних приладів та систем. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади.

8.1. Відтворення фізичної величини. Міри.

Відтворення фізичної величини – це вимірювальна операція, що полягає у створенні та (чи) зберіганні фізичної величини заданого значення. Відтворення є найважливішою операцією вимірювання, тому що визначається ступінь його досконалості - точність. Засіб відтворення фізичної величини в метрології має назву **міра**.

Міра – це вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення та (або) зберігання фізичної величини заданого розміру.

Структурна схема міри:



На вхід такого пристрою надходить значення відтворюваної величини, наприклад, N_X , а на виході – відтворена із заданою точністю величина X_N .

Основними характеристиками мір фізичних величин є номінальне значення міри, істинне та дійсне значення міри та похибка міри. Розглянемо кожну характеристику міри фізичних величин більш детально:

- **номінальне значення міри** – це значення величини, яке присвоєне мірі для відтворення цієї величини, так як істинне значення фізичної величини не можливо визначити через неминучість похибки вимірювання;

- **дійсне значення міри** – це значення міри, яке знайдене вимірюванням з точністю, яка дозволяє використовувати його замість істинного значення фізичної величини;

- **похибка міри** – це різниця між номінальним значенням міри й істинним X (дійсним X_d) значенням величини, яку міра відтворює, а саме

$$\Delta_m = X_n - X = X_n - X_d$$

Оскільки, дійсне значення міри ближче до істинного значення, ніж номінальне, то, щоб підвищити точність оцінювання вимірюваної величини під час порівняння з мірою, замість X_n треба використовувати X_d , яке вказується у технічній документації на міру.

Міри поділяються на **еталони, зразкові та робочі**.

Еталони займають значне місце серед мір, так як мають найвищу точність та здійснюють відтворення та зберігання одиниць фізичних величин з метою передачі їх розміру зразковим мірам.

Зразкові міри передають розмір фізичних величин **робочим мірам**, які призначені для визначення метрологічних характеристик засобів вимірювання.

Крім того, міри поділяються на **однозначні**, які відтворюють фізичну величину у даний момент часу одного розміру, і **багатозначні**, які відтворюють багато значень фізичної величини із заданими у деякому діапазоні.

Вимірювальне перетворювання фізичної величини – це вимірювальна операція, під час якої вхідна фізична величина перетворюється у вихідну, функціонально з нею пов'язану. Головна задача вимірювальних перетворень – це одержання вихідних фізичних величин та залежностей між ними, які зручні для порівняння та відтворення.

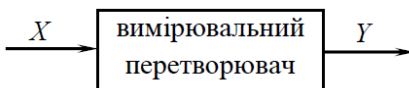
До вимірювального перетворювання фізичної величини належать:

- лінійне (масштабне) перетворення фізичної величини без зміни її роду;
- нелінійне перетворення фізичної величини без зміни її роду;
- лінійне перетворення фізичної величини зі зміною її роду;
- нелінійне перетворення фізичної величини без зміни її роду.

Завдяки вимірювальному перетворенню досягається узгодження роду, меж зміни і частотного діапазону сигналів.

Вимірювальний перетворювач – це вимірювальний пристрій, що реалізує вимірювальне перетворення.

Структурна схема вимірювального перетворювача:



Вимірювальні перетворювачі (ВП) класифікують за такими ознаками:

- за структурою побудови – на *ВП прямого перетворення* (з розімкненою структурою) та *ВП зрівноважувального перетворення* (з замкненою структурою);
- за зміною роду вихідної величини – на *ВП без зміни роду* та *ВП зі зміною роду вихідної величини*, які необхідні у тих випадках, коли для вимірюваної вхідної величини немає міри або компаратора;
- за характером залежності – на *лінійні* та *нелінійні*;
- за кількістю каналів – на *одно-* та *багатоканальні*;
- за видом вихідного сигналу – на *параметричні* та *генераторні*;

- за родом фізичних явищ – на *термоелектричні*, *оптоелектричні*, *п'єзоелектричні*, *електромагнітні* та *магнітоелектричні*;

- за принципом дії – на *генераторні* та *параметричні*.

Генераторний ВП – це перетворювач, вихідні сигнали яких мають енергетичні властивості – напруга, струму, магніторушійна та електрорушійна сили.

Параметричні ВП - це перетворювач, в яких зміна вхідного сигналу призводить до зміни їх параметрів – опору, індуктивності, ємності та частоти.

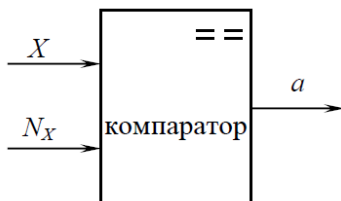
Порівняння – це вимірювальна операція, що полягає у відображенні співвідношення між розмірами двох однорідних фізичних величин відповідальним висновком: більша, менша чи однакова за розміром. Порівняння величин широко використовується в різноманітних процедурах: вимірюванні, контролі, розпізнаванні образів та керуванні.

Компаратор (пристрій порівняння) – це вимірювальний пристрій, що реалізує порівняння однорідних фізичних величин. Компаратори класифікують за такими ознаками:

- за характером дії над сигналами при порівнянні – на компаратори з відніманням сигналів і компаратори з комутацією сигналів;

- за кількістю каналів – на одно- і багатоканальні.

Структурна схема компаратора:



Такий пристрій має два входи і один вихід. На один вхід «X» компаратора подається вимірювана величина X, або

вихідна величина вимірювального перетворювача, а на другий вхід « X_N » – однорідна величина X_N , яка відтворена мірою. Вихідним сигналом компаратора є логічний сигнал a , який може бути «1», якщо вхідні величини компаратора однакові, або «0», якщо сигнали різні.

Масштабне вимірювальне перетворення є різновидом вимірювального перетворення, однак через широке застосування та наявність великої кількості ланок, які реалізують лише цю операцію, варто розглянути її окремо.

Масштабне перетворення – це лінійне вимірювальне перетворювання вхідної величини без зміни роду. В результаті масштабного перетворення вхідна величина перетворюється в однорідну вихідну, розмір якої пропорційний в k -раз розміру вхідної.

Масштабний перетворювач – це вимірювальний перетворювач, який реалізує масштабне вимірювальне перетворення. Прикладом масштабних вимірювальних перетворювачів є шунти для амперметрів, додаткові резистори для вольтметрів, а також вимірювальні трансформатори струму та напруги.

Числове вимірювальне перетворення – це операція обчислення проміжних результатів вимірювань з метою отримання остаточного результату.

Числовий вимірювальний перетворювач – це вимірювальний пристрій, що є сукупністю засобів обчислювальної техніки та програмного забезпечення і виконує обчислювальні операції під час вимірювань.

8.2. Основні характеристики вимірювальних приладів.

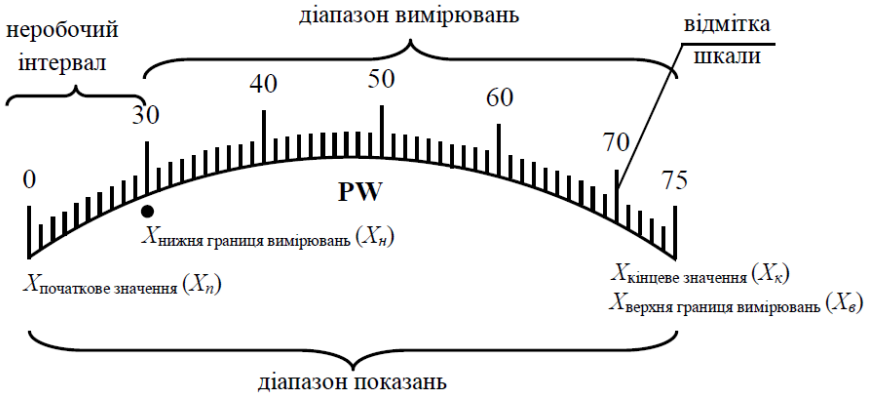
Основними характеристиками вимірювальних приладів є діапазон показів, діапазон вимірювань, поріг чутливості, ціна поділки шкали та стала приладу – для аналогових вимірювальних приладів та значення одиниці найменшого розряду – для цифрових вимірювальних приладів.

Як було зазначено раніше складовою частиною аналогового приладу є шкала.

Шкала – це частина пристрою відліку у вигляді впорядкованої сукупності позначок разом з пов’язаною з нею певною послідовністю чисел. Позначкою шкали може бути риска або інший знак на шкалі, що відповідає одному або декільком значенням вимірюваної величини.

Якщо довжина поділок (відстань між осями сусідніх позначок) є незмінною вздовж всієї шкали, то така шкала є **рівномірною**. Шкала з поділками різної довжини має назву **нерівномірної (нелінійної)**.

Структура шкали аналогового приладу- ватметра:



Вказане на шкалі *початкове значення шкали* X_n є найменшим значенням вимірюваної величини X . Вказане на шкалі *кінцеве значення шкали* X_k є найбільшим значенням вимірюваної величини X .

- початкове значення шкали X_n дорівнює 0 Вт ;
- нижня границя вимірювання X_n дорівнює 30 Вт ;
- верхня границя вимірювання X_b дорівнює верхній границі показів X_k та дорівнюють 75 В ;
- діапазон показів становить $0 \dots 75 \text{ Вт}$;

- діапазон вимірювань становить 30...75 Вт.

Діапазон показань – це інтервал значень вимірюваної величини, який обмежений найменшим у діапазоні показів та найбільшим її значенням.

Частина діапазону показів засобу вимірювань, для якої про нормовані границі допустимих похибок, називається **діапазоном вимірювань**.

Найменше і найбільше значення діапазону вимірювань називають **нижньою X_n і верхньою X_v границею вимірювань**.

Верхня границя вимірювання X_v практично завжди збігається з верхньою границею показів X_k ЗВ, тобто $X_v = X_k$, а нижня границя вимірювання X_n не завжди збігається з початковим значенням шкали X_n .

Інтервал показів між позначками шкали X_n та X_n є неробочим і не входить в діапазон вимірювань засобу вимірювання. У таких випадках нижню границю вимірювання X_n засобу позначають спеціальною точкою на шкалі біля цифри.

Показ вимірювального приладу (x) – це значення вимірюваної величини, яке відтворене шкалою вимірювального приладу і подане сигналом вимірювальної інформації. Найбільше число, яке можна зчитати з пристрою відліку, має назву **максимальний показ**.

Відлік (N_v) – це неіменоване абстрактне число, яке зчитане з пристрою відліку або одержане підрахунком послідовних позначок чи сигналів. Найбільше число, яке можна зчитати з пристрою відліку, має назву **максимальний відлік ($N_v.max$)**.

Ціна поділки шкали ($C_{под}$) – це різниця значень вимірюваної величини, що відповідає відстані між двома найближчими позначками шкали.

Става приладу (C) – це відношення границі вимірювання приладу (X_k)

або максимального значення багатозначної міри до максимального показу і є

іменованим числом в одиницях величини x .

Сталу приладу визначають за виразом

$$C = \frac{X_k}{N_{B.max}}$$

Показ x , відлік N_B , стала приладу C і ціна поділки шкали $C_{под}$ пов'язані між собою співвідношенням

$$x = N_B \cdot C = N_{под} \cdot C_{под}$$

Характеристикою засобу вимірювань, яка визначає близькість його показів до істинного значення вимірюваної величини, є точність засобу вимірювань.

Показником точності є *клас точності ЗВ*.

Клас точності засобу вимірювань – це узагальнена характеристика засобу, яка визначається границями його допустимих основної і додаткових похибок, а також регламентованими характеристиками, що впливають на його точність. Слід відзначити, що клас точності ЗВ – це не похибка, а кількісна характеристика, за величиною якої можна оцінити похибку ЗВ.

На практиці можна застосувати вимірювальний прилад високого класу

точності, але в результаті неправильно проведеного експерименту (наприклад, в області неробочого інтервалу вимірювань) отримати велику похибку показу приладу.

Клас точності, в загальному вигляді, записується через косу риску з двома літерами c/d : літера d – клас точності при нульовому значенні $x = 0$, літера c – клас точності при кінцевому значенні $x = X_k$.

Числове значення класу точності ЗВТ вказується на циферблаті аналого

вого вимірювального приладу або у паспорті чи технічному описі приладу.

Основною характеристикою цифрових вимірювальних приладів є значення одиниці найменшого розряду – це розмір одного кванта q цифрового ЗВ, що відповідає різниці між двома сусідніми станами цифрового вихідного значення.

Показ для цифрових приладів визначається співвідношенням

$$x = N_x \cdot q$$

де N_x – кількість кроків квантування (квантів) з розміром q , який відповідає одиниці молодшого розряду цифрового ЗВ.

Стала цифрового ЗВ збігається з ціною поділки і дорівнює розміру кроку квантування q

$$C = C_{\text{под}} = q$$

Для вимірювальних перетворювачів існують *статичні* та *динамічні* характеристики.

Статична характеристика перетворення відповідає статичному режиму

роботи вимірювального перетворювача, за якого перетворювана величина не

залежить від часу, а тривалість перетворення достатня для загасання перехідних процесів у вимірювальному колі.

Основними статичними характеристиками вимірювальних перетворювачів є характеристика градування, номінальна статична функція перетворення, коефіцієнт перетворення, чутливість та поріг чутливості (зона нечутливості) та похибки.

Для вимірювальних перетворювачів основною статичною характеристи

кою є **поріг чутливості**, який характеризує найменше значення вхідної величини, що викликає помітну зміну

вихідної величини, та має розмірність вимірюваної величини. Наприклад, функцією перетворення термоелектричного перетворювача є залежність між електрорушійною силою E та температурою середовища Θ : $E=F(\Theta)$. Чутливість такого термоелектричного перетворювача має розмірність $[mB/^{\circ}C]$, а поріг чутливості має розмірність $[^{\circ}C]$.

Зона нечутливості – це діапазон значень вимірюваної величини, в межах якого її зміна не викликає зміни показу засобу вимірювань.

Абсолютна похибка перетворювача за виходом – це різниця між істинним значенням вихідної величини перетворювача, що відповідає вхідній величині, та значенням вихідної величини, яка одержана за істинним значенням вхідної величини за допомогою номінальної функції перетворення. Причиною похибок вимірювальних перетворювачів є різниця між дійсною $F(X)$ та номінальною $F_{ном}(X)$ функціями перетворення, тому то на практиці абсолютна похибка за виходом визначається

$$\Delta y = y_d - y_{ном} = k_d X - k_{ном} X \cdot x_d$$

де x_d – дійсне значення величини, яка подана до входу вимірювального перетворювача;

y_d – дійсне значення вихідної величини, виміряне на виході вимірювального перетворювача;

$y_{ном}$ – значення вихідної величини, яке знайдене за номінальною функцією перетворення $F_{ном}(X)$ перетворювача для дійсного значення вхідної величини x_d ;

$k_d(X)$ – дійсний коефіцієнт перетворення;

$k_{ном}(X)$ – номінальний коефіцієнт перетворення.

Абсолютна похибка, яка приведена до входу перетворювача, визначається за формулою

$$\Delta x = x - x_d = \frac{y}{k_{ном} X} - x_d$$

де x – значення вхідної величини, яка відповідає дійсному значенню вихідної величини y_0 , що знайдене за номінальною функцією перетворення вимірювального перетворювача;

$k_{ном}(X)$ – номінальний коефіцієнт перетворення.

Описані вище характеристики є статичними, тобто такими, які характеризують статичний режим роботи вимірювального перетворювача. За такого режиму розмір вимірюваної величини за час її вимірювання залишається незмінним, а час вимірювання є достатнім для загасання перехідних процесів, що виникають у вимірювальному колі при наявності вхідного сигналу. Статичний режим роботи перетворювача є граничним випадком динамічного режиму роботи. За такого режиму розмір вимірюваної величини за час її вимірювання може змінитися, а за час вимірювання не досягається повне загасання перехідних процесів. У такому разі необхідно вимірювання здійснювати за найкоротший час.

Основними динамічними характеристиками вимірювальних перетворювачів є час перетворення та гранична частота перетворення.

Час перетворення перетворювача – це час, за який динамічна похибка стає допустимою похибкою.

Гранична частота перетворення – це така частота сигналу, при якому динамічна похибка стає допустимою похибкою. Крім метрологічних характеристик засобів вимірювань важливо знати їх й неметрологічні характеристики, а саме, надійність, роботоздатність, відмова, безвідмовність, довговічність, економічність та термін служби.

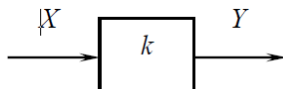
8.3. Структурні схеми вимірювальних приладів та систем

В сучасних засобах вимірювань здійснюються різноманітні та багатетапні перетворення сигналів вимірювальної інформації. Для аналізу складних перетворень

сигналів у засобах вимірювань доцільно перетворення сигналів поділити на низку простих елементарних операцій над вимірювальними сигналами.

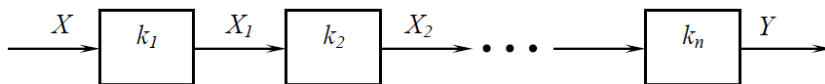
Кожній операції відповідає *ланка* структури, яка графічно ілюструє дану операцію над вхідним X сигналом для отримання вихідного сигналу Y .

Ланка структури засобу вимірювань:



Як наслідок, складний, багатоетапний, розгалужений процес перетворення інформації у вимірювальному пристрої зображується графічно у вигляді *структурної схеми* або *структури вимірювального пристрою*.

Структура вимірювального пристрою (структурна схема):



Структурна схема вимірювального пристрою – це схема, що відобра-

жає його основні функціональні частини (структурні елементи) та їх призначення та взаємозв'язки.

За структурою вимірювальні пристрої можна поділити на три типи:

- пристрої прямого перетворення;
- пристрої зрівноважувального (компенсаційного) перетворення;
- пристрої комбінованого перетворення.

Пряме перетворення характеризується тим, що вимірювальна інформація передається тільки в одному напрямі – від входу до виходу без зворотного зв'язку між ними. Сигнал

послідовно етап за етапом перетворюється і на виході має форму, яка доступна для безпосереднього сприйняття експериментатором.

Коефіцієнт перетворення засобу вимірювань за такою структурою за умови, що всі перетворювальні елементи мають лінійні функції перетворення, дорівнює добутку коефіцієнтів перетворення окремих перетворювачів структури за формулою

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$$

Відносна похибка дорівнює сумі відносних похибок від окремих перетворювальних елементів

$$\delta = \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta k_1}{k_1} + \frac{\Delta k_2}{k_2} + \dots + \frac{\Delta k_n}{k_n}$$

Зрівноважувальне перетворення – це перетворення, при якому вхідна величина зрівноважується іншою однойменною величиною.

Існує два види зрівноважувального перетворення:

- слідкувальне статичне зрівноважувальне перетворення,

Структурна схема вимірювального кола засобу вимірювання слідкувального (статичного) зрівноважувального перетворення:

ділянка прямого перетворення



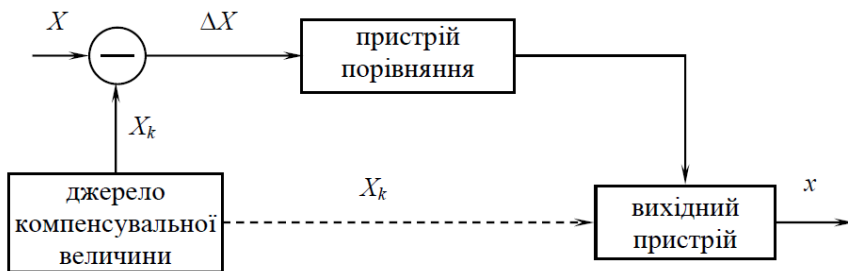
- астатичне зрівноважування,

Структурна схема вимірювального кола засобу вимірювання астатичне зрівноважування:



- розгортальне зрівноважувальне перетворення.

Структурна схема вимірювального кола засобу вимірювання розгортального зрівноважувального перетворення:



При розгортальному зрівноважувальному перетворенні вхідна величина X зрівноважується компенсувальною величиною, а саме

$$X_k = \beta \cdot Y \quad \text{ділянки зворотного перетворення.}$$

Слід відзначити, що величина Y - це вихідна величина ділянки прямого

перетворення, а коефіцієнт β - це коефіцієнт перетворення зворотного перетворювача. На вхід ділянки прямого перетворення надходить різниця $\Delta X = X - X_k = X - \beta \cdot Y$. Коефіцієнт перетворення K засобу слідкувального зрівноважувального перетворення буде дорівнювати

$$K = \frac{Y}{X} = \frac{k \cdot \Delta X}{X_k + \Delta X} = \frac{k \cdot \Delta X}{k \cdot \beta \cdot \Delta X + \Delta X} = \frac{k}{1 + k \cdot \beta}$$

Відносна похибка дорівнює

$$\delta_K = \frac{dK}{K} = \frac{1}{1+k\cdot\beta} \cdot \delta_k - \frac{k\cdot\beta}{1+k\cdot\beta} \cdot \delta_\beta \approx -\delta_\beta$$

Астатичне зрівноважувальне перетворення характеризується тим, що в

ділянці прямого перетворення є інтегровальний перетворювач, завдяки якому

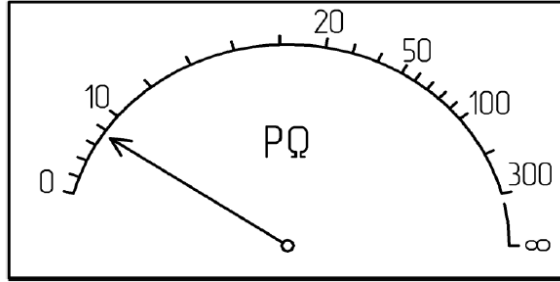
після закінчення процесу зрівноваження $\Delta X = X - X_k = 0$, його вихідна величина Y стає рівною постійному значенню, а значення величини, що вимірюється, можна оцінити як $X = X_k$.

У випадку розгортального зрівноваження компенсувальну величину генерує автономне джерело компенсувальної величини, яка змінюється автоматично до тих пір, поки $\Delta X = X - X_k$ стає таким малим, що починає реагувати пристрій порівняння і подає сигнал на вихідний пристрій про те, що $X = X_k$, а джерело компенсувальної величини подає сигнал про значення X_k .

8.4. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади

Аналогові та цифрові прилади відрізняються способом отримання результату вимірювання.

В аналогових приладах значення фізичної величини, що вимірюється, перетворюється в кутове або лінійне переміщення покажчика (стрілочного чи світлового). Таке переміщення є аналогом розміру вимірюваної величини. Експериментатор безпосередньо здійснює відлік числового значення величини за шкалою приладу.

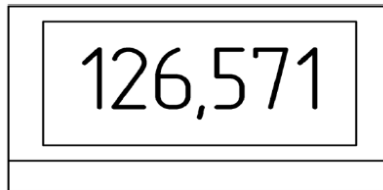


Вимірне значення опору за показаннями аналогового омметра становить 8 Ом.

У цифрових приладах значення вимірної величини отримується автоматично, у вигляді числового значення з відповідною одиницею. Експериментатор не бере безпосередньої участі у формуванні відліку.

Аналогові прилади поділяються на електромеханічні та електронні.

Електромеханічний прилад складається з вимірювального кола, вимірювального механізму та пристрою відліку.

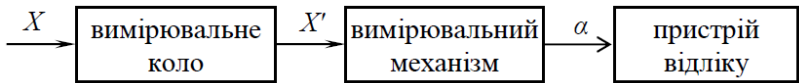


Вимірне значення напруги за показаннями цифрового вольтметра дорівнює 126,571 В.

Аналогові прилади поділяються на електромеханічні та електронні.

Електромеханічний прилад складається з вимірювального кола, вимірювального механізму та пристрою відліку.

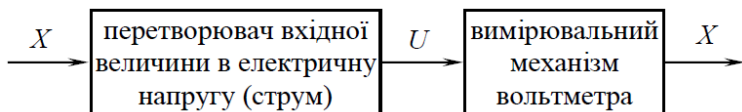
Структурна схема електромеханічного приладу:



Вимірювальне коло здійснює кількісне чи якісне перетворення вимірюваної електричної величини X в електричну X' , яка зручна для вимірювань. Вимірювальний механізм перетворює електричну величину X' в механічне переміщення (кутове або лінійне) α , значення якого визначається по шкалі пристрою відліку. Пристрій відліку містить шкалу з поділками та покажчик (механічний – стрілочний або світловий – плямка).

Електронний аналоговий прилад складається з вхідного електронного перетворювача вимірюваної величини у вихідну напругу, яка вимірюється електромеханічним вольтметром.

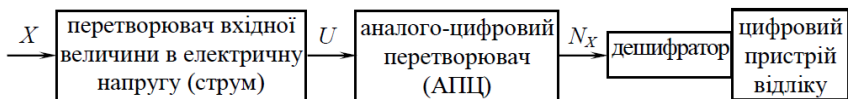
Структурна схема електронного аналогового приладу:



Вихідною величиною може бути струм, тоді на виході електронного аналогового приладу може використовуватися міліамперметр.

Цифровими вимірювальними приладами є прилади, які в процесі вимірювання здійснюють автоматичне перетворення безперервної вимірювальної величини в дискретну з індикацією результату вимірювань на цифровому пристрої відліку.

Структурна схема цифрового вимірювального приладу:



Обов'язковим елементом кожного цифрового вимірювального приладу є **аналого-цифровий перетворювач (АЦП)** - вимірювальний пристрій, що здійснює автоматичне перетворення розміру вихідної величини (напруги) вхідного перетворювача у її цифрове (числове) значення.

Таке перетворення має назву аналого-цифрове перетворення. На виході цифрового приладу використовується цифровий пристрій відліку, за допомогою якого через дешифратор результат вимірювання подається у вигляді цифр або знаків.

Існує широкий спектр вимірювальних приладів, які відрізняються між собою за видом і родом вимірюваних величин, за діапазонами та характеристиками точності їх вимірювань та іншими характеристиками. На промислових об'єктах переважно використовують стаціонарні (щитові) прилади (аналогові та цифрові) для вимірювань однієї величини в одному, сталому діапазоні. Наприклад, вольтметр для вимірювання напруги мережі живлення, термометр для вимірювання температури у технологічній пічці. У технічних та лабораторних вимірюваннях широко застосовуються прилади, які можуть вимірювати декілька величин у різних діапазонах. Такі прилади називають мультиметрами, вони здебільшого призначені для вимірювань у різних діапазонах електричних величин: постійних та змінних струму та напруги, електричного опору, частоти і періоду змінних сигналів.

Існують мультиметри для вимірювання неелектричних величин зі стандартними функціями перетворення, наприклад, температури при використанні вимірювальних перетворювачів – термісторів, термоелектричних та резистивних перетворювачів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке вимірювальні пристрої? Наведіть приклади.
2. Розкрийте суть поняття «структурна схема вимірювального пристрою».
3. Охарактеризуйте такі поняття «шкала приладу», «діапазон показань та діапазон вимірювань», «показ вимірювального приладу», «ціна поділки» та «стала приладу».
4. Як пов'язані між собою показ, стала приладу та ціна поділки?
5. Що таке чутливість ЗВТ та його поріг чутливості?

Тема 8. Методика вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж [1].

Лекція 9. Методи та засоби вимірювань у галузі телекомунікаційного зв'язку. Загальна характеристика засобів вимірювань у галузі телекомунікацій. Призначення методики вимірювань. Нормативні посилання. Позначення та скорочення. Терміни та визначення понять. Сфера застосування. Об'єкти вимірювань. Мета вимірювань. Методи вимірювань. Загальні положення. Схема під'єднання. Метод зворотного розсіювання. Методи та засоби вимірювань параметрів передачі систем WDM. Застосування око-діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів.

9.1. Методи та засоби вимірювань у галузі телекомунікацій та зв'язку.

9.1.1. 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.

9.1.2. Призначення методики вимірювань.

Методика вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж (далі - Методика) розроблена відповідно до [Закону України](#) «Про телекомунікації» [2], [Закону України](#) «Про метрологію та метрологічну діяльність» [3], та на основі [Положення про вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж з метою здійснення державного нагляду у сфері телекомунікацій](#) [4], затвердженого рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 30 липня 2013 року № 487, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 19 серпня 2013 року за № 1426/23958 (далі - Положення про вимірювання), інших нормативно-правових актів та нормативних документів у сфері телекомунікацій.

Методика визначає сукупність процедур та послідовність дій щодо вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж загального користування в частині порядку маршрутизації трафіку голосової телефонії та відповідності параметрів телекомунікаційних мереж вимогам, що визначені нормативно-правовими актами та нормативними документами у сфері телекомунікацій.

9.1.3. Нормативні посилання

У цьому документі є посилання на такі нормативно-правові акти та нормативні документи у сфері телекомунікацій:

[Закон України](#) «Про метрологію та метрологічну діяльність» [3];

[Закон України](#) «Про телекомунікації» [2];

рішення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 05 липня 2012 року № 324 «Про затвердження Порядку маршрутизації трафіка в телекомунікаційній мережі загального користування України», зареєстроване в Міністерстві юстиції України 25 липня 2012 року за № 1252/21564 [5];

наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 13 грудня 2007 року № 1164 «Про затвердження нормативного документа «Спільноканальна сигналізація № 7. Національна версія України. Правила використання у телефонній мережі загального користування. Версія 3.0»[6];

наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 20 серпня 2010 року № 607 «Про затвердження Технічних вимог до маршрутизації трафіку в телефонній мережі загального користування України»[7];

наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 04 серпня 2010 року № 558 «Про затвердження Технічних вимог до взаємоз'єднання та взаємодії телефонних мереж загального користування з різними технологіями обробки, комутації, перенесення сигналів»[8];

наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 07 травня 2015 року № 252 «Про затвердження нормативного документа «Телекомунікаційна мережа загального користування. Телефонна мережа. Технічні вимоги»[9].

9.1.4. Позначення та скорочення

У нормативних документах застосовано такі позначення та скорочення:

АВН	автоматичний визначник номеру;
АСТС	аналізатор сигналізації телекомунікаційних систем;
АТС	автоматична телефонна станція;
ЗВТ	засоби вимірювальної техніки;
ЗЛ	з'єднувальна лінія;
ЗЗЛ	замовно-з'єднувальна лінія;
ЗЛМ	з'єднувальна лінія міжміська;
КАЗС	контролер аналізатора ланок сигналізації;
КК	комутація каналів;
КО	кінцеве обладнання;
КП	комутація пакетів;

КПВ	контроль посилки виклику;
МЦК	міжнародний центр комутації;
ОПТ	оператор, провайдер телекомунікацій;
ПЗ	програмне забезпечення;
ПЦТ	первинний цифровий тракт;
СКС-7	спільноканальна сигналізація № 7;
ТМ	телекомунікаційна мережа;
ТМЗК	телекомунікаційна мережа загального користування;
ТфМЗК	телефонна мережа загального користування;
ФТЗ	фіксований телефонний зв'язок;
CAS	сигналізація по асоційованому каналу (Channel Associated Signaling);
CDR	деталізований запис про виклик (Call Detail Recording);
DPC	код пункту призначення сигналізації (destination point code);
ETSI	Європейський інститут стандартів у сфері телекомунікацій (European Telecommunications Standardization Institute);
IAM	Initial Address Message;
INR	Information Request;
IMEI	міжнародний ідентифікаційний номер обладнання рухомої станції (International Mobile Station Equipment Identity);
ISDN	цифрова мережа інтегрованого обслуговування (Integrated Service Digital Network);
ISUP	підсистема користувача мережі з інтеграцією служб;
ITU-T	Сектор стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку;
LAC	ідентифікаційний номер географічної зони (Location Area Code);

MSC	центр комутації рухомого (мобільного) зв'язку (Mobile Switch Centre);
OPC	код вихідного пункту сигналізації (origination point code).

9.1.5. Терміни та визначення понять

У даному матеріалі використано терміни, визначені у:

Законах України [«Про телекомунікації» \[2\]](#) та [«Про метрологію та метрологічну діяльність»\[3\]](#);

наказі Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 07 травня 2015 року № 252 «Про затвердження нормативного документа «Телекомунікаційна мережа загального користування Телефонна мережа. Технічні вимоги»[9];

рішенні Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 05 липня 2012 року № 324 «Про затвердження Порядку маршрутизації трафіка в телекомунікаційній мережі загального користування України», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 липня 2012 року за № 1252/21564 [5].

9.1.6. Сфера застосування

Ця Методика застосовується для здійснення вимірювань на телекомунікаційних мережах загального користування.

9.1.7. Об'єкти вимірювань

Об'єктами вимірювань є телекомунікаційні мережі загального користування (місцева, міжміська, міжнародна) в частині параметрів, технічних характеристик їх функціонування, в тому числі:

протоколи міжстанційного сигнального обміну ТМЗК України;

протоколи сигнального обміну між вузлами мереж передачі даних;

обсяг викликів голосової телефонії на певних напрямках зв'язку;

часові характеристики (параметри) трафіку голосової телефонії, вимоги до яких визначені в нормативно-правових актах та нормативних документах:

рішенні Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 05 липня 2012 року [№ 324](#) «Про затвердження Порядку маршрутизації трафіка в телекомунікаційній мережі загального користування України», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 липня 2012 року за № 1252/21564 [5];

наказі Міністерства транспорту та зв'язку України від 12 грудня 2007 року [№ 1164](#) «Про затвердження нормативного документа «Спільноканальна сигналізація № 7. Національна версія України. Правила використання у телефонній мережі загального користування. Версія 3.0» [6];

наказі Міністерства транспорту та зв'язку України від 20 серпня 2010 року [№ 607](#) «Про затвердження Технічних вимог до маршрутизації трафіку в телефонній мережі загального користування України» [7];

наказі Міністерства транспорту та зв'язку України від 04 серпня 2010 року [№ 558](#) «Про затвердження Технічних вимог до взаємоз'єднання та взаємодії телефонних мереж загального користування з різними технологіями обробки, комутації, перенесення сигналів» [8];

наказі Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 07 травня 2015 року № 252 «Про затвердження нормативного документа «Телекомунікаційна мережа загального користування. Телефонна мережа. Технічні вимоги» (далі - НПА та НД) [9].

9.1.8. Мета вимірювань

Вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж (ТМ) проводиться з метою визначення їх відповідності вимогам НПА та НД, що регламентують діяльність у сфері телекомунікацій, у тому числі при конвергенції телекомунікаційних мереж щодо питань пропуску і маршрутизації трафіку голосової телефонії на ТМ.

9.2. Методи вимірювань.

9.2.1. Загальні положення

Вимірювання параметрів ТМ може здійснюватись шляхом проведення:

вимірювання параметрів з використанням тестових викликів (далі - тестовий трафік голосової телефонії);

вимірювання параметрів на реальному трафіку без використання тестового трафіку голосової телефонії;

аналізу інформації (CDR-файлів) оператора, провайдера телекомунікацій (ОПТ) щодо пропуску трафіку голосової телефонії за відповідний період;

комбінація вищенаведених методів.

Вимірювання параметрів ТМ, здійснюють з використанням аналізатора сигналізації телекомунікаційних систем (АСТС) на реальному трафіку та без використання АСТС.

При вимірюваннях параметрів ТМ на реальному трафіку використовуються дані службового міжстанційного сигнального обміну, накопичені та збережені під час сесії моніторингу АСТС. Вимірювання часових характеристик здійснюються автоматично програмним забезпеченням (ПЗ) АСТС.

9.2.2. Схема під'єднання

Структурна схема під'єднання АСТС до лінії зв'язку при виконанні вимірювання параметрів ТМ на реальному трафіку наведено на малюнку 1 Методики.

АСТС забезпечує під'єднання через зовнішні роз'єми до двосторонніх первинних цифрових трактів (ПЦТ) з спільноканальної сигналізації № 7 (СКС-7) чи DSS-1, відповідно до рекомендації ІТУ-Т G.703, або Ethernet-потоків що забезпечують під'єднання до мережі передачі даних для моніторингу та аналізу. Повинна бути забезпечена підтримка структур циклу ПЦТ відповідно до рекомендації ІТУ-Т G.704.

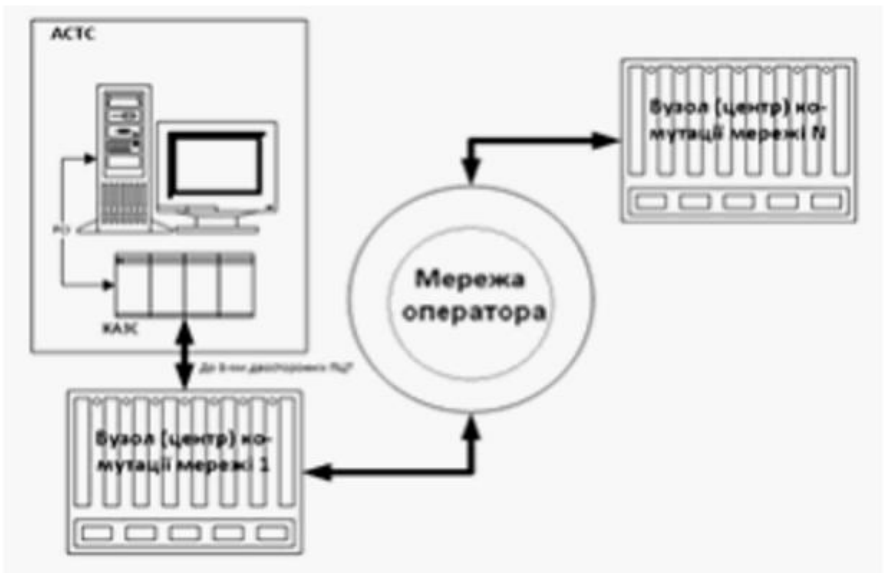


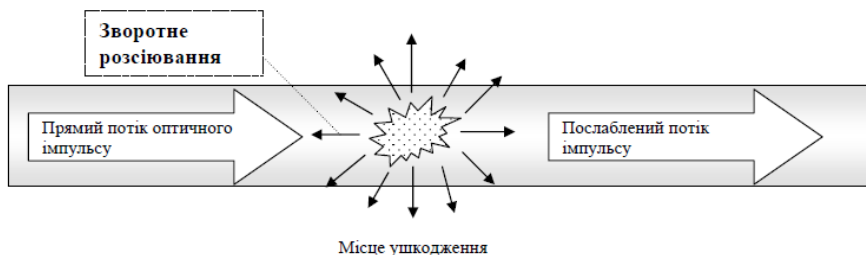
Рис. 1 - Схема під'єднання АСТС до ТМ для вимірювань параметрів ТМ на реальному трафіку

Вимірювання проводять у безперервному режимі збору даних протягом певного періоду часу - терміну проведення вимірювання.

АСТС в автоматичному режимі: аналізує вхідний та вихідний сигнальний трафік; збирає інформацію про часові характеристики сигнального трафіку.

9.2.3. Метод зворотного розсіювання

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



Зворотне розсіювання оптичного сигналу.

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 релєвського розсіювання обумовлений флуктуацією показника заломлення серцевини вздовж волокон та відбиттям від розсіяних та локальних неоднорідностей.

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

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

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:

$$v_g = \frac{c}{n_g},$$

c – швидкість світла; n_g – груповий показник заломлення; S – параметр зворотного релєвського розсіювання, що визначається властивостями оптичного волокна. Він дорівнює відношенню зворотно розсіяної потужності у деякій точці оптичного волокна до всієї розсіяної потужності у цій точці:

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

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

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

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:

$$x = \frac{v_g t}{2}.$$

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

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

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

$$k = \frac{1}{2} S a_d.$$

Спрощена формула для розрахунку потужності зворотного розсіювання має такий вигляд:

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

Залежність рівня потужності зворотного розсіювання від часу лінійна,

Тобто

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

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

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

Для розрахунку параметрів x_1 та x_2 можна скористатися залежністю.

Тоді

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

Слід відзначити, що коефіцієнт зворотного розсіювання 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 ,

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

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

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

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 непрямими, 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:

$$P(t) = P_s(t) + P_F(t) + P_N(t).$$

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.

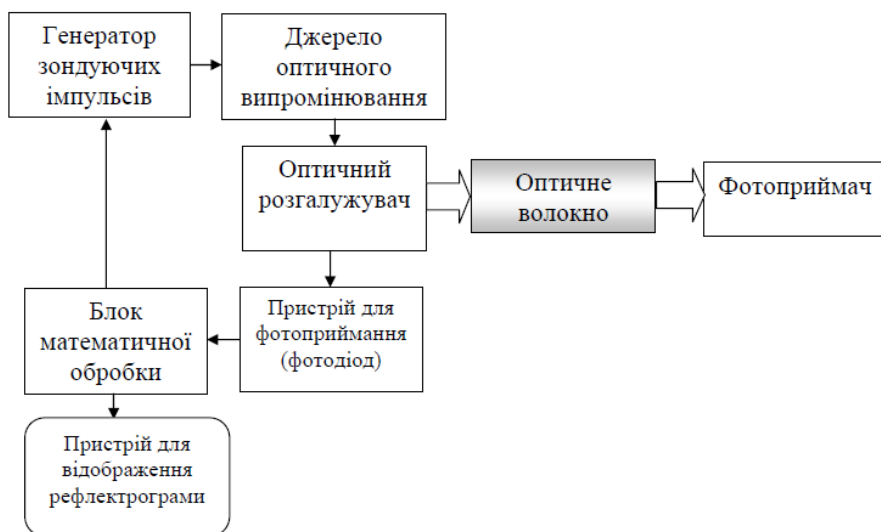
На сьогодні відомі такі способи реалізації методу зворотного розсіювання:

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. Генератор зондуючих імпульсів створює на виході оптичні імпульси. Джерело оптичного випромінювання виконує функцію модуляції вхідних оптичних імпульсів по оптичній несучій за

інтенсивністю. Таким чином створюються зондуючі імпульси.



Структурна схема апаратури типу OTDR.

Далі зондуючі 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 зондуючих 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 зондуючого 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.

9.2.4 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

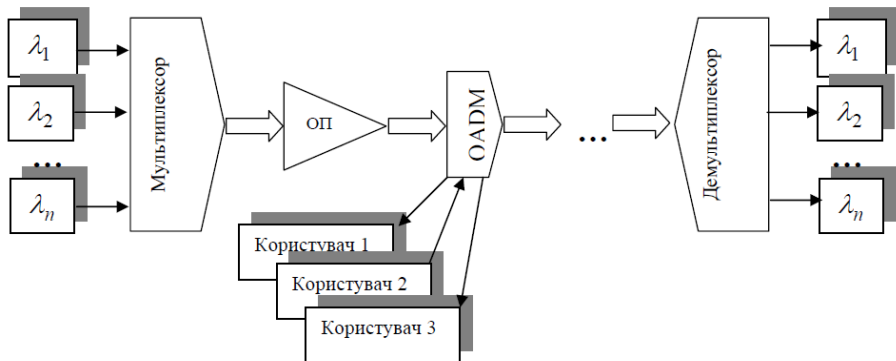
інтерференції. При цьому кожна довжина хвилі являє собою окремий оптичний канал у волокні.

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.

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.



Структурна схема системи WDM

Основними параметрами систем WDM, які підлягають дослідженню з використанням засобів виміральної 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 мультиплексора.

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 штахетів;
- 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 опорному плечі інтерферометра призводить до зміни картини інтерференції. Потім шляхом проходження через фотодетектор світло перетворюється в електричних 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 штахетів). 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 штахетів полягає у віддзеркалюванні променів світла під різним кутом залежно від довжини хвилі. При русі штахетів 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, основу на цьому методі, у польових умовах.

Недоліки: обмеженість за динамічним діапазоном.

9.2.5. Застосування око-діаграм для оцінки параметрів цифрових сигналів.

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 . На схемі око-діаграми, по осі абсцис 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 отримуємо 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”.

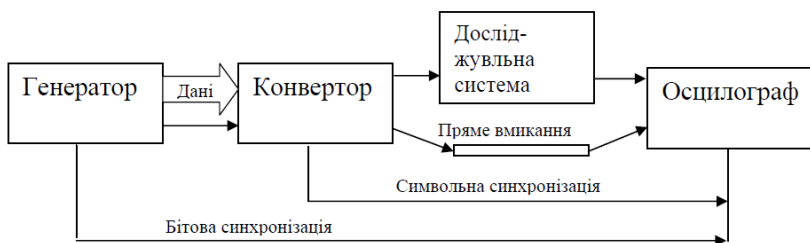


Схема побудови око-діаграми.

Метрологічне дослідження око-діаграм дозволяє виконувати детальний аналіз цифрового сигналу за такими параметрами: межсимвольнаінтерференція; 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 $\frac{T_j}{T_s}$.

За допомогою око-діаграм вимірюються наступні параметри.

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

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


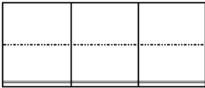
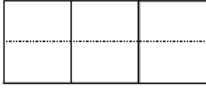

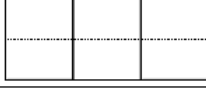




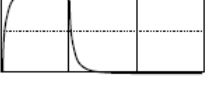

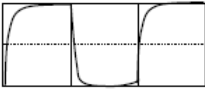

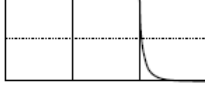

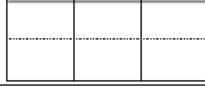

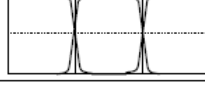
Позначення EX (Extinction Ratio) – коефіцієнт гасіння, що є мірою оцінки глибини модуляції джерела оптичного випромінювання передавального обладнання. Цей показник – одна із складових, що визначають довжину лінійного тракту з належною передачею та приймання цифрових сигналів.

2. Q– фактор. Показником якості цифрових систем передачі інформації є коефіцієнт похибок, що позначається як $\kappa_{\text{нох}}$ 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.

Таблиця 3.1. Побудова око-діаграм.

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

Дану проблему можна вирішити за допомогою впровадження вимірювань Q -фактора, що оснований на статистичному аналізі фізичних параметрів досліджувального 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

$$Q = \frac{|E1 - E0|}{\sigma_1 + \sigma_0}.$$

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:

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

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

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

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

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

Послідовність розрахунку око-діаграми.

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

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

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:

$$P_L = P_0 - A_{КП} - \sum a_{ul}.$$

3. Потужність оптичного сигналу на виході фотоприймача

$$P_L = 10^{0,1P_L}, \text{ мВт}.$$

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:

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

де $OSNR$ – оптичне співвідношення сигнал/шум (від англ. Optical Signalto-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:

$$P_{noise} = P_R - 20 \lg(Q_{ном}) - 2, \text{ дБ},$$

де P_R – рівень чутливості фотоприймача, дБ; P_{noise} – рівень шуму фотоприймача, дБ.

6. Визначасмо чутливість фотоприймача та потужність шуму:

$$P_R = 10^{0,1P_R}, \text{ Вт};$$

$$P_{noise} = 10^{0,1P_{noise}}, \text{ Вт}.$$

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- символній послідовності)

$$P_{out}^{00}(t) = P_L \left\{ 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{(t+T)}{s_L \sqrt{2}} \right] + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{t}{s_L \sqrt{2}} \right] \right\}$$

та відклику системи на передачу “ізолюваної” логічної одиниці у

послідовності логічних нулів (наприклад, 010)

$$P_{out}^{11}(t) = P_L \left\{ \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{(t+T)}{s_L \sqrt{2}} \right] - \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{t}{s_L \sqrt{2}} \right] \right\},$$

де T – інтервал передачі бітової послідовності, що визначається

так:
$$T = N_{symb} \cdot \tau_{05}, \text{ с},$$

де $N_{\text{сymb}}$ – 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:

$$s_L = \frac{T_L}{2,563}, \text{ с.}$$

Контрольні запитання.

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 оптоволокну.
4. Наведіть формулу для обчислення потужності зворотного потоку, що розсіюється у місці пошкодження оптоволокну.
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 волокну 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.
18. Які засоби вимірювань прийнято відносити до системного обладнання телекомунікацій?
19. Поясніть сутність методу зворотного розсіювання для дослідження параметрів оптичних каналів.
20. Метрологічна оцінка яких параметрів оптичного волокна може бути здійснена за допомогою методу зворотного розсіювання?
21. Які методи є підґрунтям аналізаторів оптичного спектра?
22. Призначення око-діаграм у метрологічній практиці.
23. Перелічіть параметри каналів передачі даних, які можуть бути досліджені за допомогою око-діаграм.

Лекція 10. Проведення вимірювань. Обробка та аналіз результатів вимірювань. Похибки вимірювань. Вимоги та умови вимірювань.

10.1. Проведення вимірювань

10.1.1. Підготовка до вимірювань

Для вимірювань параметрів ТМ, ОПТ разом з наданням доступу до точок під'єднання АСТС до ТМ ОПТ повинен надати комплект експлуатаційної документації, яка відображає:

структуру ТМ (схема ТМ, тощо);

види технологій, які застосовуються на ТМ (типи АТС оператора телекомунікацій та типи вузлів мережі передачі даних);

точки взаємоз'єднання з телекомунікаційними мережами інших операторів (кількість та тип з'єднувальних ліній (ЗЛ), замовно-з'єднувальних ліній (ЗЗЛ), з'єднувальних ліній міжміських (ЗЛМ) підключення до ТМЗК);

номерний ресурс, що закріплено за оператором телекомунікацій діючі протоколи сигнального обміну (СКС-7, DSS-1, R2D, SIP, H225, тощо);

номер абонента «Б» з номерного ресурсу телекомунікаційної мережі, на якій проводяться вимірювання для організації тестового потоку вхідного міжнародного/міжміського трафіку голосової телефонії (при методі з використанням тестових викликів).

За результатами аналізу наданої документації визначають інформацію, що використовується для проведення вимірювання та оформлення результатів вимірювання:

назва ОПТ;

виділений уповноваженим органом номерний ресурс та номерна ємність оператора телекомунікацій, а також фактична кількість абонентів, під'єднаних до його мережі;

тип сигналізації, що використовується при міжстанційному сигнальному обміні;

організаційно-технічна структура мережі;
тип устаткування, що використовують;
сигнальні маршрути трафіку голосової телефонії, що містять дані сигнального обміну необхідні для виконання вимірювання;
перелік центрів, вузлів комутації, в яких здійснюється вимірювання.

Перед виконанням вимірювання необхідно перевірити, що ЗВТ, технічні засоби телекомунікацій та телекомунікаційні лінії справні та готові до роботи.

10.1.2. Програма вимірювань

Вимірювання параметрів ТМ проводять на діючій мережі ОПТ.

Вимірювання параметрів ТМ проводять:
без використання тестового трафіку голосової телефонії;
з використанням тестового трафіку голосової телефонії;
з використанням станційних засобів оператора телекомунікацій.

У випадку вимірювань параметрів ТМ без використання тестового трафіку голосової телефонії з використанням АСТС (малюнок 2 Методики) програма вимірювань передбачає:

вимірювання відносної вологості повітря, температури повітря, частоти та напруги за допомогою та з урахуванням вимог розділу 5 Методики;

вимірювання параметрів ТМ за допомогою ЗВТ.

Під'єднання АСТС та запуск процесу вимірювання параметрів ТМ складається із наступних етапів:

1) фізичне під'єднання плат модулів контролера аналізатора ланок сигналізації (КАЗС) АСТС до лінії зв'язку ОПТ - виконують відповідно до схеми, наведеної на малюнку 2 Методики;

2) запуск ПЗ АСТС;

3) налаштування параметрів під'єднання до лінії зв'язку для забезпечення нормального стану їх індикації - у іншому випадку вимірювання не проводяться;

4) створення ланок сигналізації та каналних інтервалів - вибір сигнальних маршрутів трафіку голосової телефонії;

5) запуск сесії моніторингу, при цьому задаються дані щодо:
назви ОПТ;
типів сигналізації.

Після запуску процесу вимірювання параметрів ТМ АСТС здійснює накопичення та збереження даних службового міжстанційного сигнального обміну. Вимірювання часових характеристик здійснюється автоматично ПЗ АСТС.

Під час вимірювання параметрів ТМ з використанням тестового трафіку голосової телефонії (малюнок 3 Методики) забезпечується тестовий потік вхідного міжнародного трафіку голосової телефонії на номер абонента «Б» з номерного ресурсу телекомунікаційної мережі, на якій проводяться вимірювання:

за допомогою карток передплатених послуг з використанням технології VoIP;

за допомогою програмних продуктів, що дозволяють робити міжнародні телефонні виклики;

за допомогою автоматизованої системи тестових міжнародних викликів.

Тестові виклики голосової телефонії повинні завершуватися ефективними спробами встановлення з'єднання. У разі відсутності такої можливості необхідно визначити причини роз'єднання, які надаються в сигнальних повідомленнях в залежності від типу сигналізації. Наприклад, в підсистемі ISUP СКС-7 така інформація надається у повідомленні Release (REL) в параметрі Cause indicators.

Під час вимірювання параметрів ТМ з використанням тестового трафіку голосової телефонії може використовуватися АСТС, який здійснює накопичення та збереження даних

службового міжстанційного сигнального обміну у тому числі щодо:

сигналів управління, які необхідні під час встановлення або завершення з'єднання тестових вхідних міжнародних викликів голосової телефонії;

напрямку надходження тестових вхідних міжнародних викликів голосової телефонії під час подачі тестового міжнародного трафіку голосової телефонії.

На малюнках 3, 4 та 5 Методики наведено варіанти схем під'єднання АСТС при термінації та оригінації міжнародних викликів голосової телефонії до (з) ТМЗК України з використанням технології VoIP.

Вимірювання параметрів ТМ станційними засобами здійснюється наступними способами:

аналіз та обробка статистичних даних проходження трафіку голосової телефонії;

опитування абонентів «А» або «Б» щодо приналежності вхідних (вихідних) викликів голосової телефонії (національні, міжнародні).

Вимірювання параметрів ТМ способом аналізу та обробки статистичних даних проходження трафіку голосової телефонії на підставі роздрукованої інформації з комутаторних пристроїв виконується в два етапи:

отримання від оператора телекомунікацій станційних роздруків комутаторних пристроїв (CDR-файлів) щодо обсягу та структури трафіку голосової телефонії;

здійснення аналізу та обробки статистичних даних проходження трафіку голосової телефонії, що характеризують вхідний та вихідний зв'язок даного комутаторного пристрою.

За результатами аналізу та обробки статистичних даних проходження трафіку голосової телефонії здійснюється опитування абонентів «А» або «Б» (які відповіли на виклик) з

метою визначення приналежності телефонного виклику (міжнародний, міжміський, міський, тощо).

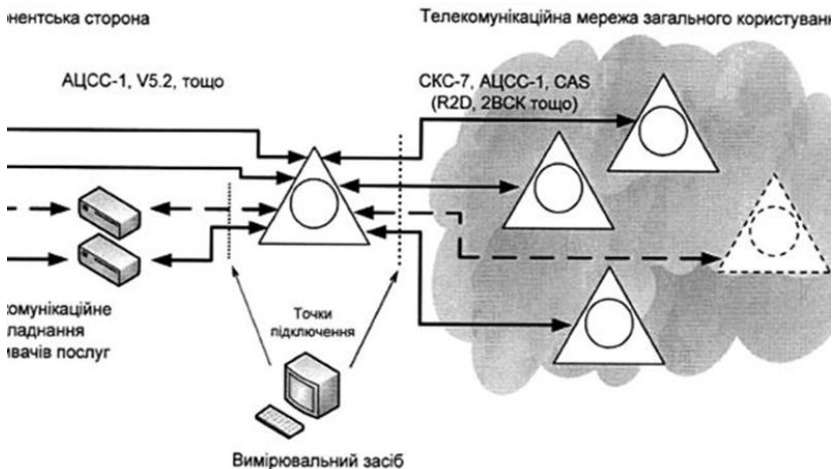


Схема під'єднання ЗВТ для вимірювань

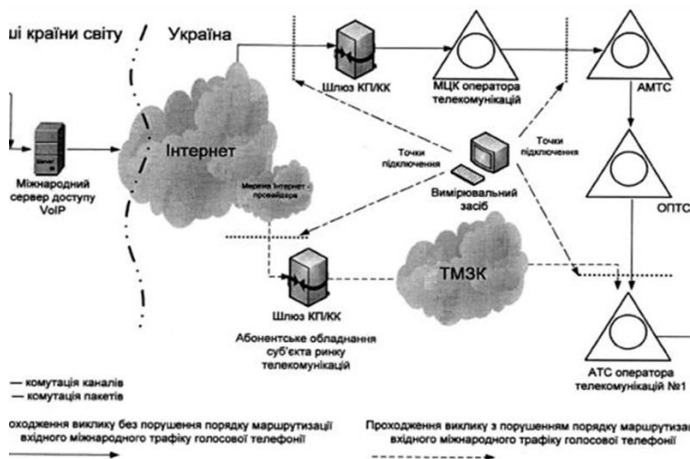


Схема під'єднання ЗВТ для вимірювань при термінації міжнародних викликів голосової телефонії до ТМЗК України з використанням технології VoIP

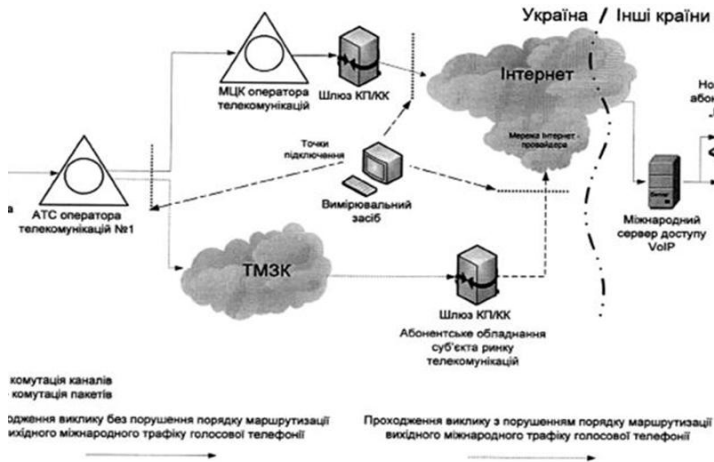


Схема під'єднання ЗВТ для вимірювань при оригінації міжнародних викликів голосової телефонії з TM3K України з використанням технології VoIP



Схема організації тестових міжнародних викликів голосової телефонії за допомогою карток передплатених послуг або програмних продуктів (ПП)

10.1.3. Вимірювання параметрів на телекомунікаційних мережах рухомого (мобільного) зв'язку стандартів GSM/UMTS, CDMA та LTE

Порядок дій при вимірюваннях параметрів телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку стандартів GSM/UMTS, CDMA та LTE аналогічні діям при вимірюванні параметрів телекомунікаційних мереж фіксованого зв'язку. Водночас, виходячи з принципів побудови мережі рухомого (мобільного) зв'язку є особливості, які необхідно враховувати при здійсненні вимірювань.

Після отримання тестового вхідного міжнародного/міжміського трафіку голосової телефонії напрямки викликів та номер абонента «А» визначається за допомогою CDR-файлів оператора телекомунікацій рухомого (мобільного) зв'язку.

Також до параметрів статистичної обробки необхідно додати такі параметри як IMEI, LAC, CELL ID та інші. IMEI характеризує тип обладнання (радіотелефон, радіотермінал, шлюз тощо), в якому знаходиться відповідна SIM/USIM-картка. LAC, CELL ID характеризує місце знаходження (постійне або змінюється з часом) обладнання, в якому знаходиться відповідна SIM/USIM-картка.

Інформація щодо параметрів, які вимірюються, отримується із сигнального обміну між MSC та MSC, між MSC та ATC оператора телекомунікацій або з платформ аналізу трафіку мережі та сигналізації, а також серверів для роботи у реальному часі/режимі, призначених для використання в якості контрольного обладнання на телекомунікаційній мережі рухомого (мобільного) зв'язку.

10.1.4. Вимірювання параметрів на мережі передавання даних із використанням ЗВТ типу АСТС

АСТС використовується в якості аналізатора протоколів трафіку мереж передачі даних.

Під'єднання АСТС до телекомунікаційної мережі може здійснюватися двома способами:

до налаштованого «дзеркального порту» комутаційного обладнання ОПТ через мідний або волоконно-оптичний інтерфейс;

у розрив через концентратор (комутатор).

Після під'єднання АСТС до мережі передавання даних здійснюється запис та декодування сигнальних повідомлень протоколів управління з'єднанням Н.248, Н.323, Н.225, SIP, тощо в залежності від типу протоколів, що використовується на мережі передавання даних.

Під час вимірювань на мережі передавання даних фіксуються такі дані:

час встановлення з'єднання;

IP-адреса обладнання абонента, який викликає;

номер абонента, який викликає (абонент «А»);

IP-адреса обладнання абонента, якого викликають;

номер абонента, якого викликають (абонент «Б»).

10.2. Обробка та аналіз результатів вимірювань

Обробка та аналіз результатів вимірювань параметрів ТМ, що здійснювались без використання тестового трафіку голосової телефонії:

по завершенні вимірювань параметрів ТМ здійснюється обробка та аналіз статистичних даних, що були зафіксовані АСТС в ході вимірювань, а саме: параметрів, технічних характеристик функціонування телекомунікаційних мереж, вимоги до яких визначені в НПА та НД.

Обробка та аналіз результатів вимірювань на сигнальному трафіку СКС-7:

здійснюється обробка і аналіз даних, що були зафіксовані АСТС на сигнальних ланках СКС-7, на відповідність вимогам НПА та НД.

Аналіз результатів вимірювань може здійснюватися як з використанням даних підсистеми передачі повідомлень МТР

рівнів 2 та 3, так і з використанням даних підсистеми користувачів мережі з інтеграцією служб ISUP.

Здійснюється аналіз повідомлень, що передавалися в процесі організації з'єднання та його роз'єднання. Особлива увага звертається на аналіз декодованих інформаційних елементів у повідомленнях:

INITIAL ADDRESS (IAM), а саме:
Forward call indicators:
National/international call indicator;
End-to-end method indicator;
Interworking indicator;
End-to-end information indicator;
ISDN user part indicator;
ISDN user part preference indicator;
ISDN access indicator;
SCCP method indicator.
Calling party's category:
CPC Code;
Called Party Number:
Length;
Nature of address indicator;
Numbering plan indicator;
Internal network number indicator;
Address signals.
Calling party number:
Length;
Nature of address indicator;
Screening indicator;
Address presentation restricted indicator;
Numbering plan indicator;
Number incomplete indicator;
Address signals;
User service information тощо.
INFORMATION REQUEST (INR), а саме:
Message type;
Information request indicators;
Call reference;

Parameter compatibility information;
Network specific facility;
End of optional parameters.
INFORMATION (INF), a cause:
Information indicators;
Calling party's category response indicator;
Calling party address response indicator.
CALL PROGRESS (CPG);
ADDRESS COMPLETE (ACM);
ANSWER (ANM);
RELEASE (REL), a cause:
Cause indicators / cause value;
RELEASE COMPLETE (RLC) тощо.

Здійснюється аналіз відповідності форматів номерів «А» вимогам НПА та НД та наявності даних категорії сторони, що викликає.

Відповідно до вимог розділу 2.1.3 Q.764 нормативного документа «Спільноканальна сигналізація № 7. Національна версія України. Правила використання у телефонній мережі загального користування. Версія 3.0» (далі - СКС № 7, Версія 3.0), затвердженого та наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 13 грудня 2007 року [№ 1164](#) [6] для національної мережі України номер сторони, що викликає, повинен бути включений у IAM.

Відповідно до розділу 3.11 Q.763 нормативного документа СКС № 7, Версія 3.0, надання інформації щодо категорії сторони, що викликає є обов'язковим для національного використання.

Для визначення належності «Номера сторони, що викликає» до національного, міжнародного, абонентського або іншого виду здійснюється аналіз інформації, яка надається в інформаційному елементі Calling party number / Nature of address indicator (NAI) повідомлення IAM.

Відповідно для визначення належності «Номера сторони, що викликається» до національного, міжнародного, абонентського або іншого виду здійснюється аналіз інформації, яка надається в

інформаційному елементі Called party number / Nature of address indicator (NAI) повідомлення IAM.

Також здійснюється аналіз даних в інформаційному елементі Forward call indicators / National/international call indicator повідомлення IAM, який надає інформацію щодо можливості трактування виклику як національного або міжнародного:

Forward call indicators / National / international call indicator / call to be treated as a international call, тобто виклик трактується як міжнародний або

Forward call indicators /National / international call indicator / call to be treated as a national call, тобто виклик трактується як національний.

10.2.1. Перевірка форматів номерів «А»

Перевірка форматів номерів «А» здійснюється на відповідність вимогам пунктів 4.1 та 4.2 [Національного плану нумерації України](#), затвердженого наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23 листопада 2006 року № 1105 та зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 грудня 2006 року за № 1284/13158 [10].

Обробка та аналіз результатів вимірювань параметрів ТМ на ланці даних абонентської цифрової системи сигналізації № 1 (АЦСС-1) - здійснюється обробка та аналіз даних, що були зафіксовані АСТС на ланках даних АЦСС-1 на відповідність НПА та НД.

Аналіз даних здійснюється у такому порядку:

аналіз повідомлень, що передавалися в процесі організації з'єднання та його роз'єднання;

аналіз декодованих інформаційних елементів у повідомленнях:

SETUP, а саме:

Bearer Capability;

Coding standard;

Information transfer capability;

Transfer mode;
Information transfer rate;
Layer ID;
User information layer 1 protocol.
Channel identification:
Interface identifier present;
Interface type;
Preferred/Exclusive;
D-channel indicator;
Information channel selection (other interface);
Coding standard;
Number/map;
Channel type/map element type;
Chanel number.
Progress indicator:
Coding standard;
Location;
Progress description.
Calling party number:
Type of number;
Numbering plan identification;
Presentation indicator;
Screening indicator;
Number digits(IA5). Called party number:
Type of number;
Numbering plan identification;
Number digits (IA5).
CALL PROCEEDING, a came: Channel identification:
Interface identifier present;
Interface type;
Preferred/Exclusive;
D-channel indicator;
Information channel selection (other interface);
Coding standard; Number/map;
Channel type/map element type;
Extension;
Chanel number.
ALERTING, a came:

Progress indicator.

CONNECT

Date/Time;

Connected number.

CONNECT ACKNOWLEDGE

DISCONNECT

Cause indicators;

Progress indicator.

RELEASE

Cause indicators.

RELEASE COMPLETE, тощо.

Обробка та аналіз даних вимірювань, що були зафіксовані АТС на інтерфейсах других типів сигналізації, які використовуються на ТМЗК України, в тому числі при взаємодії систем сигналізації CAS та ISUP СКС-7:

здійснюється обробка та аналіз даних вимірювань, що були зафіксовані приладом АТС стосовно параметрів, технічних характеристик функціонування телекомунікаційних мереж, вимоги до яких визначені НПА та НД.

10.2.2. Перевірка форматів номерів «А» при взаємодії систем сигналізації CAS та ISUP СКС-7

Згідно з пунктом 6.2.1 тому другого СКС № 7, Версія 3.0 «Підсистема користувача ISDN: Специфікація взаємодії ISUP з іншими національними системами сигналізації в Україні. Версія 3.0», відповідно до національних вимог категорія і номер сторони, що викликає, повинні бути по можливості, включені в повідомлення IAM на всіх ділянках телефонної мережі не тільки при виконанні послуг «Подання ідентифікації лінії, що викликає» (CLIR), «Визначення зловмисного виклику» (MCI), але і при встановленні основного телефонного з'єднання.

У тих випадках, коли на станцію надходить повідомлення IAM без категорії і номера сторони, що викликає, ця станція повинна включати процедуру запиту номера сторони, що викликає, за допомогою повідомлення INR і одержати потрібну інформацію за допомогою повідомлення INF. Ця процедура можлива тільки до посилання сигналу АСМ.

У свою чергу, транзитна станція, на якій відбувається взаємодія систем сигналізації CAS та ISUP, отримавши запит категорії і номера сторони, що викликає, і не маючи відповідної інформації, запитує номер і категорію сторони, що викликає, за допомогою лінійних сигналів «ЗАПИТ АВН» і «КІНЕЦЬ ЗАПИТУ АВН» сигналізації 2ВСК, одночастотної по ЗЗЛ і ЗЛ або за допомогою А-5 у системі сигналізації R2D по ЗЗЛ, ЗЛ, ЗЛМ.

Оскільки в сигналізації 2ВСК, одночастотної, не існує процедури запиту номера абонента, що викликає, по каналах і ЗЛМ, рекомендується на змішаній мережі CAS - ISUP використовувати там, де це можливо, передачу номера абонента «А» на каналах за допомогою багаточастотного пакета, аналогічного пакету ЗЗЛ.

По ЗЛМ номер абонента, що викликає, у системі сигналізації 2ВСК, одночастотної, не передається ніколи.

Відсутність номера абонента, що викликає, на каналах, ЗЛМ і ЗЛ не впливає на встановлення з'єднання.

Номер сторони, що викликає, при формуванні і передаванні його в мережі сигналізації ISUP повинен бути виду $N_{нац} = BC + NA$, де BC - дві останні цифри коду зони (ABC) або код мережі, NA - номер абонента, що викликає. Індикатор виду адреси в інформаційному елементі «Calling party number» кодується як 0000011.

Номер абонента, що викликає, сформований для передачі в сигналізації R2D, також повинен мати формат $N_{нац}$.

Номер абонента, що викликає, сформований для передачі в системі сигналізації 2ВСК, одночастотна, має формат NA і при переході на систему сигналізації ISUP на станції взаємодії повинен доповнюватися до $N_{нац}$.

Якщо номер абонента, що викликає, не передається в системі сигналізації 2ВСК, одночастотної, на станції взаємодії при переході на сигналізацію ISUP індикатор виду адреси кодується як 0000010 (адреса невідома).

10.2.3. Особливості обробки та аналізу даних вимірювань, що зафіксовані АСТС на телекомунікаційних мережах при наданні послуг фіксованого міжнародного телефонного зв'язку

При здійсненні обробки та аналізу даних вимірювань, що були зафіксовані АСТС на телекомунікаційних мережах при наданні послуг фіксованого міжнародного телефонного зв'язку необхідно враховувати наступне.

Згідно з пунктом 3.15 Технічних вимог до маршрутизації трафіку в телефонній мережі загального користування України, затвердженого наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 20 серпня 2010 року [№ 607](#) [7] (далі - Технічні вимоги до маршрутизації трафіку) обмін міжнародним телефонним трафіком може здійснюватися лише через міжнародний центр комутації (МЦК), що мають міжнародні коди пунктів сигналізації СКС-7 для міжнародного інтерфейсу і національні коди пунктів сигналізації для національного інтерфейсу.

Якщо в міжнародному інтерфейсі з МЦК іншої країни використовується технологія пакетної передачі інформації (транзитна пакетна міжнародна мережа або окремий транзитний тракт), тоді мають виконуватися вимоги та протоколи пункту 3.11 Технічних вимог до маршрутизації трафіку шляхом дообладнання МЦК функціями медіашлюзу або встановленням окремого медіашлюзу.

Згідно з пунктом 3.9 Технічних вимог до маршрутизації трафіку у точці міжнародного інтерфейсу повідомлення ІАМ, що отримані від мережі міжнародного зв'язку, можуть містити чи не містити параметри (категорії та номери) абонента «А».

10.2.4. Особливості обробки та аналізу даних вимірювань у точках взаємоз'єднання

При здійсненні обробки та аналізу даних вимірювання, що були зафіксовані АСТС у точках взаємоз'єднання необхідно звернути увагу на те, що згідно з пунктом 3.2 Технічних вимог до маршрутизації трафіку, маршрутизація трафіку має

здійснюватися відповідно до виклику, сформованого кінцевим обладнанням, з якого ініційовано виклик.

Згідно з пунктом 3.3 Технічних вимог до маршрутизації трафіку єдиною вихідною інформацією для організації маршрутизації фізичних чи віртуальних з'єднань у ТфМЗК є:

а) інформація, яку формує та передає з кінцевого обладнання в мережу абонент (споживач) при здійсненні виклику,- «Номер сторони, яку викликають» («Called party number») - (абонента «Б»);

б) інформація, яку формує та передає в мережу вузол комутації, до якого підключено кінцеве обладнання ініціатора з'єднання,- «Номер сторони, яка викликає» («Calling party number») - (абонента «А») та категорія його кінцевого обладнання.

Згідно з пунктом 3.5 Технічних вимог до маршрутизації трафіку у разі замовлення послуг, надання яких пов'язано з використанням мереж декількох операторів (транзитні, кінцеві мережі), повинні забезпечуватись необхідні взаємоз'єднання та взаємодія кількох мереж у складі ТфМЗК або взаємоз'єднання та взаємодія з іншими за призначенням телекомунікаційними мережами.

Згідно з пунктом 3.7 Технічних вимог до маршрутизації трафіку цифровий вихідний вузол комутації, до якого підключено термінал абонента А, формує сигнальну одиницю з початковим адресним повідомленням ІАМ СКС-7, яке обов'язково має містити таку достовірну інформацію:

- а) категорію, вид адреси та номер абонента «А»;
- б) вид адреси та номер абонента «Б»;
- в) ОРС СКС-7;
- г) DPC СКС-7.

У разі відсутності інформації про номер та категорію кінцевого обладнання абонента «А» цифровий транзитний вузол, що обробляє префіксну інформацію, повинен запитати таку

інформацію командою «Запит номера і категорії А» в обладнання автоматичного визначення номерів (АВН) вихідної АТС. Безпрефіксний вихід викликів у міжзонову, міжнародну, альтернативні телефонні, нетелефонні мережі, до обладнання надання платних послуг не дозволено та має блокуватися вузлом, що зафіксував безпрефіксний вихід.

Відповідно до пункту 3.8 Технічних вимог до маршрутизації трафіку транзитні пункти сигналізації СКС-7 національної частини ТфМЗК відповідно до Рекомендації ІТУ-Т Q.764 не повинні спотворювати, змінювати або блокувати зміст повідомлення ІАМ (підпункти «а», «б», «в», «г» пункту 3.7 цих Технічних вимог).

Відповідно до пункту 4.5 Технічних вимог до взаємоз'єднання та взаємодії телефонних мереж загального користування з різними технологіями обробки, комутації, перенесення сигналів, затверджених наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 04 серпня 2010 року [№ 558](#) [8] (далі - Технічні вимоги до взаємоз'єднання) для взаємодії мереж на базі технологій комутації каналів із пакетними мережами в останніх встановлюються шлюзи.

Відповідно до пункту 4.5 Технічних вимог до взаємоз'єднання мережі, що створюються із застосуванням пакетної технології, зі стисненням інформаційних сигналів, повинні забезпечувати виконання таких вимог у точках взаємоз'єднання з мережами інших операторів:

встановити шлюз переходу до стандартної ІКМ технології при взаємоз'єднанні з мережами, що побудовані з використанням технології комутації каналів;

встановити шлюз погодження пакетних технологій та ущільнення/стиснення при взаємоз'єднанні з мережами, в яких використовуються пакетні технології та ущільнення/стиснення, відмінні від технологій, що застосовані в його мережі.

10.2.5. Обробка та аналіз даних вимірювань, що були зафіксовані станційними засобами

Обробка та аналіз даних вихідних напрямків зв'язку:

визначається формат номеру «А»;

визначається загальна кількість викликів з номеру «А» на номери «Б»;

визначається кількість викликів з номеру «А» на різні номери «Б»;

визначається відсоткове співвідношення кількості викликів з номеру «А» на різні номери «Б» до кількості викликів з номеру «А» на номери «Б»;

визначається кількість викликів з номеру «А» з розмовами на номери «Б»;

визначається кількість викликів з номеру «А» на різні номери «Б» з розмовами;

визначається кількість одночасних викликів з номеру «А»;

визначається кількість викликів з номеру «А» на службові номери;

визначається сумарна кількість хвилин вихідного зв'язку;

визначається середня тривалість розмов;

визначається середній час «Відповіді абонента».

Обробка та аналіз даних вхідного напрямків зв'язку:

визначається формат номеру «Б»;

визначається загальна кількість викликів на номер «Б» з номерів «А»;

визначається кількість викликів на номер «Б» з різних номерів «А»;

визначається відсоткове співвідношення кількості викликів на номер «Б» з різних номерів «А» до кількості викликів на номер «Б» з номерів «А»;

визначається кількість викликів на номер «Б» з номерів «А» з розмовами;

визначається кількість викликів на номер «Б» з різних номерів «А» з розмовами;

визначається відсоткове співвідношення кількості викликів на номер «Б» з різних номерів «А» з розмовами до кількості викликів на номер «Б» з номерів «А» з розмовами;

визначається кількість одночасних викликів на номер «Б»;

визначається кількість викликів на номер «Б» зі службових номерів;

визначається сумарна кількість хвилин вхідного зв'язку;

визначається середня тривалість розмов;

визначається середній час «Відповіді абонента»;

визначається відсоткове співвідношення вихідного та вхідного навантаження по кількості викликів;

визначається відсоткове співвідношення вихідного та вхідного навантаження по кількості хвилин.

Аналіз та статистична обробка трафіку голосової телефонії здійснюється для виявлення номерів абонентів «А» або «Б», з якого або на який може надходити телефонний трафік з порушенням вимог законодавства.

На підставі аналізу статистичних даних трафіку голосової телефонії можуть здійснюватися опитування абонентів «А» або «Б» (які відповіли на виклик) з метою визначення у абонента «Б» («А») характеру телефонного виклику, а саме: міжнародного, міжміського, міського тощо.

10.2.6. Обробка та аналіз даних вимірювання, що були зафіксовані АСТС на мережі передавання даних

По завершенні вимірювання параметрів мережі передавання даних здійснюється декодування та обробка даних, отриманих під час вимірювань відповідно до стеків протоколів обраних типів сигналізацій. Проводиться аналіз даних, що були зафіксовані АСТС, на відповідність НПА та НД.

В результаті отриманих даних встановлюються адреси обладнання, що надсилають та приймають трафік голосової телефонії, напрямки надходження трафіку. Після цього, робляться висновки щодо легітимності передачі трафіку голосової телефонії в напрямку, що вимірюється.

10.2.7. Обробка та аналіз результатів вимірювання, яке виконувалось з використанням тестового міжнародного трафіку голосової телефонії

У випадку використання АСТС під час вимірювання, що виконується з використанням тестового трафіку голосової телефонії здійснюється обробка та аналіз статистичних даних вимірювання, що були зафіксовані АСТС, в тому числі, щодо маршрутів проходження (відправлення, отримання) тестового трафіку голосової телефонії та пропуску трафіку через точки взаємоз'єднання на відповідність параметрів, технічних характеристик функціонування телекомунікаційних мереж, вимоги до яких визначені НПА та НД.

10.3. Похибки вимірювань

10.3.1. Визначення похибок вимірювання часових характеристик

За результат прямого однократного вимірювання приймають значення, яке отримане під час вимірювання одного параметра. При цьому, відомі систематичні похибки повинні бути виключені. Враховуючи, що середнє арифметичне значення результатів вимірювання та їх математичне очікування майже рівні між собою, випадковими та систематичними складовими похибки можна знехтувати. Використовуючи метод прямих вимірювань та автоматичним засобом вимірювальної техніки (ЗВТ), яким є АСТС, систематичними складовими похибки методу можна знехтувати.

Для АСТС відносна похибка реєстрування тривалості інтервалів між подіями в діапазоні інтервалів від 100 мс до 999 с повинна складати не більше ніж 2×10^{-3} .

Відносна похибка вимірювання - похибка вимірювання, виражена відношенням абсолютної похибки вимірювання до дійсного x_{true} або виміряного x_{meas} значення вимірюваної величини:

$$\delta_x = \Delta_x/x_{\text{true}}, \delta_x = \Delta_x/x_{\text{meas}} \quad (1)$$

У разі, коли виміряне значення часу події складає $x_{\text{meas}} = 15\text{с}$, при максимальній відносній похибці АСТС $\delta_x = 2 \times 10^{-3}$, абсолютна похибка вимірювання буде складати:

$$\Delta_x = \delta_x \times x_{\text{meas}} = 0,002 \times 15 \text{ с} = \pm 0,03 \text{ с} \quad (2)$$

10.4. Вимоги та умови вимірювань

10.4.1. Вимоги до ЗВТ та допоміжних пристроїв

Вимірювання параметрів, які включають у себе часові та/або електричні характеристики або інші характеристики одиниць вимірювання, мають здійснюватися з використанням відповідних ЗВТ, які відповідають вимогам законодавства про метрологію та метрологічну діяльність. Типовий перелік ЗВТ, допоміжних пристроїв та їх основні метрологічні характеристики наведені у таблиці 1 Методики.

При вимірюваннях можуть бути застосовані ЗВТ вітчизняного та/або іноземного виробництва з характеристиками не гіршими, ніж у ЗВТ, що вказані у таблиці 1 Методики.

10.4.2. Умови проведення вимірювань

Всі вимірювання повинні виконуватися на технічних майданчиках ОПТ, та в місцях, розміщення засобів телекомунікацій, де забезпечуються наступні умови:

температура: $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

відносна вологість: $(60 \pm 15) \%$;

параметри мережі електроживлення мають відповідати вимогам, які наведені в інструкції на експлуатацію ЗВТ.

Таблиця 1 - Типовий перелік ЗВТ, допоміжних пристроїв та їх основні метрологічні характеристики

Тип ЗВТ	Основні метрологічні характеристики	Вимірювана величина
Аналізатор сигналізації телекомунікаційних систем	1) відносна похибка реєстрування тривалості інтервалів між подіями в діапазоні інтервалів від 100 мс до 999 с становить не більше ніж 2×10^{-3} ; 2) імовірність, з якою відносна похибка знаходиться в заданому інтервалі, не менше за 0,95	Час
Гігрометр	Клас точності 2.0	Відносна вологість повітря
Термометр	Клас точності 1.5	Температура повітря

10.4.3. Вимоги до техніки безпеки

Спеціальних заходів для забезпечення безпеки вимірювань не передбачено.

10.4.4. Вимоги до кваліфікації персоналу

Вимірювання проводяться працівниками, які пройшли відповідну підготовку з питань експлуатації ЗВТ, що використовуються при даних вимірюваннях.

Лекція 11. Оформлення результатів вимірювань. Права та обов'язки уповноважених НКРЗІ посадових осіб при виконанні вимірювань. Обов'язки та права операторів, провайдерів телекомунікацій при проведенні вимірювань параметрів. Конфіденційність інформації. Вимірювання операторами параметрів власних телекомунікацій. Огляд літератури з питання методик вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж.

11.1. Оформлення результатів вимірювань

За результатами вимірювань та їх аналізу складається Акт або Протокол, за формами, що визначені у додатках 2 та 3 до [Положення про вимірювання \[4\]](#), відповідно (далі - Акт/Протокол).

При здійсненні тестових викликів голосової телефонії в Акті/Протоколі повинна відображатися така інформація:

телефонні номери «А» і «Б», з яких та на які здійснюються тестові виклики голосової телефонії;

результати аналізу даних сесії моніторингу АСТС у випадку його використання під час виконання вимірювання.

Вимірювання параметрів ТМ можуть супроводжуватися:

станційними роздруківками комутаторних пристроїв;

іншими об'єктивними даними про шляхи відправлення (отримання) тестового трафіку голосової телефонії.

У разі виявлення під час вимірювань ознак вчинення кримінальних правопорушень в сфері телекомунікацій, НКРЗІ надсилає наявні матеріали до відповідного органу Національної поліції України для прийняття рішення згідно із законодавством України.

11.2. Права та обов'язки уповноважених НКРЗІ посадових осіб при виконанні вимірювань.

Уповноважені НКРЗІ посадові особи при виконанні вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж мають право:

- доступу разом із залученими до вимірювань працівниками, які відповідають зазначеним в [пункті 2.2](#) розділу II цього Положення вимогам, у встановленому законодавством порядку на територію і до приміщень, у тому числі на технічні майданчики операторів, провайдерів телекомунікацій, їх відокремлених підрозділів;

{Абзац другий пункту 4.1 розділу IV із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

отримувати від операторів телекомунікацій, їх відокремлених підрозділів у письмовій формі інформацію про встановлений на телекомунікаційній мережі оператора порядок пропуску та маршрутизації трафіку, проектну документацію щодо маршрутизації трафіку та необхідні для проведення вимірювань документи відповідно до вимог статті 19 Закону України «Про телекомунікації»;

{Абзац третій пункту 4.1 розділу IV із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

- отримувати від операторів телекомунікацій, їх відокремлених підрозділів у письмовій формі інформацію для супроводу вимірювань станційними роздруківками комутаційних пристроїв та об'єктивними даними про шляхи відправлення (отримання) тестового міжнародного та міжміського трафіку, іншими, необхідними для проведення вимірювань, даними;

{Абзац четвертий пункту 4.1 розділу IV із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

- залучати представників оператора телекомунікацій (його відокремленого підрозділу) для підключення ними ЗВТ до телекомунікаційних мереж (обладнання) операторів телекомунікацій у строки, визначені уповноваженими НКРЗІ посадовими особами.

{Абзац п'ятий пункту 4.1 розділу IV в редакції Рішення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації № 80 від 02.03.2021}

Уповноважені НКРЗІ посадові особи при виконанні вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж зобов'язані:

- керуватись у своїй роботі вимогами чинного законодавства;
 - під час проведення вимірювань не порушувати сталість телекомунікаційної мережі;
 - забезпечувати збереження та нерозголошення інформації з обмеженим доступом, отриманої під час виконання вимірювань;
- об'єктивно відображати показники вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж;
- за результатами вимірювань здійснювати обробку статистичних даних сигнального міжстанційного обміну з метою виявлення джерел надходження (відправлення) міжнародного та міжміського трафіку за маршрутами, що суперечать чинному законодавству у сфері телекомунікацій;
 - складати Акт.

11.3. Обов'язки та права операторів, провайдерів телекомунікацій при проведенні вимірювань параметрів.

При проведенні вимірювань оператори, провайдери телекомунікацій та їх відокремлені підрозділи зобов'язані:

забезпечувати доступ уповноважених НКРЗІ посадових осіб та працівників, зазначених у посвідченні (направленні) на проведення заходу державного нагляду на територію і до приміщень, у тому числі на технічні майданчики, операторів, провайдерів телекомунікацій, їх відокремлених підрозділів

відповідно до вимог [статті 19](#) Закону України «Про телекомунікації»;

{Абзац другий пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

забезпечувати підключення ЗВТ до своїх телекомунікаційних мереж, технічних засобів телекомунікацій, у тому числі здійснення цих підключень представником оператора;

{Абзац третій пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

забезпечувати необхідні для проведення вимірювань документи відповідно до вимог [статті 19](#) Закону України «Про телекомунікації»;

{Абзац четвертий пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

надавати відомості уповноваженим НКРЗІ посадовим особам про встановлений на телекомунікаційній мережі загального користування порядок пропуску та маршрутизації трафіку;

{Абзац п'ятий пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

надавати уповноваженим НКРЗІ посадовим особам станційні роздруківки комутаторних пристроїв та об'єктивні дані про шляхи відправлення (отримання) тестового міжнародного та міжміського трафіку та інші, необхідні для проведення вимірювань, дані;

{Абзац шостий пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне

регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#) }

зберігати конфіденційність інформації про строки та зміст вимірювань.

Допуск уповноважених НКРЗІ посадових осіб та залучених до вимірювань працівників, зазначених у посвідченні (направленні) на проведення заходу державного нагляду, в технологічні приміщення з підвищеною небезпекою здійснюється відповідно до вимог норм техніки безпеки.

{Абзац восьмий пункту 5.1 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#) } 5.2. Оператори, провайдери телекомунікацій та їх відокремлені підрозділи при здійсненні заходів з вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж мають право:

ознайомлюватися з документами про відповідність ЗВТ вимогам законодавства про метрологію та метрологічну діяльність;

{Абзац другий пункту 5.2 розділу V в редакції Рішення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#) }

отримувати примірник Акта;

{Абзац третій пункту 5.2 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#) }

інші права відповідно до вимог [статті 19](#) Закону України «Про телекомунікації».

{Абзац четвертий пункту 5.2 розділу V із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#) }

11.4. Конфіденційність інформації.

Уповноважені НКРЗІ посадові особи та залучені до вимірювань працівники не мають права розголошувати інформацію, отриману під час організації та здійснення вимірювань телекомунікаційних мереж, зокрема щодо:

{Абзац перший пункту 6.1 розділу VI із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

операторів, провайдерів телекомунікацій, на мережах яких проводяться вимірювання, часу та місця їх проведення, а також ЗВТ, якими здійснюються вимірювання;

{Абзац другий пункту 6.1 розділу VI із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

структури телекомунікаційної мережі оператора телекомунікацій; номерного ресурсу та задіяної ємності станцій, абонентів;

обсягів та структури трафіку в мережі оператора телекомунікацій; персоналу оператора, провайдера телекомунікацій;

відомості щодо маршрутизації трафіку;

номерів абонентів "А" і "Б";

номерного ресурсу та сигнальних ланок, на які встановлюються вимірювальні прилади, засоби вимірювальної техніки.

Зазначена у [пункті 6.1](#) цього розділу інформація не може передаватися іншим особам без письмового погодження з її власником, крім випадків її використання з метою здійснення НКРЗІ відповідних заходів щодо державного нагляду за ринком телекомунікацій та у разі необхідності вжиття НКРЗІ заходів відповідно до вимог [пункту 3.2](#) цього Положення.

{Пункт 6.2 розділу VI із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації № 80 від 02.03.2021}

11.5. Вимірювання операторами параметрів власних телекомунікацій.

Оператори телекомунікацій повинні вживати заходів щодо функціонування своїх телекомунікаційних мереж з додержанням вимог нормативно-правових актів та нормативних документів у сфері телекомунікацій, включаючи вимірювання параметрів своїх телекомунікаційних мереж, в тому числі з метою додержання встановлених показників якості телекомунікаційних послуг.

Такі вимірювання можуть здійснюватися:

самостійно оператором телекомунікацій - за наявності обладнання, яке відповідає вимогам [пункту 2.2 розділу II](#) цього Положення;

із залученням на договірній основі інших суб'єктів господарювання, що мають право за погодженням з НКРЗІ проводити вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж, а також атестовані на проведення відповідних вимірювань, мають фахівців та вимірювальне обладнання згідно з вимогами [пункту 2.2 розділу II](#) цього Положення.

Результати вимірювань, виконані оператором телекомунікацій відповідно до вимог [пункту 7.1](#) цього розділу, можуть використовуватися НКРЗІ при здійсненні державного нагляду за ринком телекомунікацій лише у разі наявності письмової згоди відповідного оператора телекомунікацій.

{Абзац перший пункту 7.2 розділу VII із змінами, внесеними згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації № 80 від 02.03.2021}

Результати вимірювань, виконані оператором телекомунікацій поза межами заходів державного нагляду, що були надані оператором та підтвердженні під час здійснення

заходів державного нагляду, додаються до акта перевірки дотримання законодавства про телекомунікації.

Результати вимірювань, виконані відповідно до вимог [пункту 7.1](#) цього розділу, оформляються протоколом вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж, форма якого наведена у [додатку 3](#) до цього Положення та використовуються оператором, провайдером телекомунікацій при складанні акту про порушення правил надання і отримання телекомунікаційних послуг, передбаченого [підпунктом 35-1](#) пункту 39 Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 11 квітня 2012 року № 295.

{Пункт 7.2 розділу VII доповнено новим абзацом згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

Додаток 1
до Положення про вимірювання
параметрів телекомунікаційних
мереж
з метою здійснення державного
нагляду у сфері телекомунікацій
(пункт 2.3)

№	Завдання на проведення вимірювань	
1	Підстава для проведення вимірювань:	
2	Планові строки початку та закінчення вимірювань:	
3	Найменування оператора, провайдера телекомунікацій, на мережі якого проводяться вимірювання:	

4	Точки підключення:	Адреса, протокол, коди пунктів сигналізації тощо
5	Вимоги до вимірювань. Які параметри мережі чи значення показників необхідно відобразити:	Презентація номерів при здійсненні тестових викликів, причина завершення викликів, порядок надходження сигнальних повідомлень, ідентифікатор виду адреси тощо
6	Методи проведення вимірювань:	Здійснення тестових викликів, вимірювання на реальному трафіку тощо
7	Порядок оформлення результатів. Необхідні матеріали для роботи уповноважених НКРЗІ посадових осіб:	Роздруківки сигнальних повідомлень, електронні версії сесій вимірювання тощо

АКТ

вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж

{Додаток 2 із змінами, внесеними згідно з Рішеннями Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 676 від 30.09.2014](#), [№ 561 від 26.11.2019](#), [№ 80 від 02.03.2021](#)}

Додаток 2
до Положення про вимірювання
параметрів телекомунікаційних мереж з метою здійснення
державного нагляду у сфері телекомунікацій (пункт 3.1)

АКТ
вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж

від _____ 20__ р. № _____

Вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж здійснено на підставі посвідчення

_____ (номер та дата видачі посвідчення)

на телекомунікаційній мережі оператора, провайдера телекомунікацій

_____ (найменування оператора телекомунікацій,

_____ його місцезнаходження, код за ЄДРПОУ)

_____ (назва телекомунікаційної мережі,

_____ місце проведення вимірювань)

Уповноважена(-і) НКРЗІ посадова(-і) особа(-и):

_____ (посада, прізвище, ініціали)

працівники (у разі залучення):

_____ (посади, прізвища, ініціали)

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

(назва телекомунікаційної мережі, обладнання
телекомунікаційної мережі,

назва засобів вимірювальної техніки, дата проведення
вимірювань,

опис дій, необхідних для проведення вимірювань, точки
підключення засобів вимірювальної техніки тощо)

ВИМІРЮВАННЯМ ВСТАНОВЛЕНО:

(дані, отримані під час проведення вимірювань параметрів
телекомунікаційних мереж)

ДОДАТКИ:

(схеми, роздруківки, таблиці, графіки тощо)

Акт складено на аркушах у примірниках.

Уповноважена (-і) НКРЗІ посадова (-і) особа (-и):

(посада, прізвище, ініціали)

працівники (у разі залучення):

(посада, прізвище, ініціали)

З актом ознайомлений та один примірник отримав.

Керівник (уповноважена особа) суб'єкта ринку телекомунікацій

(підпис, дата, ініціали, прізвище)

{Додаток 2 із змінами, внесеними згідно з Рішеннями Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації № 676 від 30.09.2014, № 561 від 26.11.2019, № 80 від 02.03.2021}

ПРОТОКОЛ

вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж

{Положення доповнено новим Додатком 3 згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [№ 80 від 02.03.2021](#)}

Додаток 3

до Положення про вимірювання
параметрів телекомунікаційних мереж з метою здійснення
державного нагляду у сфері телекомунікацій (пункт 7.2)

(найменування суб'єкта господарювання)

(найменування суб'єкта господарювання)

ПРОТОКОЛ

вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж

від _____ 20__ р. № _____

Вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж здійснено на підставі

на телекомунікаційній мережі оператора, провайдера
телекомунікацій

(найменування оператора телекомунікацій, його
місцезнаходження, код за ЄДРПОУ)

(назва телекомунікаційної мережі,

місце проведення вимірювань)

Працівник (-и) суб'єкта господарювання,
який (-і) здійснював (-ли) вимірювання

(ініціали, прізвище)

Представник (-и) суб'єкта ринку телекомунікацій

(ініціали, прізвище)

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

(назва телекомунікаційної мережі, обладнання
телекомунікаційної мережі,

назва засобів вимірювальної техніки, дата проведення
вимірювань,

опис дій, необхідних для проведення вимірювань,

точки підключення засобів вимірювальної техніки тощо)

ВИМІРЮВАННЯМ ВСТАНОВЛЕНО:

(дані, отримані під час проведення вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж)

ВИСНОВКИ:

(висновки щодо відповідності показників граничним нормованим рівням якості послуг)

ДОДАТКИ:

(схеми, роздруковки, таблиці, графіки тощо)

Протокол складено на _____ аркушах у _____ примірниках.

Працівник (-и) суб'єкта господарювання, який (-і) здійснював (-ли) вимірювання

(підпис, дата, ініціали, прізвище)

Представник (-и) суб'єкта ринку телекомунікацій

(підпис, дата, ініціали, прізвище)

З протоколом ознайомлений та один примірник отримав.

Керівник (уповноважена особа) суб'єкта ринку телекомунікацій

(підпис, дата, ініціали, прізвище)

{Положення доповнено новим Додатком 3 згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації № 80 від 02.03.2021}

11.6. Огляд літератури з питання методик вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж.

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0582-21#Text>. Методика вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж. Документ z0582-21, 2021, Затверджено Рішення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації 02 березня 2021 року № 80 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28 квітня 2021 р. за № 582/36204
2. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15> Закон України «Про телекомунікації».
3. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18> Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
4. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1426-13#n13> Положення про вимірювання параметрів телекомунікаційних мереж з метою здійснення державного нагляду у сфері телекомунікацій.
5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1252-12> рішення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 05 липня 2012 року № 324 «Про затвердження Порядку маршрутизації трафіка в телекомунікаційній мережі загального користування України», зареєстроване в Міністерстві юстиції України 25 липня 2012 року за № 1252/21564
6. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1164650-07> наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 13 грудня 2007 року № 1164 «Про затвердження нормативного документа «Спільноканальна сигналізація № 7. Національна версія України. Правила використання у телефонній мережі загального користування. Версія 3.0»

7. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0607650-10> наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 20 серпня 2010 року № 607 «Про затвердження Технічних вимог до маршрутизації трафіку в телефонній мережі загального користування України»
8. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0607650-10> наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 04 серпня 2010 року № 558 «Про затвердження Технічних вимог до взаємоз'єднання та взаємодії телефонних мереж загального користування з різними технологіями обробки, комутації, перенесення сигналів»
9. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0607650-10> наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 07 травня 2015 року № 252 «Про затвердження нормативного документа «Телекомунікаційна мережа загального користування. Телефонна мережа. Технічні вимоги».
10. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1284-06> Національний план нумерації України, затверджений наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23 листопада 2006 року № 1105 та зареєстрований в Міністерстві юстиції України 07 грудня 2006 року за № 1284/13158
11. <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n355.doc> Сигнальний документ — [f506161n355.doc](https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n355.doc) / zip
12. <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n356.doc> Сигнальний документ — [f506161n356.doc](https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n356.doc)
13. <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n357.doc> Сигнальний документ — [f506161n357.doc](https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Flaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n357.doc)

14. <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https:%2F%2Fzakon.rada.gov.ua%2Fflaws%2Ffile%2Ftext%2F90%2Ff506161n358.doc> Сигнальний документ — [f506161n358.doc](#)
15. Методика вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж Офіційний вісник України від 18.05.2021 — 2021 р., № 37, стор. 404, стаття 2276, код акта 104677.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які засоби вимірювань прийнято відносити до системного обладнання телекомунікацій?
2. Поясніть сутність методу зворотного розсіювання для дослідження параметрів оптичних каналів.
3. Метрологічна оцінка яких параметрів оптичного волокна може бути здійснена за допомогою методу зворотного розсіювання?
4. Які методи є підгрунттям аналізаторів оптичного спектра?
5. Призначення око-діаграм у метрологічній практиці.
6. Перелічіть параметри каналів передачі даних, які можуть бути досліджені за допомогою око-діаграм.
7. У чому полягає принципова відміна між системним та експлуатаційним обладнанням у галузі телекомунікацій?
8. Перелічіть існуючі рівні вимірювання при дослідженні систем зв'язку.
9. Поясніть умови виникнення зворотного потоку оптичного імпульсу в оптоволокну.
10. Наведіть формулу для обчислення потужності зворотного потоку, що розсіюється у місці пошкодження оптоволокну.
11. Запишіть аналітичний вираз для розрахунку групової швидкості розповсюдження оптичного імпульсу.
12. Поясніть сенс поняття релеївське розсіювання.

13. Яким чином визначається відстань до точки волокна, де існує пошкодження?
14. Запишіть вираз для розрахунку загасання в оптичному волокні на відрізьку лінії.
15. Запишіть вираз для розрахунку потужності потоку Френелівського відображення.
16. Наведіть відомі Вам способи реалізації методу зворотного розсіювання.
17. Накресліть структурну схему апаратури для реалізації методу зворотного розсіювання у часовій області.
18. Поясніть призначення зондувального імпульсу та умови його утворення.
19. Поясніть поняття «рефлектограма».
20. Накресліть схему, що пояснює принцип дії систем спектрального ущільнення.
21. Наведіть сфери застосування аналізаторів оптичного спектру.
22. Яким чином відбувається перетворення оптичного сигналу в електричний при використанні інтерферометричного методу?
23. Призначення швидкого перетворення Фур'є при обробці оптичного сигналу за допомогою інтерферометричного методу.

ТЕМА 9. Основи стандартизації.

Лекція 12. Загальні положення. Державні органи стандартизації в Україні. Види стандартів. Мета та завдання стандартизації. Державний контроль та нагляд за дотриманням вимог держаних стандартів. Нормалізаційний контроль технічної документації. Принципи стандартизації. Методи стандартизації.

12.1. 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 усталеної 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 напрямками 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.

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.

12.2. 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.

Державний Комітет України з питань технічного регулювання та споживчої практики

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 усталеної 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 види стандартів за їх змістом. Розглянемо ці види стандартів детальніше.

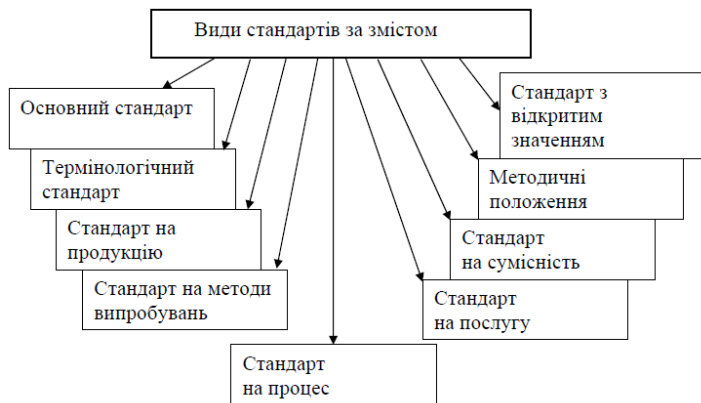
Основний (основоположний) стандарт – нормативний документ зі стандартизації, що містить загальні або керуючі положення для визначення галузі.

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.

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.

12.3. 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 про* методи та засоби 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 матеріалоемності, енергоемності 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.

12.4. 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 перевірічі 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 про відповідність.

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.

12.5. 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 виробах, 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 контрровок, різьблень, шліцевих 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.

12.6. 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, установалення 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.

12.7. Методи стандартизації

При стандартизації широке розповсюдження знайшли такі методи:

спрощення (симпліфікація); упорядкування (систематизація та класифікація) об'єктів стандартизації; параметрична стандартизація; уніфікація;

агрегативання; 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, кожна група на 10 підгруп та кожна 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 виробу 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 подоба, 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.

Міжтипова уніфікація проводиться у виробках різних типів та різних конструктивних виконань (наприклад, уніфікація продольно-фрезерних, стругальних, шліфувальних 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 подoba деталей визначається сукупністю конструктивних ознак та технологічними характеристиками деталей.

Розробка типових технологічних процесів починається з класифікації об’єктів виробництва, технологічних операцій, пристроїв, різувального та вимірювального 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.

Лекція 13. Комплексна стандартизація. Випереджаюча стандартизація. Міжгалузеві системи (комплекси) стандартів. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД). Єдина система технологічної документації (ЄСТД). Інші комплекси стандартів. Економічна ефективність стандартизації. Міжнародна система стандартизації. Стандартизація у галузі інформаційних технологій та телекомунікацій.

13.1. 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 введення 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.

13.2. 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.

13.3. 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.

13.4. 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.

13.5. 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 3.1102–3.130).

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).

13.6. 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.

13.7. 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 отримаємо 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.

13.8. Міжнародна система стандартизації

На сьогодні найбільшим міжнародним об'єднанням у галузі стандартизації є **ISO, International Organisation for Standardization** (Міжнародна організація зі стандартизації).

Виникнення абревіатури **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, наведені на рисунку.

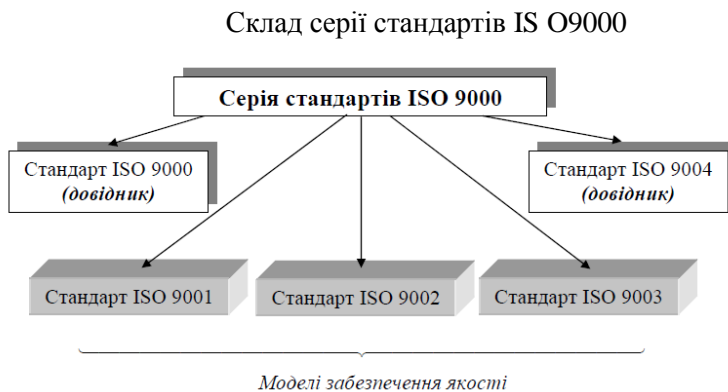
Стандарти ISO 9000 та ISO 9004 являють собою довідники, що містять інформацію із загальних питань керівництва якістю. Стандарти ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 описують моделі забезпечення якості та є основою міжнародної

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.



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 телекомунікації та зв'язку.

13.9. 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 ІТУ є координація міжнародної діяльності у галузі побудови, використання та стандартизації глобальних телемереж та забезпечення телекомунікаційного сервісу.

Членами ІТУ виступають організації, які за статутом членства поділяються на такі класи:

- A. Національні міністерства та відомства зв'язку;
- B. Великі приватні корпорації у сфері електров'язку;
- C. Наукові установи та підприємства, що виконують роботи у галузі розробки та виготовлення обладнання зв'язку;
- D. Міжнародні організації, у тому числі ISO;
- E. Організації інших сфер діяльності, що мають певні інтереси до роботи даного напрямку стандартизації.

Структурно ІТУ поділяється на три секції.

- Радіокомунікації ІТУ-R
- Стандартизація телекомунікацій ІТУ-T
- Розвиток телекомунікацій ІТУ-D

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 електров'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 електров'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 висвітляють інтереси відповідних країн на міжнародному рівні.

Для координації роботи міжнародних організацій у галузі інформаційних технологій створений *Об'єднаний технічний комітет 1 ІТС1 (Joint Technical Committee 1)*. ІТС1 поєднує інтереси організації ІСО та ІЕС, забезпечує постійне співробітництво також із Міжнародною спілкою електрозв'язку (ІТУ). Для розробки конкретних документів зі стандартизації до складу ІТС1 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.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як контролюється в Україні галузь стандартизації?
2. Які існують види стандартизації за сферою розповсюдження?

3. Які існують види нормативних документів зі стандартизації?
4. Поясніть, з якою метою здійснюється контроль та нагляд за дотриманням вимог державних стандартів.
5. Поясніть принципову різницю між контролем та наглядом у галузі стандартизації.
6. Як здійснюється відбір зразків (проб) для контролю та нагляду за якістю продукції?
7. Як здійснюється технічний огляд продукції та оформлюються його результати?
8. Поясніть мету проведення нормалізаційного контролю технічної документації.
9. Що виступає як об'єкт нормалізаційного контролю?
10. Назвіть основні принципи стандартизації.
11. Назвіть відомі методи стандартизації.
12. Поясніть поняття випереджаючої стандартизації.
13. Охарактеризуйте статут та структуру Міжнародної організації зі стандартизації ISO.
14. Статут та напрями діяльності Міжнародної електротехнічної комісії.

ТЕМА 10. Сертифікація та акредитація.

Лекція 14. Основні поняття, мета та об'єкти сертифікації». Роль сертифікації у підвищенні якості продукції. Якість та конкурентоспроможність продукції. Основні поняття та визначення у галузі якості продукції. Взаємозв'язок кількості та якості продукції. Ефект від підвищення якості продукції. Контроль та оцінка якості продукції. Кількісна оцінка якості продукції (кваліметрія)

14.1. 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).

14.2. 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.

14.3. 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:

$$K_{(t)} = \frac{I}{I_0} = \frac{P_c}{P_{c0}} \frac{B_0}{B}$$

де I, I_0 – інтегральний показник якості відповідно зразка, що оцінюється, та базового; P_c, P_{c0} – сумарний корисний ефект від експлуатації за термін служби відповідно зразків, що оцінюється, та базового; B, B_0 – 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:

$$B = B_{II} + \sum_{i=1}^T B_i \quad \text{та} \quad B_0 = B_{II0} + \sum_{i=1}^T B_{0i}$$

де B_{II}, B_0, B_{II0} – одночасні витрати на закупівлю зразків, оцінюваного та базового; B_i, B_{0i} – 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:

$$K_{(t)} = \frac{P_{c'}}{q_B m_{B0} + T' \sum_{i=1}^n P_i m_{i0}}$$

де $P_{c'} = P_c / P_{c0}$ – відношення корисних ефектів, що отримані від експлуатації оцінюваного варіанта та базового; $q_B = B / B_0$ – відношення одночасних витрат споживача на закупівлю зразків оцінюваного та базового; m_{B0} – коефіцієнт часткової участі витрат виробника на закупівлю базового зразка у повних витратах; T' – відношення оптимальних термінів служби зразків оцінюваного та базового; $p = P_j / P_{j0}$ – відносне значення j -го показника якості продукції; P_j, P_{j0} – значення j -го показника якості зразків оцінюваного та базового, виражене у натуральних одиницях; m_{i0} – коефіцієнт часткової участі i -го показника якості базового зразка, що виражений в одиницях вартості, у повних затратах:

$$m_{i0} + \dots + m_{n0} = 1$$

При $K_{(t)} \geq 1$ продукція є конкурентоспроможною, при $K_{(t)} < 1$ 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.

14.4. 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.

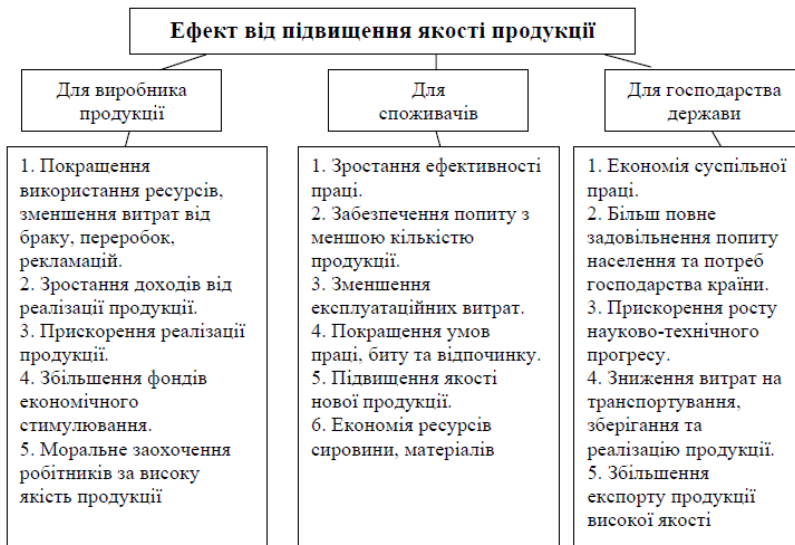
Згідно з ГОСТ 15467-79 (СТ СЕВ 3519-81) «якість продукції – це сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення».

Підвищення якості продукції дає позитивний ефект як для виробника, так і для її споживача та господарства країни у цілому.

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.

Показники ефективності від підвищення якості продукції.



14.5. 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.

14.6. 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, ремонтопридатність 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. Ремонтопридатність – 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 ґрунтуються 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.

14.7. 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

$$K = T / (T + T_{\text{п}})$$

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

$$K_0 = \sum_{i=1}^n a_i K_i$$

де K_i – показник i -ї властивості продукції, що оцінюється; a_i – коефіцієнт ваги відповідного показника.

Із залежності 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:

$$K_{\text{інт}}(t) = \Pi_c / [B_c \varphi(t) + B_e]$$

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,

$$\varphi(t) = \frac{E_H (1 + E_H)^{t-1}}{(1 - E_H)^{t-1}}$$

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:

$$K_{\Pi} = \Pi_c / (B_c + \sum_{i=1}^T B_i)$$

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 відносно 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

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^a r_j m_j \right)$$

де m_j – кількість дефектів кожного виду у вибірці.

7. Відносний коефіцієнт дефектності можна обчислити за такою формулою

$$Q = D / D_0.$$

де D_0 – базове значення коефіцієнта дефектності, що відповідає певному базовому періоду виробництва.

8. Індекс дефектності продукції – це комплексний показник якості різномірної 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:

$$r_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^s C_i}$$

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:

$$K_c = \sum_{i=1}^s C_i q_i / (C_n \sum_{i=1}^s q_i)$$

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:

$$C(t) = [C_k(t) + R_p] / T$$

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.

Лекція 15. Методи визначення показників якості продукції. Керування якістю продукції. Сертифікація систем якості. Аудит системи якості. Системи сертифікації. Правила та послідовність проведення сертифікації. Акредитація органів із сертифікації та випробувальних (вимірювальних) лабораторій.

15.1. 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 відносної 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.

15.2. 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 використовувати 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, оснований на фактах. Ефективні рішення, основані на аналізі даних та інформації.

8. Взаємовигідні відносини з постачальниками. Організація та її поста- чальники 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 ISO 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.

15.3. 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.

15.4. Аудит системи якості

Класифікацію можливих видів аудиту якості за різними ознаками наведено на рисунку.

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.

15.5. 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.

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.

15.6. 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 рисунку.

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 органа із сертифікації, здібного провести оцінку відповідності об'єкта, який його цікавить. Це визначається галуззю акредитації органа 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 вибіркових перевірок зразків продукції, послуг або елементів системи якості. При контролі сертифіката, виданого спеціалісту, перевіряється відповідність його роботи прийнятим критеріям.

15.7. 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.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттю сертифікація.
2. Перелічіть суб'єкти сертифікації.
3. Перелічіть об'єкти сертифікації.
4. Назвіть мету, з якою здійснюється стандартизація.
5. Що є нормативно-методичною базою сертифікації?
6. Назвіть основні групи, на які поділяють показники якості продукції.
7. За якими показниками здійснюється кількісна оцінка якості продукції?
8. Перелічіть відомі Вам методи визначення показників якості продукції.
9. Поясніть, що розуміють під моральним старінням продукції?
10. Перелічіть основні принципи керування якістю.
11. Що розуміють під терміном «керування якістю»?
12. Наведіть етапи, з яких складається процедура сертифікації системи якості.
13. З якою метою провадиться аудит систем якості?
14. Що являє собою система сертифікації?
15. Назвіть органи або особи, які можуть вважатися незалежними при здійсненні процедури сертифікації товарів та послуг.
16. Поясніть поняття «сертифікація» та «система сертифікації».
17. Як оцінюється відповідність товарів і послуг?
18. Як офіційно оформлюється підтвердження відповідності?
19. Яку назву має документ, що встановлює відповідність об'єкта вимогам документів зі стандартизації?
20. Перелічіть відомі Вам форми підтвердження відповідності.

21. Які фактори впливають на узагальнену оцінку конкурентоспроможності товару?
22. Запишіть аналітичний вираз, за яким кількісно порівнюються інтегральні показники якості продукції.
23. Як оцінюється відносний інтегральний показник конкурентоспроможності продукції?
24. Поясніть поняття «базовий зразок».
25. Укажіть, які показники впливають на технічний рівень розробки продукції?
26. Як оцінюється поняття «надійність продукції»?
27. Запишіть вираз для кількісної оцінки коефіцієнта готовності.
28. Від яких параметрів залежить значення інтегрального показника якості продукції?
29. Як кількісно оцінюється коефіцієнт дефектності?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про внесення змін до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 15 червня 2004 р. за №1765-IV.
2. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 72 с.
3. ДСТУ 2682-94. Метрологічне забезпечення. Основні положення. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 15 с.
4. ДСТУ 2462-94. Сертифікація. Основні поняття. Терміни та визначення. – Введ. 1995-01-01. – К.: Держстандарт України, 1994. – 26 с.
5. Закон України “Про стандартизацію” [Текст]. №2408-ІН від 17 травня 2001 р.
6. Румшицкий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшицкий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
7. Ціделко, В.Д. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання / 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: 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 / В.А. Никитин, В.В. Филончева; – 2-е изд. – С.Пб.: Питер, – 2005. – 127 с.
11. Тарасова, В.В. Метрологія, стандартизація і сертифікація : 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. Метрологія, стандартизація и сертифікація : учеб. для вузов / Ю.В. Димов. – 2-е изд. – С.Пб.: Питер, 2004. – 432 с.

13. Головка, Д.Б. Основи метрології та вимірювань/ Д.Б. Головка, К.Г. Реґо, Ю.О. Скрипник. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
14. Саранча, Г.А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю: підручник / Г.А. Саранча. – К.: Центр навч. літератури, 2006. – 672 с.
15. Бичківський, Р.В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: 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.

Навчальне видання
Опорний конспект лекцій з навчальної дисципліни
“Метрологія та стандартизація”
Укладач: Стринадко Мирослав Танасійович

Відповідальний редактор Максимяк Петро Петрович