

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний технічний університет

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Стандартизація, метрологія, контроль якості продукції»
для студентів спеціальності
6.05040303 Композиційні та порошкові матеріали, покриття
денної форми навчання

Бібл. № 5822е

2015

Конспект лекцій з дисципліни «Стандартизація, метрологія, контроль якості продукції» для студентів спеціальності 6.05040303 Композиційні та порошкові матеріали, покриття денної форми навчання / Укл. В.М.Плескач – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 82 с.

Укладач:	В.М.Плескач, доц., к.т.н.
Рецензент:	О.А.Мітяєв, проф., д.т.н.
Експерт:	В.О.Савченко, к.т.н.
Відповідальний за випуск:	І.П.Волчок, проф., д.т.н.

Затверджено на засіданні навчально-методичної ради фізико-технічного інституту, протокол № 1 від 30.09.15 р.

Затверджено на засіданні кафедри композиційних матеріалів і технологій, протокол № 2 від 04.09.15 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Стандартизація і сертифікація.....	5
1.1 Стандартизація, основні поняття.....	5
1.2 Основні методи стандартизації.....	7
1.3 Види і категорії нормативних документів зі стандартизації.....	9
1.4 Державні органи стандартизації України.....	13
1.5 Міжнародна стандартизація.....	16
1.6 Техніко-економічна ефективність стандартизації.....	19
1.7 Основи сертифікації промислової продукції.....	21
2. Основи метрології.....	26
2.1 Основні поняття.....	26
2.2 Фізичні величини та їх одиниці.....	27
2.3 Основні характеристики вимірювань.....	31
2.4 Похибки вимірювань фізичних величин.....	35
2.5 Математичне оброблення результатів вимірювання.....	43
2.6 Засоби вимірювання.....	46
2.7 Похибки засобів вимірювання.....	53
2.8 Повірка засобів вимірювання.....	55
3. Система допусків і посадок.....	58
3.1 Точність виготовлення деталей машин, її характеристики.....	58
3.2 Посадки, загальні відомості.....	61
3.3 Види посадок та їх призначення.....	65
4 Контроль якості продукції.....	70
4.1 Поняття якості продукції.....	70
4.2 Основні принципи контролю якості продукції.....	71
4.3 Показники якості.....	73
4.4 Методи контролю якості продукції.....	76
Література.....	80
Додаток А. Коефіцієнт Стьюдента t_p	82

ВСТУП

Людина з найперших часів свого існування, своєї господарської діяльності зіткнулася з вимірюваннями. Відлік часу доби, року; зміна пір року; передбачення часу початку польових робіт тощо. Їй треба було знати відстань до місць вдалого полювання або праці, до місць обміну товарів, а потім – торгівлі. Навіть предмети домашнього вжитку повинні були мати певні розміри і вимагали вимірювань: одяг, посуд, будинки, стільці та столи і таке інше. У сучасних умовах стан засобів вимірювання визначає стабільність роботи підприємства і якість продукції, що випускається.

Разом з вимірюваннями і еволюцією цивілізації розвивалася стандартизація. Труби славних давньоримських водогонів були одного стандартного розміру. Кам'яні куби, з яких побудовані піраміди Стародавнього Єгипту, цеглини при будівництві чудових храмів Середньовіччя виготовлялися за певними нормами. Величезні армії лучників мали фактично стандартні стріли. Навіть правила дорожнього руху – правосторонній чи лівосторонній – були встановлені дуже давно і обумовлені особливостями життя тих чи інших країн.

Обмін товарами і торгівля, конкуренція між виробниками вимагали ретельного контролю якості продукції. У часи цехової організації виробництва цех, приймаючи до своїх лав нового майстра, відповідав за якість його продукції. Цехові правила переслідували майстрів – не членів цеху, які виготовляли аналогічну продукцію, так званих партачів, не лише як конкурентів, але й тому, що їхня продукція могла бути неякісною, підривала авторитет цехових майстрів і тим самим погіршувала їх конкурентоспроможність.

Сьогодні, в умовах ринкової економіки і світової глобалізації суспільство не може існувати без технічного законодавства та нормативних документів, які регламентують правила, процеси, методи виготовлення та контролю якості продукції. Роль точності вимірювань, стандартизації для забезпечення якості продукції надзвичайно висока. Кожен інженерно-технічний працівник повинен мати чіткі уявлення про наукові основи і завдання стандартизації і повною мірою використовувати чинні Закони, стандарти та інші нормативні документи; усвідомлювати значення економічно обґрунтованого призначення точності з метою забезпечення заданих якісних характеристик виробів, мати практичні навички з технічних вимірювань та інших методів контролю якості.

1 СТАНДАРТИЗАЦІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ

1.1 Стандартизація, основні поняття

Стандартизація – діяльність з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній галузі за допомогою встановлення положень для загального багаторазового вживання відносно реально існуючих або потенційних завдань.

Стандартизація дозволяє досягнути узгоджених рішень у різних галузях діяльності, уникнути зайвої різноманітності, встановлює загальноприйнятні правила і норми діяльності та поведінки. Сучасна промисловість, торгівля, певною мірою міжнародні відносини та й спілкування людей взагалі сьогодні були б неможливі без стандартизації. Зокрема, в результаті стандартизації вузлів і агрегатів створюються умови для розвитку спеціалізації і кооперування виробництва. Завдяки використанню стандартного обладнання і інструменту зменшуються витрати і строки технологічної підготовки виробництва, підвищується продуктивність праці. Рівень розвитку стандартизації характеризує не лише рівень розвитку промисловості, але й її економічні показники.

Стандартизація ґрунтується на врахуванні рівня розвитку науки і техніки, економічної доцільності та ефективності технологічних процесів для виробника, на забезпеченні екологічних вимог, вигоди і безпеки для споживача тощо. Нормативні документи зі стандартизації мають бути гармонізовані з міжнародними і регіональними стандартами інших країн, з нормативними законодавчими актами. До участі у розроблянні нормативних документів залучаються всі зацікавлені сторони (розробники, виробники, споживачі, представники органів державної влади та ін.). Комплекси стандартних документів повинні відповідати складу і взаємозв'язкам різних об'єктів стандартизації, бути раціональними та обґрунтованими, не суперечити один одному.

Принципово важливо, щоб нормативні документи враховували новітні досягнення науки і техніки, закріплювали підвищені вимоги до якості продукції. Розроблені й прийняті стандарти мають обов'язковий характер, і їх повинні дотримуватися всі підприємства незалежно від форми власності.

Теоретичною базою сучасної стандартизації є **система переважних чисел**. Переважні числа — це числа, які рекомендується вибирати переважно перед усіма іншими при призначенні величин параметрів для новостворюваних виробів (продуктивність, швидкість, вантажопідйомність, число обертів, напруга, такт циклу праці тощо). Застосування переважних чисел дає змогу уніфікувати розміри і параметри продукції як у масштабах країни, так і у міжнародному масштабі.

Ряди переважних чисел створюються на основі геометричних прогресій зі знаменником q . Найзручнішими є геометричні прогресії, які мають початкове число 1 і знаменник $q = \sqrt[3]{10}$, де $R = 5; 10; 20; 40; 80; 160$.

Основні ряди переважних чисел і значення R встановлює ГОСТ 8032-84 [12].

Основною *метою стандартизації* є:

- реалізація єдиної технічної політики у сфері стандартизації, метрології та сертифікації;
- захист інтересів споживачів та держави з питань безпеки продукції, процесів, послуг для життя, здоров'я та майна громадян, охорони довкілля;
- покращення умов виробництва за рахунок забезпечення взаємозамінності та сумісності продукції;
- забезпечення якості продукції, виходячи з досягнень науки і техніки, потреб населення і народного господарства;
- раціональне використання всіх видів ресурсів, проведення державної політики у сфері ресурсозбереження, підвищення техніко-економічних показників виробництва;
- безпека народногосподарських об'єктів з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій;
- розвиток міжнародного економічного та технічного співробітництва;
- усунення технічних і термінологічних перешкод для створення конкурентоспроможної продукції та виходу її на світовий ринок;
- впровадження та використання сучасних виробничих та інформаційних технологій;
- сприяння забезпеченню обороноздатності та мобілізаційної готовності країни.

Указані задачі можуть вирішуватися як у масштабах країни, так і в усіх галузях народного господарства та окремих виробничих підприємствах.

Об'єкти стандартизації – предмети, продукція, процеси, технології, обладнання, системи, а також правила, поняття, визначення, процедури та ін., що підлягають стандартизації.

Зокрема, такими об'єктами є об'єкти організаційно-методичного і загальнотехнічного характеру, наприклад, організація проведення робіт зі стандартизації, термінологічні системи у різних галузях знань і діяльності; класифікація і кодування техніко-економічної і соціальної інформації. Стандартизуються системи і методи забезпечення якості і контролю якості, методи випробувань, а також пов'язані з ними метрологічне забезпечення (метрологічні норми, правила, вимоги, організація робіт) і системи фізичних величин та одиниць. У галузі виробництва об'єктами стандартизації є системи технологічної та іншої документації загального використання; типорозмірні ряди і типові конструкції виробів загальномашинобудівного використання (підшипники, кріплення, інструменти, деталі і т.п.); інформаційні технології, включаючи програмні і технічні засоби інформаційних систем; довідкові дані про склад і властивості речовин і матеріалів.

У загальнодержавних рамках об'єктами стандартизації є складові елементи народногосподарських об'єктів державного значення, зокрема

банківсько-фінансова система, транспорт, зв'язок, енергосистема, охорона довкілля, вимоги до природних ресурсів, що використовуються; елементи державних соціально-економічних програм і державних науково-технічних програм тощо.

Результатом процесу стандартизації, як правило, є стандарт. **Стандарт** – це нормативний документ, розроблений у встановленому порядку на засадах відсутності протиріч в істотних питаннях з боку більшості зацікавлених сторін для досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній галузі та затверджений визначеним державним органом.

1.2 Основні методи стандартизації

Одним з основних завдань стандартизації є збільшення застосовності однотипних деталей у складі більшої кількості виробів. Це дозволяє зменшити трудомісткість та скоротити цикл конструкторської і технологічної підготовки виробництва за рахунок багаторазового використання уже засвоєної у виробництві технічної документації, матеріалів, інструментів та обладнання. Одним з методів і основою для наступної стандартизації є уніфікація.

Уніфікація – це приведення об'єктів однакового функціонального призначення до одноманітності. При уніфікації встановлюють мінімально необхідне, але достатнє число типів, видів, типорозмірів виробів, складальних одиниць і деталей, що мають високі показники якості і повну взаємозамінність. Основою уніфікації є систематизація та класифікація виробів, процесів, функцій тощо. Уніфікація деталей, вузлів і агрегатів ґрунтується на їх конструктивній подібності, яка визначається спільністю експлуатаційних вимог. До останніх, наприклад, належать характер навантаження і режим його зміни, температурні умови, силова і теплова напруженість, розмірні вимоги (обмеження) тощо. Високий рівень уніфікації сприяє підвищенню ефективності виробництва.

Уніфікація може бути міжгалузєвою, у межах галузі або окремого підприємства (заводу).

Міжгалузєва і галузева уніфікації доцільні для деталей однакового функціонального призначення з метою скорочення кількості їх типів.

Заводська уніфікація економічно найдоцільніша для обмеження номенклатури матеріалів, що застосовуються, та конструктивних і технологічних елементів деталей машин (отворів, проточок, фасок, різей і т.п.). За допомогою комплексного аналізу здійснюється уніфікація номінальних розмірів, полів допусків і параметрів шорсткості. На базі уніфікації конструктивних елементів проводиться уніфікація різального та вимірювального інструментів.

Особливе місце у заводській уніфікації займає уніфікація заготовок, з якою пов'язане збільшення розмірів партій заготовок у заготівельних цехах. За рахунок уніфікації заготовок скорочується кількість технологічного

оснащення при одночасному підвищенні його якості, оскільки створюються умови для використання дорожчих, але й якісніших способів виготовлення заготовок (наприклад, спеціальні методи лиття, прецизійне штампування, калібрування, періодичний прокат). З уніфікацією заготовок тісно пов'язане підвищення коефіцієнту використання матеріалу та якості готових деталей.

Проте уніфікація не є самоціллю. Вона повинна вирішуватися комплексно, забезпечуючи мінімальну трудомісткість технологічних процесів виготовлення, складання, експлуатації та ремонту.

У процесі уніфікації виявляється базовий виріб (модель) з високими якісними характеристиками і з можливостями подальшого вдосконалення, який має максимальну конструктивну і технологічну спадковість. На його основі використовується подальший метод стандартизації – типізація.

Типізація – метод стандартизації, спрямований на розробляння типових конструкцій, технологічних, організаційних та інших рішень на основі загальних технічних характеристик.

Типізація конструкцій виробів полягає у розроблянні і встановленні типових конструкцій, що мають конструктивні параметри, спільні для виробів, складальних одиниць і деталей. Під час типізації не тільки аналізують уже існуючі типи і типорозміри виробів, їх складові частини і деталі, але й розробляють нові, перспективні вироби, враховуючи досягнення науки і техніки та розвиток промисловості.

Типізація технологічних процесів – це розробляння і встановлення технологічного процесу для виробництва однотипних деталей або складання однотипних складальних вузлів (виробів). Типізації технологічних процесів повинна передувати робота з встановлення типових представників деталей, складальних одиниць, виробів, які мають найбільшу кількість спільних ознак, характерних для згаданих вище виробів та їх елементів. Типізація скорочує час технологічної підготовки виробництва, сприяє підвищенню продуктивності праці, економії матеріальних ресурсів, зниженню собівартості продукції.

На базі типізації розробляються пропозиції зі **спеціалізації виробництва** деталей та складальних одиниць.

Спеціалізоване виробництво організується або на власному підприємстві, або знаходять інше, розташоване на стороні. Його організація повинна бути обґрунтована достатнім розміром виробничої партії (замовлення). На спеціалізованому виробництві під час підготовки виробництва нової деталі (замовлення) завжди можна знайти готовий типовий технологічний процес, який можна використати як основу для розробляння нового. Спеціалізація виробництва дозволяє використовувати досконаліші технології, дорожче обладнання, робітників кращої кваліфікації, завдяки чому досягається можливість отримати вироби кращої якості при тих же самих витратах.

Симпліфікація (обмеження, спрощення) – ще один метод стандартизації, який полягає у зменшенні числа типів або інших різновидів виробів (без внесення у них будь-яких удосконалень) до мінімуму, технічно і

економічно доцільного для задоволення існуючих потреб. При реалізації метода здійснюється відбирання і раціональне обмеження номенклатури об'єктів, дозволених для застосування у даній галузі, на даному підприємстві або в якому-небудь виробі.

При симпліфікації проведення обмежень можливо на будь-якому рівні виробничого процесу. Але ця робота повинна доповнюватися складанням обмежувальних переліків: номенклатури покупних комплектувальних виробів; номенклатури матеріалів і напівфабрикатів; застосовуваних технологічних процесів; розмірів елементів конструкцій (діаметрів, різей, допусків, посадок і тому подібне); обмеження номіналів електричних і фізичних параметрів тощо. На підставі цих обмежувальних переліків розробляються обмежувальні стандарти підприємств (організацій).

Будучи простим методом і початковою стадією складніших способів стандартизації, симпліфікація виявляється економічно вигідною, оскільки призводить до спрощення виробництва, полегшує матеріально-технічне постачання, складування, звітність та ін.

Агрегативання – метод стандартизації, який полягає в утворенні виробів шляхом компонування їх з обмеженої кількості стандартних і уніфікованих деталей, вузлів, агрегатів, встановлюваних у виріб у різних кількості і комбінаціях. Ці агрегати повинні мати повну взаємозамінність за всіма експлуатаційними показниками і приєднувальними розмірами. Виокремлення агрегатів виконують на основі кінематичного аналізу машин і їхніх складників з урахуванням можливості застосування їх в інших машинах. При цьому прагнуть, щоб з мінімального числа типорозмірів автономних агрегатів можна було створити максимальну кількість компонувань устаткування.

Наочним прикладом агрегативання є агрегатні верстати, оскільки під час зміни предмета оброблення їх легко можна розкласти і з тих же агрегатів скласти нові верстати для оброблення інших деталей з необхідною точністю. Розроблені державні стандарти, які регламентують основні та приєднувальні розміри, норми точності і жорсткості уніфікованих вузлів і агрегатів, що входять у склад агрегатних верстатів і автоматичних ліній. Принцип агрегативання використаний також при створенні системи універсально-складальних пристроїв (УСП). Систему УСП широко використовують при оброблянні заготовок на металорізальних верстатах, при зварюванні, складанні, під час виконання контрольних та інших операцій.

1.3 Види і категорії нормативних документів зі стандартизації

Норми, правила, вимоги, характеристики, які стосуються об'єктів стандартизації, оформляються у вигляді нормативних документів.

Вид нормативного документа залежить від специфіки об'єкта стандартизації, призначення, складу та змісту вимог, встановленого до нього. Для різних категорій нормативних документів зі стандартизації розробляють

стандарти таких видів: основоположні; на продукцію і послуги; на процеси; на методи контролю (випробувань, вимірювань, аналізу); термінологічні.

Основоположні стандарти визначають організаційно-методичні та загально-технічні положення для певної галузі стандартизації. До них відносяться загальні вимоги, норми та правила, які забезпечують взаємозв'язок, взаємну узгодженість і сумісність різних видів технічної і виробничої діяльності, а також вимоги і норми, що визначають безпечність продукції та охорону довкілля на всіх етапах – від розроблення її і виготовлення до пакування, транспортування та утилізації. Загально-технічні та організаційно-методичні стандарти, як правило, групуються у комплекси, які вирішують будь-яке завдання системно.

Стандарти на продукцію і послуги визначають вимоги до груп однорідної або певної продукції (послуг), які забезпечують їх відповідність своєму призначенню. Вони містять вимоги, технічні і технологічні правила при виготовленні продукції (наданні послуг); правила приймання, пакування, транспортування і зберігання продукції; способи контролю якості продукції і наданих послуг.

Стандарти на процеси встановлюють у певних видах діяльності основні вимоги до послідовності та методів (засобів, режимів, норм) виконання різних робіт (операцій) з метою забезпечення відповідності процесу його призначенню.

Стандарти на методи контролю наводять уніфіковані методи контролю якості, засновані на досягненнях сучасної науки і техніки, регламентують вибір способу випробувань, вимірювань та аналізу (правила, режими, норми), технічні засоби і послідовність контрольних операцій для різних видів і об'єктів контролю продукції, процесів і послуг.

Термінологічні стандарти визначають терміни та означення понять для всіх видів діяльності, що є обов'язковими для використання. Терміни та означення понять розробляються за участю наукової, науково-технічної та виробничої громадськості; перед їх затвердженням вони підлягають погодженню з центральним органом виконавчої влади у сфері стандартизації.

Основні загально технічні та організаційно-методичні стандарти, як правило, об'єднуються у комплекси (системи) для забезпечення розв'язання технічних і соціально-економічних задач у визначеній сфері діяльності. Найважливіші з них є такі.

Державна система стандартизації (ДСС) складається з семи стандартів, які визначають основні положення стандартизації, порядок розроблення, будови, оформлення, змісту та державної реєстрації стандартів різного призначення.

Єдина система конструкторської документації (ЄСКД) містить стандарти, які забезпечують взаємний обмін конструкторською документацією без її переоформлення між галузями промисловості і окремими підприємствами, спрощення форми та номенклатури

конструкторських документів, а також єдність графічних зображень; дозволяють механічне і автоматизоване розробляння необхідних документів і як наслідок – готовність промисловості до організації виробництва будь-якого виробу на будь-якому підприємстві у найкоротші терміни.

Єдина система технологічної документації (ЄСТД) встановлює порядок розробляння, оформлення і збереження всіх видів технологічної документації на всіх підприємствах країни, необхідної для виготовлення і ремонту виробів. На підставі цієї документації здійснюється планування, підготовка і організація виробництва, а також встановлюється взаємозв'язок між усіма учасниками виробничого процесу. Система ЄСТД дозволяє використовувати найоптимальніші виробничі технології при передачі готової технологічної документації на інші підприємства.

Державна система забезпечення єдності вимірювань (ДСВ) об'єднує стандарти, які регламентують загальні норми і правила забезпечення та використання одиниць фізичних величин та їх еталонів, правила виконання вимірювань і використання засобів вимірювання, визначають організацію метрологічного забезпечення господарства країни.

Система стандартів безпеки праці (ССБП) встановлює єдині правила і норми, що стосуються безпеки людини під час праці. Дотримання стандартів цієї системи забезпечує зниження виробничого травматизму і професійних захворювань.

Єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) забезпечує умови для скорочення термінів підготовки виробництва, освоєння і випуску продукції заданої якості, забезпечення високої гнучкості виробничої структури і значної економії трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

Стандарти системи розробляються на основі найновіших технологічних рішень. Вони містять типові технологічні процеси, що базуються на використанні стандартних вихідних заготовок, стандартних методів обробляння заготовок з використанням стандартних засобів технологічного оснащення, прогресивних форм організації виробництва.

Система розробляння і впровадження продукції у виробництво (СРПВ) визначає порядок проведення робіт зі створення, виробництва і використання продукції, встановлених відповідними стандартами.

Мета стандартів СРПВ полягає у встановленні організаційно-технічних принципів і порядку проведення робіт для створення продукції високої якості, запобігання впровадженню у виробництво застарілих, неефективних продукції та технологій, скорочення термінів підготовки виробництва і своєчасного освоєння та оновлення продукції.

Стандарти регламентують вимоги до якості продукції, яку належить розробити і впровадити; порядок проведення науково-дослідних, експериментально-конструкторських та технологічних робіт; порядок зняття з виробництва застарілої продукції та ін.

Результатом діяльності державної системи стандартизації (ДСС) є комплекс нормативно-технічної документації, яка передбачає наступні категорії стандартів.

Державні стандарти України (ДСТУ) – це нормативні документи, які діють на території України і є обов'язковими для застосування усіма підприємствами незалежно від форми власності та підпорядкування, а також громадянами-суб'єктами підприємницької діяльності, органами державної виконавчої влади, на діяльність яких поширюється дія цих стандартів. Вони поширюються переважно на продукцію масового та серійного виробництва, на норми, правила, вимоги терміни та поняття.

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

ДСТУ як національні стандарти України затверджуються вищими державними органами у галузі стандартизації.

Міждержавні стандарти (колишні **ГОСТи**) – стандарти, чинні у країнах, які приєдналися до угоди про проведення узгодженої політики у галузі стандартизації, метрології та сертифікації. Фактично це стандарти колишнього СРСР, які не втратили своєї актуальності або термін дії яких продовжений згідно з відповідними міждержавними угодами.

Галузеві стандарти України (ГСТУ) поширюються на продукцію і послуги, що не належить до об'єктів державної стандартизації, а також на норми, вимоги і позначення, регламентація яких необхідна для забезпечення взаємозв'язку виробничо-технічної діяльності всіх підприємств і організацій галузі або які перевищують чи доповнюють вимоги державних стандартів. Під галуззю розуміється сукупність підприємств і організацій незалежно від їх територіального розташування і відомчої належності, що розробляють і виготовляють певну однотипну продукцію.

Галузеві стандарти є обов'язковими для всіх підприємств галузі, а також для підприємств і організацій інших галузей (замовників), які використовують продукцію цієї галузі. Вимоги ГСТУ не повинні суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ.

Галузеві стандарти затверджуються провідним міністерством.

Стандарти науково-технічних та інженерних товариств України (СТТУ) розробляють у випадку необхідності поширення та впровадження систематизованих, узагальнених результатів фундаментальних і прикладних досліджень, одержаних у певних галузях знань і сферах професійних інтересів.

Підприємства застосовують СТТУ добровільно, а окремі громадяни-суб'єкти підприємницької діяльності – у випадках, коли вважають за доцільне використання засобів, технологій, методів та інших вимог, які містять ці стандарти. Використання СТТУ для виготовлення продукції можливе лише за згодою замовника цієї продукції (споживача), що закріплена договором або іншою угодою.

Вимоги СТТУ не повинні суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ і ГСТУ.

Технічні умови України (ТУ У) – нормативний документ, який розробляється для встановлення вимог, що регулюють відносини між постачальником (розробником, виробником) і споживачем (замовником) продукції, для якої немає державних чи галузевих стандартів (або за необхідності конкретизації їх вимог). Технічні умови розробляються на один чи декілька конкретних виробів, матеріалів, речовин, послуг (груп послуг). Як правило, це продукція, яка або знаходиться у стадії освоєння або виробляється невеликими партіями.

ТУ У затверджуються та запроваджуються в дію на обмежений термін за погодженням із замовником.

Стандарти підприємств (СТП) розробляються на продукцію (процес, послугу), яку виробляють і застосовують (надають) лише на конкретному підприємстві. СТП – основний організаційно-методичний документ у діючих на підприємствах системах управління якістю продукції. Об'єктами СТП можуть бути частини продукції, технологічні процеси, оснащення та інструменти; послуги, які надаються на даному підприємстві; технології та процеси з організації та управління виробництвом.

Як СТП можуть використовуватися міжнародні, регіональні та національні стандарти інших країн на підставі міжнародних угод про співробітництво.

Стандарти підприємств затверджуються керівництвом підприємств і не повинні суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ чи ГСТУ.

На території України діють також **міжнародні стандарти (ISO)** – стандарти, прийняті Міжнародною організацією зі стандартизації. Вони стосуються різних сторін виробничої та економічної діяльності і мають, як правило, рекомендаційний характер.

Право видання, перевидання і розповсюдження державних стандартів і змін до них належить винятково державним органам зі стандартизації.

Видання або перевидання міжнародних, міждержавних або національних стандартів інших країн здійснюється на основі відповідних договорів і угод.

Видання або перевидання галузевих стандартів або змін до них, стандартів науково-технічних та інженерних товариств України і забезпечення ними користувачів здійснюють міністерства, відомства і товариства, що їх затвердили.

1.4 Державні органи стандартизації України

Правові та організаційні засади стандартизації в Україні встановлює Закон України «Про стандартизацію», прийнятий Верховною Радою у 2001 р. Закон визначає органи державної влади у сфері стандартизації, регулює відносини, пов'язані зі стандартизацією, з усіма суб'єктами господарської діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності.

До державних органів стандартизації України належать:

- центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації;
- рада стандартизації;
- технічні комітети стандартизації;
- інші суб'єкти, що займаються стандартизацією.

Перший центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації – Державний комітет зі стандартизації, метрології та сертифікації України (Держстандарт України) – був створений постановою Кабінету Міністрів України № 293 від 23.09.1991 р. на базі Українського республіканського управління Держстандарту СРСР. Після деяких перетворень на базі Держстандарту України указом Президента України № 465/2011 від 13.04.2011 р. створено *Державну інспекцію України з питань захисту прав споживачів (Держспоживінспекцію України)*.

Основним завданням Держспоживінспекції у галузі стандартизації є «реалізація державного нагляду за додержанням технічних регламентів, стандартів, норм і правил». Крім того, вона організує діяльність з розробляння, переглядання, заміни і поширення національних стандартів. Як національний орган стандартизації вона представляє Україну у міжнародних і регіональних організаціях зі стандартизації.

Повноваження центрального органу виконавчої влади зі стандартизації у галузі будівництва і промислових матеріалів виконує Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (Мінрегіон України), у галузі оборони – Міністерство оборони.

Рада стандартизації – це колегіальний консультативно-дорадчий орган при Кабінеті Міністрів України. Рада формується на паритетних засадах з представників органів виконавчої влади, Держспоживінспекції, суб'єктів господарювання, Національної академії наук України, спеціалізованих академій наук і відповідних громадських організацій.

Основною метою діяльності Ради стандартизації є налагоджування взаємодії між виробниками, споживачами продукції та органами державної влади, узгодження інтересів у галузі стандартизації, сприяння розвитку стандартизації. Рада розробляє і реалізує пропозиції щодо утворення технічних комітетів стандартизації і визначення напрямів їхньої діяльності; прийняття міжнародних, регіональних або інших стандартів як національних; проведення експертиз проектів технічних регламентів та інших нормативних документів з питань технічного регулювання.

Технічні комітети стандартизації створюються за рішенням Держспоживінспекції України для організації і забезпечення розробляння, експертизи, погоджування і підготовляння для затвердження державних стандартів України, інших нормативних документів зі стандартизації, а також проведення робіт з міжнародної та регіональної стандартизації.

До роботи у технічних комітетах залучаються на добровільних засадах уповноважені представники зацікавлених підприємств, установ і організацій

виробників продукції і замовників (споживачів); органів і організацій зі стандартизації, метрології та сертифікації; науково-технічних й інженерних товариств та інших громадських організацій; провідні вчені та фахівці.

Технічні комітети покликані поєднати потреби сучасного виробництва у нових стандартах, які відповідали б сучасним умовам виробництва і вимогам міжнародної ринкової економіки, з національними інтересами України. На сьогодні в Україні діє 148 технічних комітетів у різних сферах діяльності, які ведуть роботу з науково-дослідними і проектно-конструкторським інститутами, вищими навчальними закладами, установами і організаціями різного підпорядкування.

Інші суб'єкти, що займаються стандартизацією, – це місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання, громадські організації, які уповноважені виконувати роботи з розроблення, експертизи, погоджування, переглядання або заміни стандартів відповідного рівня. Вони можуть представляти у центральні органи стандартизації пропозиції зі створення (ліквідації) технічних комітетів стандартизації, прийняття національних або власних стандартів, а також вести іншу роботу у галузі стандартизації.

На місцеві центри стандартизації покладений контроль за впровадженням і додержанням чинних стандартів і технічних-умов.

Роботу з державної стандартизації також ведуть наступні організації.

Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації та інформатики (УкрНДІССІ) – орган державної служби стандартизації і сертифікації в Україні, який входить у систему Держспоживінспекції України. Головні функції УкрНДІССІ: він обліковує стандарти, патенти, депоновані описи, дисертації, звіти про науково-дослідні роботи; виконує експертизу стандартів перед їх затвердженням; видає каталог нормативних документів, який містить затвержені національні стандарти, стандарти у галузі будівництва, галузеві стандарти та ін.

Український науково-дослідний і навчальний центр з проблем стандартизації, сертифікації, якості (УкрНДНЦ) є провідною організацією Міністерства економічного розвитку і торгівлі України у сфері стандартизації, сертифікації та якості, яка формує напрямки державної політики у сфері стандартизації та суміжних сферах. Предмет діяльності УкрНДНЦ: наукова, науково-технічна, науково-організаційна, науково-педагогічна, навчальна, виробнича діяльність. На УкрНДНЦ покладена підготовка кадрів зі стандартизації і підвищення їх кваліфікації.

Державний науково-дослідний інститут метрології, вимірювальних і керуючих систем «Система» (ДНДІ «Система») розробляє основні стандарти і керівні нормативні документи, що регламентують реалізацію державної системи стандартизації (ДСС). Він розробив серію метрологічних стандартів, стандарти одиниць фізичних величин, погоджені з новітніми виданнями міжнародних стандартів. За участю ДНДІ «Система» розроблена структура

автоматизованого інформаційного фонду стандартів і створена база даних стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) і Міжнародної електротехнічної комісії (IEC).

Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації і захисту прав споживачів (Укрметртестстандарт) складається з 5 інститутів, 7 сертифікаційних і випробувальних центрів; веде реєстр технічних умов.

1.5 Міжнародна стандартизація

Національна стандартизація, як правило, відбиває у своїх стандартах особливості та рівень промислового розвитку конкретної країни. Ці стандарти, що містять певні вимоги, можуть серйозно перешкоджати розвитку міжнародного товарообміну. Розвиток останнього вимагає єдиного підходу до оцінки якості продукції, аж до її пакування, зберігання і транспортування. В єдиній міжнародній стандартизації зацікавлені як індустриально розвинені країни, так і країни, що розвиваються.

Міжнародна стандартизація сформувалася на базі міжнародного розподілу праці, поглиблення на цій основі процесів спеціалізації та кооперації виробництва. У зв'язку з цими вимогами, що постійно зростають у теперішній час, у світі виникли міжнародні організації, які й сьогодні сприяють розвитку національних систем стандартизації та гармонізації їх з вимогами світового господарства і ринку.

До європейських організацій, що займаються стандартизацією, відносяться: *Європейський комітет зі стандартизації (CEN)*, створений 23.03.1963 р., і *Європейський комітет зі стандартизації в електротехніці (CENELEC)*. У межах переходу до єдиного європейського ринку CEN затвердив уже понад 1000 європейських стандартів. У країнах Європейського союзу національні стандарти з систем якості створюються або безпосередньо на базі стандартів ISO серії 9000, або посилаються на стандарти EN серії 29000.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) була заснована у Лондоні у 1946 р. ISO як неурядова організація має консультативний статус ООН і є найбільшою міжнародною організацією з широкого кола питань. Її членами є 160 країн світу. Основною метою ISO є забезпечення розвитку стандартизації та суміжних з нею галузей для сприяння міжнародному обміну товарами і послугами, а також розвитку співробітництва в інтелектуальній, науковій, технічній та економічній діяльності.

ISO складається з керівних і робочих технічних органів. Вищим органом ISO є Генеральна асамблея, яка скликається один раз на три роки. У періодах між сесіями Генеральної асамблеї роботою ISO керує Рада. Поточну адміністративно-технічну роботу виконує Центральний секретаріат.

Робочими технічними органами ISO є технічні комітети зі своїми підкомітетами і робочими групами. Сфера діяльності ISO розподілена між 214 технічними комітетами, кожний з яких має свою галузь діяльності. Вони

виконують весь обсяг робіт з розроблення, погоджування та подання на затвердження проектів міжнародних стандартів.

Внаслідок розвитку економічних і науково-технічних зв'язків, міжнародної спеціалізації і кооперації значно розширюється сфера діяльності ISO. За останні 10 років кількість опублікованих міжнародних стандартів потроїлася. У каталог ISO входить понад 5500 стандартів.

Міжнародна електротехнічна комісія (IEC) заснована у Лондоні у 1906 р. Сьогодні вона є однією з провідних міжнародних організацій з питань стандартизації у галузі електричних, електронних і суміжних технологій. У 1947 р. IEC приєдналася до ISO на автономних правах як її електротехнічний відділ. IEC вирішує завдання з координації та уніфікації національних стандартів у галузі електротехніки, радіоелектроніки та зв'язку.

До складу IEC входить 60 членів з усіх регіонів світу. Основна роль у роботі IEC відводиться промислово розвиненим країнам.

Структура IEC аналогічна структурі ISO. Вищим керівним органом IEC є Рада, в якій представлені національні комітети країн. Основну роботу в IEC виконують технічні комітети. Кожний комітет працює над визначеною для нього галуззю техніки; одна частина з них розробляє стандарти загально-технічного та міжгалузевого характеру, а інша – стандарти на конкретні види продукції.

Міжнародна організація законодавчої метрології (OIML) була заснована підписанням міжурядової конвенції у 1956 р. Основним завданням OIML є забезпечення єдності вимірювань у міжнародному масштабі з метою досягнення порівнянних і точних результатів усіх видів вимірювань, які виконуються у різних країнах. Вона уніфікує закони, правила та інструкції у сфері діяльності національних метрологічних служб.

До складу OIML входять представники національних метрологічних служб 54 країн – членів організації. Вищим органом організації є Міжнародна конференція із законодавчої метрології; вона скликається один раз на шість років. Виконавчим органом OIML є Міжнародне бюро законодавчої метрології, яке знаходиться у Парижі. Бюро – це центр, в якому збирається вся документація із законодавчої метрології; воно займається всіма організаційними і координаційними питаннями. Бюро координує роботу секретарів-доповідачів, які закріплені за метрологічними службами окремих країн і і розробляють загальні питання законодавчої метрології та питання щодо конкретних видів вимірювальної техніки.

Для розроблення рекомендацій стосовно методів і засобів вимірювання та оцінювання їх похибок, уніфікації термінів, позначень і визначень та інших проблем створюються робочі групи, в які входять спеціалісти декількох країн. Проекти рекомендацій узгоджуються з усіма членами OIML, розглядаються у комітетах, а потім подаються на затвердження Міжнародної конференції.

Після проголошення незалежності Україна бере активну участь у роботі міжнародних і європейських організацій, які займаються стандартизацією. 1.01.1993 р. Україна стала членом Міжнародної організації

ISO, а 14.02.1993 р. – членом Міжнародної електротехнічної комісії ІЕС, що дає їй можливість брати участь у діяльності відповідних міжнародних робочих органів, технічних комітетів зі стандартизації і користуватися понад 12 тисячами міжнародних стандартів. У березні 1992 р. Україна підписала угоду про проведення державами СНД узгодженої політики у галузі стандартизації, метрології та сертифікації. Угодою передбачено, що державні стандарти колишнього СРСР є власністю всіх держав, які підписали угоду, і використовуються як державні або міждержавні до розроблення своїх національних стандартів.

Стан і розвиток національної системи стандартизації, сертифікації та метрології є одним з чинників, від якого залежить національна та економічна безпека України. У зв'язку з цим центральні державні органи зі стандартизації проводять єдину технічну політику за напрямками: гармонізація національних стандартів з відповідними міжнародними та європейськими стандартами або їх пряме впровадження; забезпечення якомога більшої відповідності національних стандартів вимогам міжнародного ринку, зокрема вимогам Світової організації торгівлі (WTO); забезпечення простого доступу експортерів до міжнародних стандартів через розвиток національного інформаційного фонду стандартів; удосконалення чинних систем сертифікації шляхом покращення підготовки та підвищення кваліфікації персоналу, акредитації органів сертифікації на базі міжнародних стандартів і програм. Світова організація торгівлі надає перевагу стандартам, які розробляються Міжнародною організацією зі стандартизації та Міжнародною електротехнічною комісією. Ці стандарти – фундамент світової торгівлі.

Кабінетом Міністрів України прийнята низка постанов з метою усунення перешкод у зовнішній торгівлі, підвищення якості та конкурентоспроможності української продукції, захисту прав споживачів, запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя і здоров'я громадян.

З метою подолання бар'єрів у міжнародній торгівлі і забезпечення національного режиму контролю відповідності імпортованих товарів нормам і принципам Світової організації торгівлі Україна приєдналася до Кодексу добросовісної практики щодо підготовки, прийняття та впровадження стандартів WTO.

Основними тенденціями розвитку робіт у галузі стандартизації, оцінювання і сертифікації на сьогодні є:

- розширення і деталізація використання національних і міжнародних стандартів при проектуванні, виробництві і експлуатації всіх видів товарів з метою забезпечення їх якості;
- ініціювання законодавчої і координаційної діяльності органів влади у галузі застосування стандартів, норм і правил, які сприяють інтеграції українського економічного простору в європейський, ресурсозбереженню, охороні прав людини, захисту довкілля тощо;

– удосконалення чинних систем сертифікації шляхом покращення підготовки та підвищення кваліфікації персоналу, акредитації органів сертифікації на базі міжнародних стандартів і програм;

– створення найсучасніших інформаційних систем у галузі стандартизації та сертифікації.

Впровадження міжнародних стандартів у вітчизняну нормативну документацію веде до значної економії засобів, які витрачаються на проведення науково-дослідних робіт, сприяє скороченню термінів розроблення національних стандартів і технологічних процесів, спрощує проектування необхідного обладнання та інструментів.

1.6 Техніко-економічна ефективність стандартизації

Стандартизація є невід’ємною часткою робіт при створенні нової техніки і характеризується високою економічною ефективністю. Економічна ефективність визначається тим, що за рахунок стандартизації показники якості продукції приводяться у відповідність останнім досягненням науки і техніки, підвищується рівень спеціалізації виробництва, скорочується час і трудомісткість технологічної підготовки виробництва при освоєнні виробництва нової продукції, гарантується взаємозв’язок властивостей вихідних матеріалів і готової продукції та ін.

Економічна ефективність стандартизації проявляється у грошовій або натуральній економії живої або упередметненої праці у суспільному виробництві внаслідок впровадження стандарту з урахуванням необхідних для цього витрат. У випадках, коли витрати вимірюються у тих же одиницях, що й економія, економічний ефект може виражатися у натуральній формі (наприклад, скорочення циклів проектування, підготовлення і здійснення виробництва, зниження трудомісткості праці, зменшення потреби у виробничих площах і обладнанні тощо). В інших випадках ефект може бути виражений у грошовій формі.

Економічна ефективність стандартизації може бути визначена у масштабі народного господарства, виробничої галузі або окремого підприємства. З цією метою виконують спеціальні економічні розрахунки у таких випадках: при включенні у план робіт зі стандартизації конкретної теми, пов’язаної з розробленням стандартів; при поданні проектів стандартів на затвердження; після впровадження стандартів. Розрахунки проводяться у відповідності до чинних нормативних документів [2].

Економічна ефективність стандартизації може бути поділена на дві групи: ефект від стандартів, що поширюються на окремі види деталей або складальних одиниць, та ефект від стандартів загального використання, які розповсюджуються на всі види деталей і складальних одиниць. До першої групи належать, наприклад, стандарти на зубчасті передачі, підшипники ковзання і т.п.; стандарти, які встановлюють вимоги до якості конкретних виробів, оптимізації їхніх форми, розмірів та інших конструктивних елементів. Ці норми вимагають розроблення і конструювання

стандартизованих деталей, забезпечують оптимальний рівень їх якості та матеріаломісткості. Скорочення кількості типорозмірів деталей завдяки стандартизації сприяє організації спеціалізованих виробництв. У свою чергу спеціалізовані виробництва мають можливість використовувати краще обладнання, висококваліфікований персонал, за рахунок чого підвищується якість виробів, знижується їх собівартість.

До другої групи належать такі системи стандартів, як Єдина система конструкторської документації (ЄСКД), Єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), Єдина система технологічної документації (ЄСТД) та ін. Ці стандарти сприяють оптимізації процесів проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту, впровадженню сучасних методів організації виробництва. На базі стандартів другої групи у виробничу та управлінську сфери запроваджуються ЕОМ, САПР, системи автоматизації технологічних процесів.

У процесі виробництва найбільша ефективність забезпечується за рахунок спеціалізації, автоматизації, скорочення витрат металу шляхом максимального наближення форми і розмірів заготовок до форми і розмірів готової деталі.

Найбільший ефект стандартизації виявляється в умовах експлуатації. Це пов'язане з тим, що висока якість і надійність стандартизованих деталей і складальних вузлів збільшує термін їх служби і зменшує потребу у запасних частинах. Крім того, стандартизація у галузі технічного обслуговування і ремонту підвищує рівень ремонтпридатності, дозволяє впроваджувати сучасну технологію ремонту, знижує час і вартість операцій технічного обслуговування.

Економічний ефект від стандартизації E можна обчислювати за формулою

$$E = [(C_1 + E_H K_1) - (C_2 + E_H K_2)] P_2, \quad (1.1)$$

де E – собівартість одиниці продукції або роботи; E_H – нормативний коефіцієнт ефективності (для деталей і складальних одиниць машинобудівного виробництва він становить приблизно 0,12); P – річна програма (замовлення); K – питомі капітальні вкладення (виробничі фонди); індекс 1 означає стан до стандартизації, індекс 2 – після стандартизації.

При визначенні *економічного ефекту* на підприємстві враховують зниження собівартості стандартної продукції, підвищення на неї відпускної ціни внаслідок підвищення її якості, збільшення обсягу реалізації стандартизованої продукції внаслідок підвищення попиту, зменшення основних і оборотних фондів підприємства за рахунок інтенсивнішого використання обладнання і скорочення тривалості виробничих циклів.

Визначення величини економічного ефекту повинно провадитися, починаючи з початкової стадії стандартизації, і супроводжувати весь процес розроблення стандарту з метою встановлення оптимального рівня показників стандартизації. Якщо впровадження стандарту створює економічний ефект у

виробництві та експлуатації стандартизованої продукції, то впровадження його доцільне.

Витрати на впровадження стандартів на продукцію пов'язані головним чином з технологічною підготовкою виробництва, освоєнням випуску продукції за стандартом, що впроваджується. До витрат на впровадження входять: витрати на розроблення або перегляд технічної документації, необхідної для виробництва нової продукції; витрати на забезпечення підприємства новими видами сировини, матеріалів і комплектуючих виробів; витрати на нові інструменти, прилади і обладнання або на модернізацію наявного; витрати на будівництво нових, розширення чи реконструкцію наявних приміщень; витрати на підготовку або перепідготовку кадрів тощо.

Але часто випуск стандартизованої продукції вищої, ніж звичайна якості вимагає від виробництва великих витрат, що суттєво підвищує собівартість її виготовлення. У той же час в експлуатації така продукція дуже вигідна, бо має кращі споживчі властивості. У такому випадку необхідно встановити, наскільки економічний ефект при експлуатації перевищує сумарні витрати виробництва.

Проте не завжди є можливим і доцільним визначати економічну ефективність стандартизації. Це стосується головним чином загальнотехнічних і організаційно-методичних стандартів, спрямованих на встановлення порядку проведення робіт (інструкції, положення, стандарти у сфері управління виробництвом і т.п.), стандарти на терміни, означення, класифікацію, позначення тощо. У цьому випадку стандартам даються якісні оцінки їх доцільності та витрати на їх розроблення і впровадження.

Працівники підприємств, проектно-конструкторських і науково-дослідних організацій заслуговують заохочення за своєчасне та якісне розроблення і впровадження стандартів.

1.7 Основи сертифікації промислової продукції

Сертифікація – це проведена третьою стороною процедура, за допомогою якої визначений в установленому порядку орган документально засвідчує (гарантує) відповідність продукції чи послуги вимогам нормативного документа, за яким здійснювалося виготовлення продукції чи надання послуги

Ідея сертифікації виникла і поступово розвинулася на основі впровадження стандартизації та розвитку зовнішньоторговельних і економічних відносин. У сучасних умовах сертифікація відіграє важливу роль, захищаючи внутрішній ринок від просування на нього продукції сумнівної якості. Вона також дає можливість об'єктивно оцінити власну продукцію, надати споживачеві підтвердження її безпеки, забезпечити контроль за відповідністю продукції вимогам екологічної чистоти і тим самим підвищити її конкурентоспроможність.

Саме з метою надання таких гарантій споживачеві виникла необхідність об'єднати зусилля багатьох країн у справі розроблення єдиних методів гарантії якості продукції, що надходить на ринок. Так були створені міжнародні стандарти, які встановлюють єдині вимоги до якості продукції.

Важливою умовою взаємного визнання якості продукції стало проведення випробувань її «третьою стороною». Під *третьою стороною* розуміють особу або орган, визнані незалежними і від виробника (перша сторона), і від споживача (друга сторона).

Спочатку на підставі двох- і трьохсторонніх угод був встановлений порядок робіт з визначення відповідного рівня якості певних видів продукції. На основі практики дії цих угод була створена *Міжнародна система сертифікації (ISC)*. Для безпосередньої організації робіт з ISC при Міжнародній організації зі стандартизації (ISO) створений Постійний комітет Ради ISO з сертифікації (СЕРТИКО). Діяльність СЕРТИКО спрямована на досягнення взаємного визнання національних систем сертифікації і застосування міжнародних стандартів ISO у галузі сертифікації.

Щоб упевнитися у відповідності продукції заданим вимогам, її піддають випробуванням. Під *випробуванням* розуміють технічну операцію, яка полягає у визначенні однієї або декількох характеристик даної продукції відповідно до встановленої процедури, за прийнятими правилами. Випробування здійснюють у *незалежних випробувальних лабораторіях*, причому цей термін стосується як юридичного, так і технічного органа, що здійснює випробування.

Кожна випробувальна лабораторія повинна отримати *акредитацію*, тобто офіційне визнання того, що дана лабораторія є правочинною проводити конкретні випробування або конкретні типи випробувань. Акредитацією випробувальних лабораторій у рамках ISC займається Міжнародна конференція з акредитації лабораторій (ILAC). Угоди з акредитації лабораторій можуть також носити й двосторонній характер, наприклад, угоди між національними службами акредитації Великобританії, Франції і США, між Італією і ФРН і т.п.

Неузгодженість національних систем сертифікації у певний момент стала перешкодою у торгівлі між країнами-членами Європейського союзу. Відмінності стосувалися як технічних проблем, так і адміністративних аспектів, пов'язаних з відмінностями різноманітних нормативних документів.

Рада Європейського союзу у 1989 р. прийняла важливий документ «Глобальна концепція з сертифікації і досліджень». Основна ідея цього документа полягає у формуванні довіри до товарів та послуг шляхом використання таких процедур і документів, як сертифікація і акредитація, що спираються на єдині європейські норми. Основні рекомендації Глобальної концепції ЄС полягають у наступному: заохочення до створення централізованих національних систем акредитації; застосування основних європейських стандартів, які стосуються забезпечення якості та акредитації

випробувальних лабораторій; гармонізація інфраструктури випробувань і сертифікації у країнах ЄС.

З метою реалізації зазначених рекомендацій європейські країни створили низку міжнародних організацій з сертифікації, акредитації та випробувань.

Якщо країни Західної Європи дотримуються єдиних правил сертифікації, випробувань з використанням міжнародних стандартів, то у США сертифікація гарантується лише на національному рівні.

Роботи з сертифікації продукції і послуг розпочалися в Україні у 1992 р. з прийняття Закону України «Про захист прав споживачів». Прийнятий у 1993 р. Кабміном України декрет «Про стандартизацію та сертифікацію» сприяв подальшому розвитку стандартизації та сертифікації. На підставі законодавчих актів була створена державна система сертифікації УкрСЕПРО, діяльність якої регламентується ДСТУ 3410-96 [14]. У 1997 р. Україна увійшла до Міжнародної системи сертифікації МЕКСЕ. Визнання роботи системи УкрСЕПРО міжнародними експертами показало, що українська система стандартизації та сертифікації відповідає міжнародним нормам і правилам і не створює перешкод у торгівлі.

Національним органом, який із самого початку керував всіма роботами з сертифікації в Україні, був Держстандарт України. Під його керівництвом розроблені всі основні нормативні документи державної системи сертифікації УкрСЕПРО. Сьогодні його роль виконує Держспоживінспекція України. Вона здійснює організаційно-методичне керівництво системою сертифікації, визначає та акредитує органи сертифікації, випробувальні лабораторії (центри), атестує експертів-аудиторів. У системі УкрСЕПРО акредитовано понад 140 органів сертифікації, близько 700 випробувальних лабораторій, підготовлено та атестовано і внесено до реєстру системи 230 аудиторів.

Система сертифікації України побудована за дворівневою схемою: верхній рівень створює державна система сертифікації, а нижній – органи сертифікації за видами продукції та центри випробувань (лабораторії).

Органи сертифікації, спеціалізовані за видами продукції, не залежать ані від виробника, ані від споживача; їхні рішення є об'єктивними і остаточними. Органи сертифікації проводять сертифікацію конкретної продукції, акредитують випробувальні центри (лабораторії), видають виробникам продукції висновки і сертифікати відповідності продукції або зауваження стосовно її якості.

Випробувальні лабораторії (центри) проводять випробування продукції, що сертифікується, за пропозицією органів сертифікації беруть участь у здійсненні технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції або в атестації цього виробництва. Випробувальна лабораторія несе відповідальність за об'єктивність результатів випробувань продукції, що сертифікується.

Експерти-аудитори, які атестовані і занесені до реєстру системи УкрСЕПРО, за дорученням національного органу з сертифікації можуть виконувати окремі роботи, пов'язані з сертифікацією продукції.

Порядок проведення робіт з сертифікації продукції регламентується ДСТУ 3413-96 [15].

Для проведення сертифікації продукції заявник (у тому числі й іноземний) подає до акредитованого органу сертифікації продукції *заявку* відповідної форми, яка має бути розглянута протягом одного місяця. Після цього заявник отримує рішення, яке містить основні умови і порядок (модуль) проведення сертифікації.

За рішенням органу сертифікації продукції може бути проведена *сертифікація системи якості* заявника. Вона проводиться з метою забезпечення певності органу сертифікації продукції у тому, що продукція, яка випускається підприємством, відповідає обов'язковим вимогам нормативних документів; що всі технічні, адміністративні і людські чинники, які можуть вплинути на якість продукції, знаходяться під контролем; що неякісна продукція своєчасно виявляється, а підприємство постійно вживає заходи щодо запобігання виготовленню такої продукції.

На вимогу органу сертифікації продукції або за ініціативою виробника може проводитися *атестація виробництва*. Вона повинна передбачати отримання кількісної оцінки стабільності відтворення показників продукції. Для показників, що підтверджуються сертифікацією, передбачається видача рекомендацій щодо оптимальної кількості зразків (проб, виборок), які випробуються з метою сертифікації, способів і правил їх відбору, а також правил і порядку проведення технічного нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

Випробування з метою сертифікації здійснює випробувальна лабораторія. Заявник надає зразки (проби) продукції для випробувань та технічну документацію на них. Кількість зразків та правила їх відбирання встановлюються органом сертифікації. Продукція, що імпортується, також проходить випробування, якщо не існує угоди щодо взаємного визнання результатів випробувань.

При позитивних результатах протоколи випробувань передаються органу сертифікації продукції, а копії – замовнику. Якщо хоча б по одному показнику отриманий негативний результат, випробування з метою сертифікації припиняються, і відповідна інформація надається замовнику і органу сертифікації продукції, який скасовує заявку. Повторні випробування можуть бути проведені тільки після подання повторної заявки та надання органу сертифікації продукції переконливих доказів того, що підприємство вжило необхідні заходи з метою усунення причин, які викликали невідповідність.

При наявності протоколів з позитивними результатами випробувань, сертифікату якості або атестату виробництва залежно від прийнятої схеми

(модуля) сертифікації орган сертифікації продукції оформляє **сертифікат відповідності**, реєструє його у Реєстрі системи УкрСЕПРО і видає заявнику. Після цього заявник має право маркувати свою продукцію, тару, упаковку, супровідну документацію та рекламні матеріали **знаком відповідності**.

Таким чином, сертифікація у наш час стала одним з найважливіших механізмів управління якістю, який дозволяє об'єктивно оцінити продукцію. Для підприємства-виробника сертифікація продукції дає можливість збільшити довіру до якості своєї продукції, розширити ринок збуту, збільшити обсяг виробництва. Для споживача сертифікація корисна тим, що захищає його від продукції, небезпечної для здоров'я і життя людини, полегшує вибір якісної продукції, сприяє постійному підвищенню якості вживаної продукції.

2 ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

2.1 Основні поняття

Метрологія – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їхньої єдності та досягнення необхідної точності.

Вимірювання служать для пізнання довкілля і природних закономірностей. Вони поєднують теорію з практичним життям суспільства і використовуються всюди: у науці, у будь-якому виробництві, при обліку матеріальних цінностей і ресурсів, в економіці й побуті.

Жодне наукове дослідження не може обійтися без вимірювальної інформації. Без розвитку методів і засобів вимірювання неможливий прогрес у науці та техніці.

Стан засобів вимірювання визначає стабільність роботи підприємства і якість продукції, що їм випускається. Проблема забезпечення високої якості продукції та зменшення витрат на її виробництво знаходиться у прямій залежності від ступеня метрологічного забезпечення виробництва. У свою чергу це вимагає збільшення частки витрат на вимірювальну техніку.

Дуже велике значення метрології в економіці будь-якої країни. Це стосується не лише обліку матеріальних ресурсів. Неточність вимірювань, відсутність належної вимірювальної техніки може призвести до непоправних утрат при виробництві, зберіганні та продажі сировини, напівфабрикатів і готової продукції.

За головними галузями використання метрологія поділяється на три види: наукову, промислову і законодавчу.

Наукова метрологія – це частина метрології, що вивчає загальні метрологічні питання, незалежно від вимірюваних величин, а саме: загальні та теоретичні проблеми, які стосуються одиниць вимірювання, забезпечення єдності вимірювань, проблем помилок і похибок під час вимірювань тощо.

Промислова метрологія займається вимірюваннями на виробництві та контролем якості. Тому вона контролює і регламентує процеси вимірювання, стан і використання засобів вимірювання на виробництві, методи і періодичність повірок засобів вимірювання та ін.

Законодавча метрологія охоплює сукупність взаємообумовлених норм, вимог і правил, спрямованих на забезпечення метрологічної єдності вимірювань, які набувають обов'язкову правову силу. Законодавча метрологія є засобом державного регулювання метрологічної діяльності за допомогою чинних законів і законодавчих положень. Норми і правила законодавчої метрології мають бути гармонізованими з рекомендаціями і документами відповідних міжнародних організацій.

Метрологія у народному господарстві має такі головні функції: забезпечує єдність вимірювань фізичних величин, технічних параметрів, властивостей речовин тощо; забезпечення точності вимірювань; контроль і

регулювання параметрів технологічних процесів; облік матеріальних ресурсів і продукції за масою, обсягом виробництва, витратами енергії та інших ресурсів і т.п.

Єдність вимірювання полягає у тому, що результати вимірювань, виражені у прийнятних одиницях, повинні бути однаковими незалежно від місця і часу вимірювань, використовуваних методів і засобів вимірювання. Тобто одна і та ж одиниця фізичної величини має бути адекватною при вимірюванні у різних місцях, різними засобами, методами та різними експериментаторами.

Точність вимірювань означає максимальне наближення їх результатів до істинного значення вимірюваної величини. Вона забезпечується як використовуваними методами і засобами вимірювання, так і діями власне експериментатора. Недостатня точність вимірювання може стати перешкодою для випуску конкурентоспроможної високоякісної продукції.

Недоліки в обліку матеріальних ресурсів і продукції створюють серйозні проблеми у роботі та економічному стані підприємств, здійсненні регулярного й ефективного грошового обігу і товарообміну, а також у загальному функціонуванні народного господарства.

На основі досягнень метрологічної науки розробляються правила метрологічної підготовки і виконання вимірювань, опрацювання і оформлення їх результатів. Виконання метрологічних правил є обов'язковим в усіх підприємствах і установах країни. Повне, якісне і повсякчасне виконання цих правил забезпечується і контролюється органами метрологічних служб України.

Для забезпечення науково-технічного прогресу метрологія повинна випереджати у своєму розвитку інші галузі науки, бо для кожної з них точні вимірювання і достовірна інформація є основоположними.

2.2 Фізичні величини та їх одиниці

Метрологія вивчає і має справу лише з вимірюваннями фізичних величин, тобто величин, для яких може існувати фізично здійснювана і відтворювана одиниця величини.

Фізичною величиною називають якісну властивість, спільну для багатьох фізичних об'єктів (явищ, процесів), але яка при цьому відрізняється для кожного з них кількісним значенням. Наприклад, властивість *міцність* як якісна характеристика властива різним матеріалам – сталі, пластмасам, деревині, тканинам, але ступінь міцності, її кількісне значення для кожного з них своя. Тому можливість визначення певного розміру є визначальною ознакою поняття «фізична величина».

У теорії вимірювань оперують поняттями істинного вимірюваного і дійсного значення фізичної величини і

Істинне вимірюване значення фізичної величини – це таке значення фізичної величини, яке ідеальним чином відбиває у якісному і кількісному відношенні відповідну властивість об'єкта. Проте процес вимірювання

повинен враховувати фізичну природу властивостей об'єкта, що вивчаються, і якісні межі, в яких це вимірювання має сенс. Тому одним з постулатів теорії метрології є положення про те, що істинне вимірюване значення фізичної величини існує, але визначити його шляхом вимірювання неможливо. До нього можна наблизитися в міру того, як підвищується точність вимірювання.

Оскільки істинне вимірюване значення фізичної величини визначити неможливо, на практиці оперують поняттям дійсного значення. *Дійсне значення* – це значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного, що для даної мети може бути використано замість нього. Це значення змінюється у залежності від необхідної точності вимірювань. Ступінь наближення дійсного значення до істинного залежить від методики і точності застосованого засобу вимірювання. Тому практично користуються *вимірним значенням* фізичної величини, під яким розуміють значення, відлічене по відліковому пристрою засобу вимірювання.

При вимірюваннях часто використовують поняття постійної і змінної величини. *Постійною величиною* називають фізичну величину, розмір якої за умовами задачі вимірювання не змінюється за час, що перевищує тривалість вимірювання. У свою чергу *змінна величина* – це фізична величина, розмір якої змінюється у процесі вимірювання.

Фізичні величини прийнято поділяти на основні і похідні.

Основні величини не залежать одна від одної, але вони можуть бути основою для встановлення зв'язків з іншими фізичними величинами. *Похідними величинами* називають фізичні величини, які визначаються через основні фізичні величини шляхом певних математичних дій.

Сукупність основних і похідних одиниць називається системою одиниць фізичних величин. Так само визначається і система одиниць.

Кількісними характеристиками фізичних величин є їхній розмір. Розміром фізичної величини називається число, що дорівнює відношенню розміру фізичної величини, що вимірюється, до розміру одиниці цієї фізичної величини чи кратної (частинної) одиниці. Іншими словами, це кількість одиниць фізичної величини у даному об'єкті, виявлене вимірюванням.

Одиницею фізичної величини називається величина певного розміру, яку прийнято за основу для кількісної оцінки величин, однорідних у якісному відношенні. Наприклад, одиниця маси, довжини або лінійного розміру, часу, температури і т.п. Кожна одиниця фізичної величини має свою *розмірність* – вираз, що зв'язує вимірювану величину з основними одиницями системи вимірювання при коефіцієнті пропорційності, рівному одиниці. Наприклад, розмірність одиниці маси – кілограм, довжини – метр, часу – секунда тощо.

З початком матеріальної культури людям доводилося мати справу з вимірюваннями. Оскільки різні народи знаходилися у різних умовах і на

різних стадіях розвитку, поступово у світі склалася велика кількість різноманітних систем одиниць фізичних величин.

У стародавні часи як міра довжини використовувалися частини людського тіла: довжина верхньої фаланги великого пальця – дюйм, довжина стопи – фут, відстань від ліктя до кінця середнього пальця – лікоть та ін. Мірою часу служив рух Місяця і Сонця, у зв'язку з чим місяць тривав чотири тижні, а тиждень – сім днів.

Із зростанням міжнародного товарообміну така різноманітність створювала великі незручності. У різних країнах міра з однією назвою могла мати різну величину. Так, російський фунт відповідав масі 400 г, англійський – 453 г. Великою перепорою для розрахунків було те, що для вираження більших чи менших значень однієї фізичної величини застосовувались окремі міри зі своїми назвами та різними співвідношеннями між ними. Наприклад, у старій російській системі мір одиниця довжини сажень дорівнювала 3 аршинам, аршин – 16 вершкам або 28 дюймам; одиниця маси пуд дорівнювалася 40 фунтам, кожен фунт – 96 золотникам. В англійській системі мір ярд дорівнює 3 футах, а фут – 12 дюймам.

Навіть сьогодні можна зустрітися з тим, що одиниці вимірювань з однією назвою не лише у різних країнах, а навіть у межах однієї країни для різних речовин мають різний розмір у метричних одиницях. Наприклад, у США барель нафтовий становить 159,0 л, а барель для сухих речовин – 115,6 л; галон сухий – 4,4 л, галон рідинний – 3,785 л; той же рідинний галон в Англії – 4,546 л. Міля міжнародна (статутна), яка використовується в англосаксонських країнах для вимірювання відстаней на суходолі, дорівнює 1609,34 м, а морська міля – 1852 м.

Одна англійська пінта пива дорівнює 0,586 л, американська *рідинна* пінта – 0,473 л (пивна американська пінта дорівнює англійській). Правда, слід відзначити, що у даний час в результаті впровадження у Великобританії метричної системи вимірювань пінта використовується лише як міра об'єму пива або сидру при роздрібному продажу, а також, у меншій мірі, як міра об'єму молока. В Ірландії пінта використовується тільки при роздрібному продажу пива і сидру в барах і клубах.

Спрощення вимірювань і розрахунків у міжнародних торговельних відносинах створила метрична система одиниць.

Під час Великої французької революції кінця XVIII століття комісія Паризької академії наук під керівництвом Лагранжа запропонувала десяткову систему одиниць з кратними і частинними елементами. За одиницю довжини – *метр* – була прийнята 1/40 000 000 частка довжини паризького меридіана, а за одиницю маси – *кілограм* – маса 1 кубічного дециметра чистої води при температурі + 4⁰С. Ця система була законодавчо прийнята 7 квітня 1795 р. Національними зборами Франції.

20 травня 1875 р. 17 держав-учасниць підписали міжнародну *Метричну конвенцію* – перше свідчення міжнародного наукового співробітництва вчених Європи, Азії й Америки. Вона мала велике значення для уніфікації одиниць вимірювання у міжнародному масштабі.

У 1960 р. одинадцятою Генеральною конференцією з мір та ваг була рекомендована як практична система одиниць для вимірювань фізичних величин Міжнародна система, яка отримала назву *System International unites* (*Міжнародна система одиниць*) з міжнародним скороченням SI (українською мовою — СІ). В Україні з 1963 р. система СІ була введена для переважного застосування.

Система СІ має низку переваг над системами, які існували раніше: вона універсальна, охоплює всі галузі науки, техніки, господарства та ін. Тому вона отримала визнання у багатьох країнах світу.

За основні у системі СІ прийняті сім одиниць: довжини – метр (м), маси – кілограм (кг), часу – секунда (с), сили електричного струму – ампер (А), термодинамічної температури – Кельвін (К), сили світла – кандела (кд), кількості речовини – моль (моль).

Від основних одиниць утворені різноманітні похідні одиниці. Як приклад — декілька наступних похідних одиниць фізичних величин, які використовуються у технологічних процесах. Одиницею швидкості є метр за секунду (м/с). Вона дорівнює швидкості частинки, що рівномірно рухається і проходить за секунду шлях довжиною в один метр. Одиниця прискорення – метр за секунду в квадраті (м/с²). Це таке прискорення рівноприскореного руху, при якому швидкість частинки зростає за секунду на 1 м/с. Одиниця сили на честь І.Ньютона названа ньютон (Н). Згідно з другим законом Ньютона вона дорівнює силі, під дією якої тіло з масою 1 кг отримує прискорення 1 м/с². Похідні одиниці інших фізичних величин визначаються аналогічним способом.

При встановленні метричної системи мір було прийнято для вираження більших або менших значень фізичних величин застосовувати кратні та частинні одиниці, що утворюються від основної одиниці за принципом десяткової кратності й частинності з приєднанням до назви вихідної одиниці того чи іншого префікса.

Кратна одиниця у ціле число разів більша за одиницю, від якої вона утворюється, а *частинна одиниця* у ціле число разів менша за одиницю, від якої вона утворюється

У межах системи СІ до когерентної системи одиниць додано десяткові кратні та частинні одиниці від одиниць СІ, які утворюються помноженням цих одиниць на множник, що дорівнює числу 10 у додатному (для кратних одиниць) або від'ємному (для частинних одиниць) степені – від 10²⁴ до 10⁻²⁴. При цьому назви і позначення кратних та частинних одиниць утворюються за допомогою відповідних префіксів.

Ще з часів узаконення метричної системи у Франції (кінець XVIII ст.) прийнято назви префіксів для кратних одиниць брати з грецької мови (наприклад, мегапаскаль), а для частинних одиниць – з латинської (наприклад, міліграм).

Поруч з одиницями системи СІ досить широко використовуються *позасистемні одиниці вимірювання* — одиниці вимірювання, які на відміну

від системних одиниць фізичних величин не входять до складу жодної із систем, але використовуються на практиці.

Значного поширення набули одиниці тиску: атмосфера, бар, міліметри ртутного стовпа, міліметр водяного стовпа. Позасистемними одиницями часу є хвилина, година; одиницями довжини — ангстрем, світловий рік, парсек; одиницями площі — ар, гектар; одиницями електричної енергії — кіловат-година; одиницями акустичних величин — децибел, фон, октава та ін.

На морському флоті для визначення швидкості використовується позасистемна одиниця – вузол (одна морська миля за годину). Об'єм трюмів вантажних суден вимірюється у брутто-регістрових тоннах (BRT), кожна з яких дорівнює 100 кубічним футам.

Попри зручність і поширеність метричної системи навіть сьогодні деякі країни не відійшли від історично сформованих у них одиниць вимірювання. Відомо, що Велика Британія, США і Канада у більшості випадків користуються системою «британських імперських мір».

2.3 Основні характеристики вимірювань

Вимірюванням є знаходження вимірюваних фізичних величин, їх значень шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів. Власне це сукупність операцій, які виконуються за допомогою технічного засобу, що зберігає одиницю фізичної величини і дозволяє порівнювати з нею вимірювану величину.

Основними умовами виконання вимірюванням своїх функцій є представлення результатів вимірювання у єдиних узаконених одиницях та встановлення допустимих помилок (похибок) результатів вимірювань і меж, за які вони не повинні виходити при заданій імовірності.

Основними характеристиками вимірювань є: принцип вимірювання, метод і спосіб вимірювання, точність і достовірність вимірювання та його відтворюваність.

Принцип вимірювання – це фізичне явище або сукупність фізичних явищ, які покладені в основу вимірювання певної величини. Наприклад, для вимірювання температури тіла може використовуватися безконтактний оптикометричний метод, термоелектричний ефект зміни електричного опору термопари, зміни об'єму термометричної речовини термометра та ін. Маса тіла можна визначити шляхом порівняння з певної мірою, а можна за допомогою тарованої пружини.

Також принципово розрізняються контактні і безконтактні способи вимірювань.

Контактним вимірюванням називають таке вимірювання, при якому чутливий (сприймаючий) елемент засобу вимірювання має механічний контакт з поверхнею об'єкту, що вимірюється. Це, наприклад, вимірювання лінійного розміру за допомогою штангенциркуля, мікрометра, індикатора і т.п.

Безконтактним вимірюванням називають таке вимірювання, при якому чутливий елемент засобу вимірювання не має механічного контакту з поверхнею об'єкту, що вимірюється. Прикладом може бути вимірювання лінійних розмірів, кутів, елементів різей за допомогою інструментальних оптичних мікроскопів.

Метод вимірювання – це сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципів вимірювання для знаходження конкретної вимірювальної інформації.

Найчастіше використовуються такі методи вимірювання: безпосередня оцінка, порівнювання з мірою, протиставлення, диференціальний, нульовий, заміщення, збіжності.

Метод безпосередньої оцінки полягає у тому, що вимірювана величина визначається безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу (наприклад, вимірювання напруги електричної мережі вольтметром).

Вимірювання цим методом проводяться швидко і не вимагають високої кваліфікації експериментатора, оскільки нема потреби у якихось додаткових діях чи складних обчисленнях. Проте точність таких вимірювань не висока і залежить від впливу зовнішнього середовища, розмірів і характеристик шкали відлікового пристрою приладу та ін.

Метод порівняння з мірою полягає у тому, що вимірювана величина порівнюється з величиною, відтвореною мірою.

При цьому чутливий елемент вимірювального приладу налаштовується на величину міри, а відліковий пристрій фіксує відхилення від неї (наприклад, визначення лінійного розміру за допомогою мініметра і набору кінцевих мір). Результат вимірювання визначається як сума значень використовуваної міри і показів індикатора вимірювального приладу. Точність цього методу вище попереднього.

Метод протиставлення – це такий метод порівняння з мірою, коли вимірювана і відтворена мірою величини одночасно діють на прилад порівняння, за допомогою якого визначається співвідношення між цими величинами. Значення шуканої величини визначається після досягнення рівноваги за значенням зрівноважуючої величини. Наприклад, маса вантажу визначається на важільних вагах за масою поставлених ваг.

Диференціальний метод полягає у тому, що вимірювальним приладом визначається різниця між вимірюваною величиною і величиною, відтворюваною мірою. Цей метод використовується, наприклад, для визначення в апаратах тиску, надмірного відносно атмосферного.

Нульовий (компенсаційний) **метод** полягає у порівнюванні вимірюваної величини з мірою, при якому результуючий ефект дії вимірювальної величини на прилад доводять до нуля.

Метод широко використовується в автоматичних вимірювальних приладах: автоматичних мостах, потенціометрах, аналізаторах рідин, газів та ін. На результати вимірювань практично майже не впливають зовнішні чинники і джерело живлення вимірювальних електричних схем.

Метод заміщення – це таке порівнювання вимірювальної величини з певною відомою величиною, яка відтворює міру, коли вимірювальну величину замінюють цією відомою величиною.

Метод збіжності є різновидом методу порівняння з мірою і полягає у тому, що різниця між шуканою і відтвореною мірою величинами вимірюється за збігом шкал або періодичних сигналів. Цей метод використовується при вимірюванні точних сигналів часу, частот обертання тощо.

Крім перелічених методів у метрологічній практиці використовується багато інших методів, використання яких залежить від галузі промисловості і виду вимірюваної фізичної величини.

У зв'язку з тим, що на результати вимірювання впливають численні різноманітні чинники та умови проведення експериментів, **способи вимірювання** класифікуються за наступними ознаками.

За характером зміни вимірюваної величини у часі вимірювання поділяються на статичні і динамічні.

Статичні вимірювання – це вимірювання, при яких протягом певного проміжку часу вимірювана величина майже не змінюється або її значення змінюється поступово згідно з заданою технологією. Статичні вимірювання провадяться, як правило, для встановлення взаємозв'язку між декількома фізичними величинами одного і того ж об'єкта дослідження. Це може бути, наприклад, стеження за параметрами певного технологічного процесу.

Динамічні вимірювання – вимірювання, у процесі яких вимірювана величина змінюється у часі і є несталою при різних збуреннях, що впливають на об'єкт дослідження або на засіб вимірювання. Динамічні вимірювання дають можливість вивчати динамічні властивості об'єкта і засобів вимірювання, особливо первинних перетворювачів (датчиків).

За кількістю вимірювальної інформації розрізняють одноразові й багаторазові вимірювання.

Одноразові вимірювання – це одноразові вимірювання однієї величини, коли число вимірювань дорівнює числу вимірюваних величин. Одноразове вимірювання завжди пов'язане з великими похибками. Для отримання точнішого результату варто проводити не менше трьох одноразових вимірювань і знаходити кінцевий результат як середнє арифметичне значення.

Багаторазові вимірювання характеризуються тим, що число вимірювань перевищує кількість вимірюваних величин. Звичайно мінімальне число вимірювань у даному випадку більше трьох. Перевага багаторазових вимірювань – у значному зниженні впливів випадкових факторів на похибку вимірювання.

За способом одержання числового значення вимірюваної величини вимірювання поділяються на прямі, посередні, сукупні та сумісні.

Прямими називаються такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за експериментальними даними внаслідок одного спостереження або відліку (наприклад, вимірювання

довжини лінійкою, температури – термометром, тиску – манометром і т.п.). Прямі вимірювання найпростіші та найпоширеніші у промисловості.

Посередніми називають такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини визначається за допомогою відомих математичних залежностей між цією величиною і вихідними величинами, які визначаються прямими вимірюваннями. Наприклад, визначення об'єму тіла залежно від його форми і відповідних лінійних розмірів.

Сукупні вимірювання – це вимірювання, при яких числове значення вимірюваної величини визначається розв'язуванням системи рівнянь, одержаних шляхом сукупних прямих вимірювань однієї або декількох однойменних величин. Наприклад, у наборі гир за відомою масою однієї гирі визначають масу окремих гир за результатами прямих порівнянь мас різних поєднань гир

Сумісні вимірювання – це вимірювання, при яких одночасно вимірюють дві або декілька різнойменних величин для виявлення залежностей між ними. Результати таких вимірювань, як правило, використовуються у наукових дослідженнях (наприклад, визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення).

За точністю вимірювання числових значень вимірюваної величини вимірювання поділяються на три групи.

Вимірювання з максимально можливою точністю відповідно до наявного технічного рівня. Це вимірювання за допомогою еталонів, спрямовані насамперед на відтворення встановлених одиниць фізичних величин або фізичних констант. Такі вимірювання необхідні при наукових дослідженнях високого рівня.

Контрольно-повірочні вимірювання – вимірювання, похибки яких не перевищують певних наперед заданих значень. До них відносяться лабораторні вимірювання фізичних величин за допомогою зразкових засобів вимірювання і технічних засобів високих класів точності.

Технічні вимірювання – вимірювання, які проводяться у промисловості і визначаються невисоким класом точності засобів вимірювання.

Залежно від одиниць вимірювання фізичних величин способи вимірювання поділяються на абсолютні і відносні.

Абсолютними називаються вимірювання, значення яких подані у абсолютних одиницях фізичних величин (наприклад, тиск у паскалях, довжина у метрах, час у секундах та ін.).

Відносними називають вимірювання, значення яких подані як відношення вимірюваної величини до однойменної, умовно прийнятої за одиницю, або у відсотках (наприклад, відносні видовження або звуження, коефіцієнт використання матеріалу тощо).

Важливими характеристиками вимірювання є точність, достовірність і відтворюваність вимірювання.

Точність вимірювання характеризується близькістю його результатів до дійсного значення вимірюваної величини. Зараз можна виміряти фізичну

величину з дуже високою точністю. Проте шляхи підвищення точності складні й дуже коштовні. Рівень точності вимірювання повинен бути обґрунтованим конкретними умовами та метою вимірювання.

Достовірність вимірювань – це довіра до результатів вимірювання. Вимірювання можуть бути достовірними і недостовірними залежно від того, відомі чи невідомі ймовірні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин. Результати вимірювань, достовірність яких невідома, не мають ніякої цінності і у деяких випадках можуть служити джерелом дезінформації.

Відтворюваність вимірювань – це така характеристика вимірювань, яка відображає близькість один до одного результатів вимірювань, виконаних у різних умовах (наприклад, у різний час або у різних місцях).

2.4 Похибки вимірювань фізичних величин

Похибкою називається відхилення результату вимірювання від дійсного (істинного) значення вимірюваної величини:

$$\Delta = x_{\text{п}} - x_{\text{д}}, \quad (2.1)$$

де Δ – абсолютна похибка вимірювання; $x_{\text{п}}$ – результат вимірювання (показ засобу вимірювання); $x_{\text{д}}$ – дійсне значення вимірюваної величини.

Похибка, визначена за формулою 2.1, називається *абсолютною* і має розмірність вимірюваної величини. Варто нагадати, що визначити істинне значення фізичної величини шляхом вимірювання вважається неможливим, тому на практиці оперують поняттям її дійсного значення (див. п. 2.2).

Причини виникнення похибок пов'язані з недосконалістю методів вимірювання, технічних засобів, органів чуттів експериментатора, зі зміною умов проведення експерименту. Чинники, під впливом яких формується загальна похибка вимірювання, можна об'єднати у дві групи.

Перша – чинники, що з'являються нерегулярно і зникають несподівано. До них належать зокрема перекося або тимчасова зміна розмірів елементів засобів вимірювання, зміни зовнішніх умов під час вимірювання, послаблення уваги або помилка експериментатора тощо. Момент, характер дії цих чинників та їх інтенсивність не завжди можна встановити і вчасно усунути.

Друга група – чинники постійні, або такі, що закономірно змінюються у процесі вимірювання. До них належать методичні похибки, неточне налаштування нульового відліку засобу вимірювання, недосконалість деяких елементів засобу вимірювання та ін. Дія цих чинників зберігається протягом всіх послідовних вимірювань.

Поняття *похибки* характеризує недосконалість вимірювання. Позитивною характеристикою якості вимірювання є *точність вимірювання*. Точність і похибка пов'язані оберненою залежністю – вимірювання тим точніше, чим менше його похибка.

Оскільки похибка є найважливішою характеристикою результатів вимірювання і визначає ступінь довіри до нього, вона обов'язково має бути оцінена. Для різних видів вимірювань задача оцінювання їх результатів може розв'язуватися по-різному, і похибка може оцінюватися з різною точністю на підставі наявної інформації. Відповідно до цього розрізняють вимірювання з точним (тобто з максимально можливою точністю), наближеним і попереднім оцінюванням похибок.

При вимірюваннях з *точним* оцінюванням похибки враховуються індивідуальні метрологічні властивості та характеристики кожного з застосованих засобів вимірювання, аналізується метод вимірювання, контролюються всі умови вимірювання з метою врахування їхнього впливу на результати вимірювання.

При вимірюваннях з *наближеним* оцінюванням похибки враховуються лише нормативні, типові метрологічні характеристики засобів вимірювання і оцінюють вплив на результат вимірювання лише відхилень умов вимірювання від нормальних.

Вимірювання з *попереднім* оцінюванням похибок виконуються за типовими методиками вимірювань, регламентованими науково-технічною документацією, якою визначаються методи і умови вимірювання, типи і точність засобів вимірювання, що використовуються, і на підставі цих даних заздалегідь визначається можлива похибка результату вимірювання.

В інженерній практиці звичайно використовуються два останні методи вимірювання і способи оцінювання похибок, які відносяться до категорії *технічні вимірювання*.

Крім поняття абсолютної похибки використовується також поняття відносної похибки. *Відотною похибкою* вимірювання називається відношення абсолютної похибки вимірювання Δ до дійсного значення вимірюваної величини x_d , виражене у відсотках:

$$\delta_x = (\Delta/x_d) \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Оцінка якості вимірювання завжди наводиться із зазначенням похибки. При цьому перевага надається відносній похибці як інформативнішій. Вона дає можливість об'єктивно зіставляти та оцінювати якість вимірювань, зроблених у різний час або різними експериментаторами. Дійсно, абсолютна похибка в 1 мм не має великого значення для дійсного розміру у 1000 мм, але є суттєвою, якщо виміряний розмір не перевищує 10 мм.

За своїм характером, походженням та іншими чинниками похибки поділяються на такі види.

За характером виявлення у часі розрізняють систематичні та випадкові похибки.

Систематичною похибкою вимірювання називається похибка, яка при

повторних вимірюваннях однієї й тієї ж величини в одних і тих же умовах залишається постійною або закономірно змінюється.

Випадковою похибкою вимірювання називається похибка, яка при повторних вимірюваннях однієї й тієї ж величини в одних і тих же умовах змінюється за знаком і (або) величиною.

Причиною систематичної похибки може бути, наприклад, неточне градування відлікового елемента або неправильне налаштування нульової точки відліку засобу вимірювання. Випадкова похибка може виникнути під впливом якого-небудь тимчасового явища: зміна температури у зоні вимірювання, раптовий вплив промислової магнітної або електричної завади, помилка експериментатора тощо.

За джерелом виникнення розрізняють інструментальні, методичні і особисті похибки.

Інструментальні похибки вимірювання пов'язані з тими чи іншими вадами засобу вимірювання, застосованому у даному випадку. Вони можуть бути як систематичними, так і випадковими. Найчастіше вони становлять найбільшу частку у похибці вимірювання, тому має бути ретельний контроль за станом засобів вимірювання як при їх виготовленні і ремонті, так і під час експлуатації.

Методичні похибки вимірювання пов'язані з обраною у певному випадку методикою вимірювання. Вибір оптимальної методики вимірювання залежить від задачі та умов вимірювання.

Особисті похибки вимірювання пов'язані безпосередньо з особистістю експериментатора: відсутність навиків роботи з даним приладом, неточність відліку показів засобу вимірювання, неухважність та ін.

За умовами виникнення розрізняють основні та додаткові похибки вимірювання.

Вони пов'язані із застосовуваними засобами вимірювання. Кожний засіб вимірювання має застосовуватися в умовах, визначених нормативно-технічною документацією на нього. Похибка вимірювання, визначена при нормальних умовах експлуатації засобу вимірювання, називається *основною*. Похибка, обумовлена виходом величин зовнішніх чинників за межі нормальних умов експлуатації, називається *додатковою*.

Для оцінювання додаткових похибок у документації на засіб вимірювання звичайно вказують норми змінення показів приладу у випадку виходу умов вимірювання за межі нормальних.

Крім звичайних похибок вимірювання розрізняють так звану грубу похибку вимірювання – промах. *Промахом* називається похибка результату окремого вимірювання, яке за даних умов різко відрізняється від решти результатів даної низки вимірювань.

Результати вимірювання можна визначити з різною точністю. На практиці використовуються наступні правила округлення результатів вимірювання.

Якщо цифра старшого з розрядів, що відкидаються, менша 5, то інші цифри числа, що залишаються, не змінюються; якщо більше 5, то остання цифра, що залишається, збільшується на одиницю. Наприклад, числа 48,628 і 345,673 треба округлити до десятої частки. У першому випадку це буде 48,6, а у другому – 345,7.

Якщо цифра старшого з розрядів, що відкидаються, більше або дорівнює 5, але за нею слідує цифри, які відрізняються від нуля, то остання цифра, що залишається, збільшується на одиницю. Наприклад, результат вимірювання – 52,856. Необхідно округлити його до десятої частки вимірюваної величини. Сотя частка – 5, а за нею цифра 6, яка відрізняється від нуля. Тому при округленні останню значущу цифру збільшимо на одиницю: 52,9.

Якщо цифра, що відкидається, дорівнює 5, а наступні за нею цифри невідомі або нулі, то останню цифру, яка залишається, не змінюють, у випадку, коли вона парна, і збільшують на одиницю, коли вона непарна. Наприклад, результат вимірювання необхідно округлити до десятої частки вимірюваної величини. Якщо це число 43,250, то результат округлення – 43,2. Якщо це число 43,75, то результат округлення – 43,8.

Найбільший вплив на якість вимірювання мають систематичні та випадкові похибки. Тому важливо усвідомлювати їх можливе походження, методи виявлення і оцінювання в умовах практичного використання. Знання величини похибки дозволяє внести поправку у результат вимірювання і тим самим підвищити його точність.

Найкраще відпрацьовані методи виявлення похибок при **прямих вимірюваннях**.

Як уже відзначалося, причиною виникнення *систематичної похибки* може бути методика вимірювання, засіб вимірювання або сам експериментатор. Як впливає з означення, систематична похибка може бути постійною або змінюватися закономірно.

Постійну систематичну похибку дуже важко виявити, оскільки вона, будучи постійною для даної групи спостережень, не виявляється візуально при повторних спостереженнях. Тому проблема виявлення таких систематичних похибок є чи не найскладнішою у боротьбі з ними.

Постійні систематичні похибки є інструментальними похибками і звичайно виявляються методом *перевірки засобів вимірювання* (детальніше див. п. 2.8). Перевірка проводиться шляхом порівняння показань приладу, що перевіряється, з показаннями точнішого (зразкового) засобу вимірювання. Перевірка проводиться згідно з вимогами нормативно-технічної документації, а її результат заноситься у паспорт засобу вимірювання. Постійна похибка Δ_n визначається як різниця показань приладу, що перевіряється, x_n і зразкового засобу вимірювання $x_{зр}$:

$$\Delta_n = x_n - x_{зр}. \quad (2.3)$$

Визначена таким чином систематична похибка вилучається з результатів вимірювання введенням поправки, яка дорівнює похибці, взятій з протилежним знаком ($-\Delta_n$). Тобто дійсний результат вимірювання x_d знаходиться як

$$x_d = x_n - \Delta_n. \quad (2.4)$$

Для визначення *змінної* систематичної похибки рекомендується побудувати графік зміни результатів вимірювання у послідовності, в якій вони були отримані. Загальна картина розташування точок дозволяє зробити висновок про наявність (або відсутність) змінної похибки та оцінити закономірність її зміни під час вимірювань.

Найпростішим, але окремим випадком характеру зміни систематичної змінної похибки є лінійна залежність (наприклад, пропорційна часу). Така похибка може бути оцінена і вилучена наступним чином.

Припустимо, що при вимірюванні постійної фізичної величини x_d систематична похибка змінюється лінійно у часі, тобто вимірювана величина $x_{вим} = x_d + Ct$ (де $C = \text{const}$). Для виключення похибки необхідно побудувати графік залежності на підставі декількох спостережень x_i , пов'язаних з часом t_i (рис. 2.1).

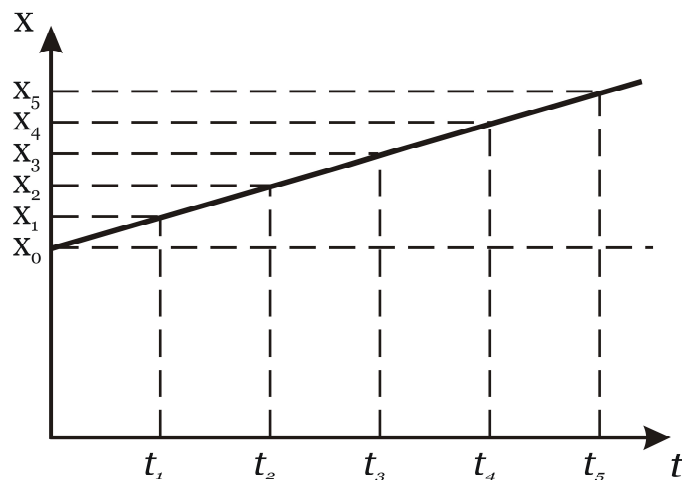


Рисунок 2.1 - Лінійна зміна спостережень x_i у часі t_i

Для виключення похибки треба взяти за графіком рис. 2.1 два будь-яких спостереження, наприклад, x_1 і x_2 з відповідним фіксованим часом t_1 і t_2 ; тоді шукане дійсне значення величини буде

$$x_d = \frac{x_1 \cdot t_2 - x_2 \cdot t_1}{t_2 - t_1}. \quad (2.5)$$

У випадку, коли характер зміни систематичної похибки не є очевидним, рекомендується впевнитися, чи відповідає він лінійній залежності. Для цього застосовується метод симетричних спостережень. Декілька спостережень виконуються через рівні проміжки часу і потім розраховують середні арифметичні симетрично розташованих відліків. Так, для спостережень, показаних на рис. 2.1, симетричними відносно відліку (x_3 ; t_3) середніми арифметичними будуть: $(x_1 + x_5)/2$ і $(x_2 + x_4)/2$. Якщо ці середні арифметичні рівні, то залежність має лінійний характер, і результат вимірювання визначається за формулою (2.5).

Якщо лінійний характер залежності не підтверджується, певної методики виявлення і оцінювання систематичної похибки немає. Тоді задача у кожному випадку вирішується індивідуально на підставі застосованої методики вимірювання, і результат часто залежить від досвіду і кваліфікації експериментатора.

Виявити, оцінити та врахувати *випадкову похибку* значно важче, оскільки вона виникає як результат дії у момент експерименту багатьох непередбачуваних випадкових чинників і сама є величиною випадковою. Тому у цьому випадку можна говорити лише про те, що дійсне значення фізичної величини лежить у межах розкиду результатів вимірювання від x_{\min} до x_{\max} . Проте межі розкиду результатів вимірювання, а отже й що вважати за результат вимірювання і якими показниками охарактеризувати випадкову похибку результату, залежить від імовірності з'явлення того чи іншого значення змінної похибки. Тому аналіз систематичних похибок ґрунтується на розгляді результатів вимірювань і випадкових похибок як випадкових величин.

Для характеристики властивостей випадкових величин у теорії ймовірностей використовується поняття закону розподілу ймовірностей випадкових величин. У практиці вимірювань найчастіше використовується **нормальний закон розподілу** (закон Гаусса). Згідно з теорією ймовірності, якщо результат спостережень є сумою багатьох випадкових слабо пов'язаних величин, кожна з яких вносить малий вклад у спільну суму, то при необмеженому збільшенні їх числа результат спостереження наближається до нормального. Розподіл випадкових похибок буде тим більше наближатися до нормального, якщо результат спостережень формуватиметься більшою кількістю незалежних чинників. Отже, якщо вважати, що випадкові похибки є результатом дії великої кількості випадкових чинників, роль кожного з яких при точному вимірюванні невелика, то, зрозуміло, що вони підлягають нормальному закону розподілу.

Для уявлення про точність вимірювання та оцінку випадкових відхилень (похибок) результатів вимірювання необхідно задатися довірчими межами, довірчим інтервалом та довірчою ймовірністю.

Довірчі межі випадкових похибок – це максимальна та мінімальна межі інтервалу, в який потрапляють похибки із заданою ймовірністю P , яка у

цьому випадку називається *довірчою ймовірністю*. Інтервал з межами $\pm \Delta x(P)$ називається *довірчим інтервалом*. Прийнято межі довірчого інтервалу (довірчих меж) вказувати симетрично відносно результату вимірювання.

Залежність між довірчими межами випадкових похибок і довірчою ймовірністю наведена на рис. 2.2.

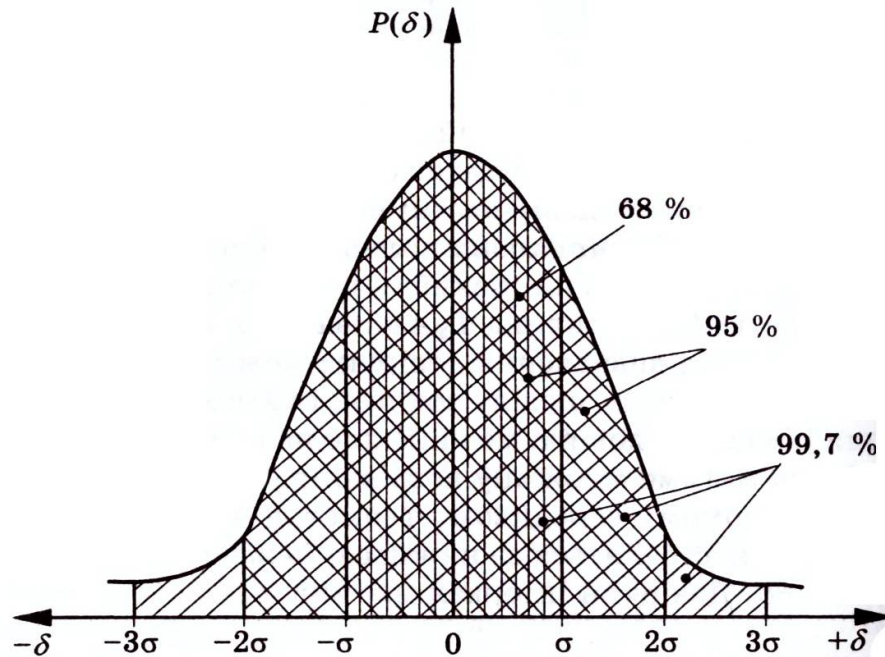


Рисунок 2.2 - Довірчі межі та довірчі ймовірності при нормальному законі розподілу

Кількісно межі довірчого інтервалу розраховують як середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань σ_x . Середнє квадратичне відхилення характеризує *збіжність* результатів – ступінь їх концентрації відносно центра нормального розподілу і розраховується за формулою

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad (2.6)$$

де n – кількість вимірювань фізичної величини, що аналізується; δ_i – випадкове відхилення результату вимірювання x_i від середнє арифметичного значення вимірюваної величини \bar{x} (тобто $\delta_i = x_i - \bar{x}$).

У свою чергу середнє арифметичне значення вимірюваної величини знаходять як

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (2.7)$$

Величина довірчого інтервалу з межами $\pm \Delta x(P)$, у якому знаходяться випадкові похибки, залежить від обраної при експерименті довірчої ймовірності P (табл. 2.1).

Як видно з таблиці, довірчий інтервал $\pm 1 \sigma_x$ не відповідає високій точності вимірювань, оскільки 32% від загального числа вимірювань можуть вийти за межі довірчого інтервалу. При довірчому інтервалі $\pm 4 \sigma_x$ лише 0,1% виходить за межі довірчого інтервалу. При звичайних технічних вимірюваннях, як правило, обирають довірчу ймовірність $P = 0,95$. Лише для особливо точних і відповідальних вимірювань допускається використовувати вищу довірчу ймовірність.

Таблиця 2.1 - Залежність довірчих меж випадкової похибки від довірчої ймовірності

$\pm \Delta x(P),$	P
$\pm 1 \sigma_x$	0,68
$\pm 2 \sigma_x$	0,95
$\pm 3 \sigma_x$	0,997
$\pm 4 \sigma_x$	0,999

Результат прямого вимірювання при наявності випадкових похибок визначається як

$$x_d = \bar{X} \pm \Delta x(P). \quad (2.8)$$

Результатом *посереднього вимірювання* є величина, яку знаходять шляхом математичних дій двох і більше компонентів a_i , пов'язаних між собою різноманітними функціональними залежностями. Оскільки кожний з компонентів при прямому вимірюванні має певні похибки, то задача оцінювання похибки результату у цьому випадку зводиться до сумування похибок вимірювання компонентів. Проте внесок кожного з окремих компонентів у похибку результату залежить від їх взаємного функціонального зв'язку.

При лінійних посередніх вимірюваннях дійсний результат вимірювання у загальному вигляді знаходять як

$$x_d = \sum_{i=1}^n b_i \cdot a_i, \quad (2.9)$$

де b_i – постійні коефіцієнти при компонентах a_i .

Похибки вимірюваних компонентів можуть бути задані як своїми межами Δa_i , так і довірчими межами $\Delta a_i(P)$ при довірчій ймовірності P . При невеликій

кількості компонентів (менше п'яти) оцінка похибки результату вимірювання Δx знаходиться як проста сума граничних похибок компонентів (без урахування знаку):

$$\Delta x = \sum_{i=1}^n \Delta a_i. \quad (2.10)$$

Проте така оцінка є завищеною, оскільки складові похибки мають максимальне значення і додаються незалежно від власного знаку при його визначенні. Реалістичнішу оцінку дає перехід до статистичного сумування похибок компонентів. Вважаючи, що у заданих межах похибки компонентів розподілені рівномірно, довірчі межі похибки результату вимірювання розраховують за формулою:

$$\Delta x(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2 \cdot \Delta a_i^2}. \quad (2.11)$$

Якщо похибки компонентів вимірювання задані довірчими межами з однаковими довірчими ймовірностями, то, вважаючи розподілення цих похибок нормальним, довірчі межі результату знаходяться за формулою:

$$\Delta x(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2 \cdot [\Delta a_i(P)]^2}. \quad (2.12)$$

При різних довірчих ймовірностях похибок компонентів їх необхідно привести до одного значення ймовірності P .

2.5 Математичне оброблення результатів вимірювання

У наукових дослідженнях і виробничій практиці для розв'язання різноманітних проблем використовують математичне оброблення результатів вимірювання.

Основна задача, яка розв'язується за допомогою математичної статистики, це отримання інформації про закономірності зміни ознаки, що вивчається, (у даному випадку – результатів вимірювання) для великої кількості об'єктів дослідження. У термінах математичної статистики це означає, що робляться висновки про властивості генеральної сукупності.

Генеральною сукупністю називається множина всіх об'єктів, які підлягають обстеженню за певною ознакою. Проте охопити *всю множину об'єктів* у реальному дослідженні практично неможливо. Аналізу і математичному обробленню піддається **вибіркова сукупність (вибірка)** – частина генеральної сукупності, яка відбиває основні її властивості і призначена для формування судження про всю генеральну сукупність.

Об'єктивну інформацію про вибірку сукупність достатньо великого розміру дає певна закономірність її розподілу. Найчастіше використовується нормальний закон розподілу сукупності. У цьому випадку розподіл повністю визначається двома параметрами: середнім значенням і стандартними відхиленнями.

На практиці математичне оброблення результатів вимірювання найчастіше проводиться у двох напрямках: оброблення сукупності розсіяних результатів вимірювання і аналіз кореляції залежності між параметрами, що аналізуються.

Оброблення сукупності рівнорозсіяних результатів вимірювання, отриманих прямим спостереженням, проводиться з метою виявлення грубих помилок.

Результати n вимірювань фізичної величини x_i називаються **рівнорозсіяними**, якщо вони є незалежними, однаково розподіленими випадковими величинами. Розсіяні результати одержують при вимірюваннях, які проводяться одним або групою експериментаторів за допомогою однакових засобів вимірювання та у незмінному зовнішньому середовищі.

Статистичне оброблення починається із знаходження **середнє арифметичного** значення вимірюваної величини \bar{X} за формулою (2.7).

Воно є центром нормального розподілу вимірюваних величин і служить точковою оцінкою їх істинного значення.

Далі для кожного з n вимірювань обчислюють випадкові відхилення результатів вимірювань та їх квадрати:

$$\delta_i = x_i - \bar{x}; \delta_i^2 = (x_i - \bar{x})^2. \quad (2.13)$$

На підставі отриманих значень обчислюють **середнє квадратичне відхилення** результатів вимірювання (формула 2.6).

Як уже зазначалося вище, середнє квадратичне відхилення σ_x характеризує **збіжність** результатів – ступінь їх концентрації відносно центра нормального розподілу. Воно є основою для виявлення відсутності (або наявності) серед результатів вимірювання x_i грубих похибок.

Груба похибка – це результат окремого спостереження, який для даних умов вимірювання різко відрізняється від решти результатів. При статистичному обробленні вона виявляється за допомогою «критерію 3σ ». «**Критерій 3σ** » ґрунтується на тому, що величина довірчого інтервалу з межами $\pm \Delta x(P)$, у якому знаходяться випадкові похибки, залежить від обраної при експерименті довірчої ймовірності P (табл. 2.1). Якщо експеримент проводиться з довірчою ймовірністю $P = 0,997$, то довірчий інтервал знаходиться у межах від -3σ до $+3\sigma$, і похибки $|\delta_i| > 3\sigma$ можна виключити з низки результатів як незначущі для даної виборки вимірювань.

Якщо такі похибки у даній сукупності результатів (виборці) виявлені, то вони виключаються з неї, а для нової сукупності знову розраховуються

середнє арифметичне значення вимірюваної величини і середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання.

Знаючи довірчу ймовірність P і нове середнє квадратичне відхилення (після вилучення грубих похибок), можна розрахувати другу характеристику виборки – стандартне відхилення:

$$\delta_{di} = t_p \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \quad (2.14)$$

де t_p – коефіцієнт Стюдента, який залежить від заданої довірчої ймовірності P та кількості вимірювань n у виборці (додаток 1).

Статистичне обробляння сукупності рівнорозсіяних результатів вимірювання закінчується визначенням результату у вигляді:

$$x = \bar{x} \pm \delta_{di}. \quad (2.15)$$

Даний метод аналізу може використовуватися у виробництві при контролі якості готових виробів. Зокрема, він дозволяє виявити браковані вироби – вироби, фактичні розміри яких відповідають виявленим грубим похибкам. Крім того, він дозволяє оцінити якість технологічного процесу, застосованого для виготовлення певної продукції. Наприклад, якщо отриманий довірчий інтервал відповідає заданій точності лінійних розмірів виробу (знаходиться у межах визначених конструкторською документацією допусків), то це означає, що технологічний процес виготовлення виробу забезпечує задану точність; якщо ні, то необхідно вжити заходи з удосконалення технологічного процесу.

Аналіз статистичної залежності між двома числовими змінними, між якими немає суворого функціонального зв'язку, називається кореляційним аналізом. Його проводять, коли треба визначити показник, який свідчить про наявність або відсутність зв'язку між змінними. Степінь залежності, або степінь кореляційного зв'язку, визначається *коефіцієнтом кореляції r* . Проте треба відзначити, що коефіцієнт кореляції – не ідеальний інструмент, він використовується лише у випадку, коли між змінними передбачається лінійна залежність типу $y = kx$.

Кореляційний аналіз ґрунтується на методі найменших квадратів. Згідно з ним сума квадратів відхилень величини y_i від величини kx_i має бути мінімальною. Роз'язання відповідного рівняння

$$\frac{d\left(\sum_{i=1}^n (y_i - k \cdot x_i)^2\right)}{dk} = 0 \quad (2.16)$$

дозволяє знайти значення коефіцієнта k , який власне й визначає наявність або відсутність кореляції між змінними, що аналізуються.

Для проведення аналізу кореляційного зв'язку необхідно зробити n вимірювань вхідного параметра (аргумента) x_i та вихідного параметра (функції) y_i . Для аргумента x_i за формулою 2.7 і аналогічно для функції y_i знаходять середнє арифметичне значення виборки відповідно \bar{x} і \bar{y} .

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.17)$$

Значення коефіцієнта кореляції r може змінюватися від -1 до $+1$. При позитивній кореляції зі збільшенням значення параметра x_i значення параметра y_i збільшується, а при від'ємній кореляції – зменшується. При $r = 0$ кореляційний зв'язок відсутній. Якщо коефіцієнт кореляції близький до одиниці, то між параметрами існує функціональний зв'язок. Проміжні значення, які наближаються до нуля, указують на слабкий кореляційний зв'язок між x_i та y_i ; тобто поведінка вхідного параметра x_i зовсім або майже не впливає на поведінку вихідного параметра y_i .

Визначення функціональної залежності та її степені дозволяє виявити певні природні закономірності, можливий вплив того чи іншого фактора на результат праці, зміни встановлених раніше зв'язків у часі та ін. Зокрема, зменшення коефіцієнта кореляції при проведенні з часом декількох послідовних аналізів технологічного процесу свідчить про те, що в ньому виник певний недолік, і для запобігання браку треба вжити якісь заходи. Якщо лінійна залежність між параметрами відома заздалегідь (наприклад, згідно з певним фізичним законом), а коефіцієнт кореляції низький або знижується, то це свідчить або про недоліки роботи експериментатора, або про дефект засобу вимірювання.

2.6 Засоби вимірювання

Засоби вимірювання – технічні засоби, які використовуються при вимірюванні і мають нормовані метрологічні характеристики, тобто характеристики, що впливають на результати і точність вимірювання.

Засоби вимірювання мають такі основні складові елементи.

Чутливий елемент засобу вимірювання – частина першого у вимірювальному ланцюгу перетворювального елемента, який знаходиться під безпосередньою дією вимірюваного фізичного середовища. Приклад – індентор твердоміра або термопара при вимірюванні температури.

Перетворювальний елемент – елемент засобу вимірювання, в якому відбувається одне з низки послідовних перетворень вимірюваної величини. Приклад – рейковий механізм індикатора для вимірювання змін лінійних розмірів.

Вимірювальний механізм – частина конструкції засобу вимірювання, що складається з елементів, взаємодія яких викликає їх взаємне переміщення. Приклад – вимірювальний механізм вольтметра, складовими елементами якого є постійний магніт, деталі магнітопроводу та рухома рамка з пружинками.

Відліковий елемент – частина конструкції засобу вимірювання, призначена для відтворення значення вимірюваної величини. Приклад – шкала і стрілка амперметра, дисплей електронного годинника тощо.

Реєструвальний пристрій засобу вимірювання – частина реєструвального вимірювального приладу призначена для реєстрації даних, що вимірюються. Приклад – перо або олівець, струмінь або лазерний промінь принтера тощо.

Всі засоби вимірювання мають метрологічні характеристики, пов'язані з певними їхніми конструктивними елементами (рис. 2.3).

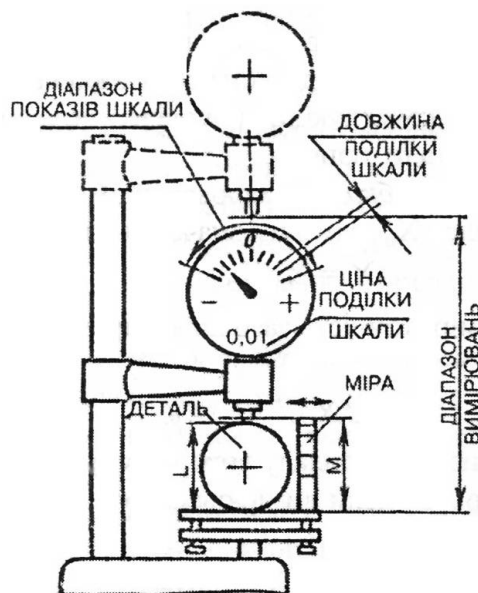


Рисунок 2.3 - Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання

Основною частиною відлікового елемента засобу вимірювання є **шкала** у вигляді матеріальної планки або світлового показчика (дисплея). Шкала має сукупність відміток (поділок) і проставлених біля деяких з них чисел відліку, що відповідають низці послідовних значень вимірюваної величини.

Кожен засіб вимірювання має свій **діапазон вимірювання** – область значень величин, що вимірюються з допустимими похибками приладу. Наприклад, для штангенциркуля він може становити від 0 до 125 або до 250 мм.

Шкала засобу вимірювання має фізично обмежені розміри, тому характеризується діапазоном показів шкали. **Діапазон показів шкали** –

область значень шкали приладу, обмежена початковим і кінцевим значеннями шкали. **Початкове і кінцеве значення** шкали – це найменше і найбільше значення вимірюваної величин, визначене на шкалі. Діапазон показів шкали може співпадати з діапазоном вимірювань.

Відлік числового значення фізичної величини можна здійснювати, якщо шкала має поділки, обмежені того чи іншого типу позначками (відмітками). **Поділка шкали** – частина шкали між двома сусідніми позначками. Відстань між осями (центрами) двох сусідніх позначок шкали, яка вимірюється уздовж уявної лінії, що проходить через середини найкоротших позначок шкали, називається **довжиною поділки шкали**. Її кількісною характеристикою є **ціна поділки шкали** – найменше значення вимірюваної величини, яке відповідає одній поділці.

Відлік показів засобу вимірювання виконують згідно з рівнянням:

$$L = M + \sum_{i=1}^n n_k \cdot i_k + m_{k+1} \cdot i_{k+1}, \quad (2.18)$$

де L – значення відліку; M – розмір міри, за якою відліковий пристрій засобу вимірювання встановлено на нуль; n – число цілих поділок, яке підраховується по шкалі відлікового пристрою; i_k – ціна k -ої поділки шкали; k – номер останньої цілої поділки шкали; m_{k+1} – частка $(k+1)$ -ої поділки шкали з найменшою ціною поділки, оцінена візуально; i_{k+1} – ціна $(k+1)$ -ої поділки шкали.

Якість засобу вимірювання характеризується наступними показниками.

Точністю засобу вимірювання називається характеристика засобу вимірювання, яка визначається за близькістю його показів до істинного значення вимірюваної величини або ж близькістю до нуля всіх його похибок. Точність засобу вимірювання, як правило, указується у його паспорті. Проте вона не обов'язково означає точність вимірювання, оскільки остання залежить від методу вимірювання і умов його виконання.

Правильністю засобу вимірювання називається характеристика, яка показує близькість до нуля його систематичних похибок. Вона досягається шляхом регулярного проведення регламентних повірок засобу вимірювання.

Чутливістю засобу вимірювання характеризується зміною показів приладу відповідно до зміни значення вимірюваного параметра фізичної величини. Кількісно вона визначається як відношення зміни вихідної величини засобу вимірювання Δx (у мм, поділках, градусах і т.п.) до зміни вхідної величини ΔX , яка спричинила цю зміну (у відповідних одиницях):

$$S = \Delta x / \Delta X, \quad (2.19)$$

Поріг чутливості – найменше значення вимірюваної величини, яке може бути виявлене засобом вимірювання. Якщо вимірювана величина

змінилася дещо менше порогу, експериментатор може її не помітити (наприклад, стрілка приладу залишиться нерухомою). Але така незмінність може бути позірною: прилад змінить показ (стрілка пересунеться), але ми його не побачимо неозброєним оком. Але, застосувавши, наприклад, лупу, таку зміну можна помітити. Це означає, що за допомогою додаткових засобів (наприклад, лупи, інструментального мікроскопа та ін.) ми можемо зменшити поріг чутливості.

Збіжність засобу вимірювання – характеристика якості, яка відображає близькість результатів вимірювань однієї й тієї ж величини у однакових умовах. Наявність розходжень у результатах вимірювань за таких умов може говорити про наявність випадкових похибок при вимірюванні.

Відтворюваність засобу вимірювання – характеристика якості, яка відбиває близькість результатів вимірювання однієї й тієї ж величини, виконаних у різних умовах, у різних місцях, різними методами і засобами вимірювання.

Стабільність засобу вимірювання – характеристика якості засобу вимірювання, яка вказує на незмінність у часі його метрологічних характеристик протягом заданого інтервалу часу.

Надійність засобу вимірювання характеризується збереженням безвідмовної роботи протягом достатньо тривалого часу. Надійність характеризується такими показниками, як час безвідмовної роботи, загальним терміном роботи, напрацювання на відмову та ін.

За метрологічними ознаками засоби вимірювання поділяються на такі групи: еталони, зразкові і робочі (виробничі) засоби вимірювання.

Еталон – це засіб вимірювання (або комплекс засобів вимірювання), який забезпечує відтворення і (або) зберігання одиниці фізичної величини (або однієї з її функцій) і затверджений як еталон у встановленому законом порядку.

Еталони становлять особливу групу засобів вимірювання. Мета їх використання – передача розміру фізичної одиниці зразковим, а від них – робочим засобам вимірювання.

Якщо еталон відтворює одиницю з найвищою в країні точністю, то він називається первинним. *Первинні еталони* основних одиниць відтворюють одиницю відповідно до її визначення. Наприклад, за означенням, прийнятим Резолюцією 1 XVII-ї Генеральної конференції з мір і ваг 1983 року, 1 метр дорівнює довжині шляху, який проходить у вакуумі світло за $1/299\,792\,458$ частку секунди. Визначене через швидкість світла значення первинного еталону метра може бути відтворене у будь-якій лабораторії світу за допомогою гелій-неонового лазера.

Первинний еталон, затверджений офіційно як вихідний для країни, називається *державним*. Державні еталони затверджуються уповноваженим державним органом країни, і на кожний з них розробляється стандарт. Державні еталони зберігаються у метрологічних інститутах та інших органах державної метрологічної служби країни.

Посідання власними еталонами та їх зберігання є дуже коштовною, але й дуже важливою справою для країни. Воно дозволяє у багатьох випадках роботи метрологічних органів уникнути залежності від міжнародних організацій.

У метрологічній практиці використовуються *вторинні еталони*, значення яких встановлюється за первинними еталонами. Вони створюються і затверджуються у тих випадках, коли це необхідне для організації повірочних робіт, для збереження і запобігання зношування державного еталону. Вторинні еталони можуть використовуватися як комплекси засобів вимірювання, поодинокі еталони, групові еталони та еталонні набори.

Вторинний еталон, призначений для збереження фізичної одиниці та передачі її розміру зразковим засобам вимірювання найвищої точності, називається *робочим еталоном*. Наприклад, вторинним еталоном одиниці маси «кілограм» є платино-іридієва гиря відповідної маси, а робочий еталон кілограму виготовляється з нержавіючої сталі.

Крім національних еталонів одиниць фізичних величин існують міжнародні еталони, які зберігаються у Міжнародному бюро мір і ваг. Програмою діяльності Міжнародного бюро передбачені систематичні міжнародні звіряння національних еталонів найбільших метрологічних лабораторій різних країн з міжнародними еталонами та між собою.

Зразкові засоби вимірювання призначені для перевірки по ним робочих засобів вимірювання та інших, меншої точності. Всі зразкові засоби вимірювання є засобами перевірки. На зразкові засоби вимірювання видаються свідоцтва з вказаними метрологічними характеристиками та розрядом за повірочною схемою. Усі зразкові засоби вимірювання у свою чергу підлягають обов'язковій повірці у терміни, визначені відповідними державними органами.

Робочі засоби вимірювання призначені для визначення параметрів (характеристик, розмірів) виробів, технічних пристроїв, технологічних процесів, довкілля та ін., необхідних у різноманітній діяльності людини. Поділ засобів вимірювання на зразкові та робочі полягає не у конструкції чи точності, але в їх призначенні. Лише небагато зразкових засобів вимірювання за конструкцією та деякими метрологічними характеристиками відрізняються від робочих. Один і той же засіб вимірювання може використовуватися і як робочий, і як зразковий. Проте, якщо засоби вимірювання призначаються для використання як зразкові, вони ставляться в особливе положення, ізолюються від інших засобів вимірювання, крім призначених для перевірки та градування. До роботи на них допускаються спеціально визначені особи високої кваліфікації.

Засоби вимірювання загалом класифікуються за різноманітними ознаками.

За призначенням засоби вимірювання можуть використовуватися для вимірювання лінійних і кутових розмірів (лінійка, мікрометр, курвіметр; кутомір), маси і сили (ваги технічні та лабораторні; динамометри), тиску

(манометри), температури (термометри, термопари, термофарби), часу (секундоміри, годинники, хронометри), електричних величин (амперметри, вольтметри), швидкості руху (спідометри; анемометри) та ін.

За характером використання засоби вимірювання можуть бути стаціонарні (наприклад, щитові засоби вимірювання) і переносні (корабельні, літакові, індивідуального використання).

За видом енергії, що використовується, засоби вимірювання можуть бути механічними, пневматичними, електричними, гідравлічними та ін.

За принципом дії засоби вимірювання можуть бути приладами прямої дії і порівняння. Прилади прямої дії відображають вимірювану величину на відліковому елементі пристрою, який має шкалу, градуйовану безпосередньо в одиницях, що вимірюються (наприклад, термометр, вольтметр). Прилади порівняння призначаються для порівняння вимірюваної величини з величинами, значення яких відомі. Такі прилади використовуються на практиці й у наукових цілях для вимірювання деяких електричних величин (наприклад, вимірювальний міст Уїнстона для вимірювання електричного опору), тиску повітря тощо.

За способом подання інформації засоби вимірювання поділяються на аналогові і цифрові.

Аналогові засоби вимірювання – прилади прямого вимірювання. Їхні покази змінюються безперервно за зміною стану фізичної величини, що вимірюється. Прикладом таких приладів можуть бути термометри або прилади, відліковий елемент яких складається зі шкали і стрілки. Перевагою аналогових засоби вимірювання є безперервність і точна відповідність показів, але часто можуть виникнути помилки, пов'язані зі зчитуванням показів експериментатором.

Особливість цифрових вимірювальних приладів полягає у тому, що результат вимірювання відбивається на відліковому елементі пристрою у вигляді числа, як правило, десяткового, або символів. Це забезпечує зручність відліку і, головне, усуває суб'єктивні помилки експериментатора. Але зміна показів відбувається дискретно, тобто безперервність контролю за зміною стану фізичної величини відсутня.

За конструкцією засоби вимірювання поділяються на міри, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, вимірювальні системи і вимірювальні перетворювачі.

Міра – засіб вимірювання, який служить для відтворення фізичної величини одного або декількох розмірів з необхідною точністю. На практиці використовують однозначні і багатозначні міри, а також набори мір. Однозначна міра відтворює фізичну величину одного розміру. Наприклад, плоскопаралельна кінцева міра довжини, міра маси (гіря), кварцовий генератор (певної частоти). Багатозначна міра відтворює низку однойменних величин різного розміру, наприклад, штрихова міра довжини або кутова міра (багатогранна призма). Комплект мір, що використовується не лише самостійно, але й у різних поєднаннях з метою відтворення низки однойменних величини різного розміру, називається набором мір. Прикладом

таких наборів можуть бути набори плоскопаралельних кінцевих мір довжини або набори гир.

Міри характеризуються номінальним і дійсним значенням. *Номінальне значення* міри – це значення величини, яке вказане на мірі або приписане їй, а *дійсне значення* – це фактичне значення величини, що відтворюється мірою. Дійсне значення зазначається у спеціальному свідченні як результат високоточного вимірювання з використанням офіційного еталону.

При вимірюваннях з використанням мір фізичні величини, що вимірюються, порівнюють з відомими значеннями величин, представленими мірами.

Вимірювальний прилад – це засіб вимірювання, призначений для вироблення сигналу вимірюваної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття експериментатором. Отже, прилад повинен становити сукупність декількох перетворювачів і обов'язково мати відліковий пристрій.

За способом утворення показів він може бути показуючим або реєструючим. *Показуючий прилад* має відліковий елемент у вигляді шкали або дисплея з цифровим відліком (наприклад, вольтметр, твердомір, ваги). *Реєструючий прилад* містить механізм, який реєструє покази на рухомій паперовій стрічці або на електронному носії (наприклад, параметри польоту літака у «чорній скриньці»).

За призначенням вимірювальні прилади поділяються на *універсальні*, що призначені для вимірювання однакових фізичних величин різних об'єктів (наприклад, штангенциркуль, мікромір), та *спеціалізовані*, які служать для вимірювання параметрів однотипних виробів (наприклад, розмірів елементів зубчастих коліс) або одного параметра різних виробів (наприклад, твердості, шорсткості).

Вимірювальна установка – це сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювання (мір, вимірювальних приладів та перетворювачів), призначених для вимірювання однієї або декількох фізичних величин об'єкта вимірювання і розташованих в одному місці. Вимірювальна установка випрацьовує сигнал вимірюваної інформації у формі, зручній для експериментатора. Вона універсальніша за вищезазначені засоби вимірювання, дозволяє вимірювати більшу кількість величин одночасно і обробляти широку номенклатуру виробів. Приклад: установка для вимірювання питомого електричного опору електротехнічних матеріалів.

Вимірювальна система – це сукупність засобів вимірювання та допоміжних пристроїв, об'єднаних між собою каналами зв'язку і призначених для вироблення сигналу інформації у формі, зручній для передачі й використання в автоматичних системах керування, регулювання, діагностування і т.п. Система може мати декілька чутливих елементів, розташованих у різних точках контрольованого об'єкту з метою вимірювання однієї або декількох фізичних величин, властивих цьому об'єкту.

Звичайно такі системи автоматизовані, функціонально пов'язані з ЕОМ, забезпечують введення інформації безпосередньо в автоматичні

системи керування (регулювання) технологічними процесами і відображують результати вимірювання у формі, зручній для сприйняття їх експериментатором.

Вимірювальний перетворювач – це засіб вимірювання, який служить для перетворення сигналу вимірюваної інформації у форму, зручну для оброблення, збереження або подальшого передавання. Вимірювальні перетворювачі або входять конструктивно у склад вимірювального приладу, або застосовуються разом з ним. При цьому спостерігач не може сприймати сигнал інформації, але він постійно передається у пам'ять комп'ютера, підсилювач сигналу або інші компоненти вимірювального приладу. Перетворювану величину сигналу називають вхідною, а результат перетворення – вихідною величиною.

Вимірювальні перетворювачі різноманітні за конструкцією. Але всі мають нормовані метрологічні характеристики. До вимірювальних перетворювачів відносяться термопари, вимірювальні трансформатори струму і напруги, вимірювальні підсилювачі і т.п.

Вибір засобу вимірювання здійснюється на підставі його метрологічних характеристик, конструктивних особливостей і розмірів об'єктів вимірювання, організаційних умов вимірювання, потрібної продуктивності праці вимірювального обладнання, а також економічних міркувань. Важливе значення має правильний вибір засобу вимірювання з допустимим у даному випадку максимумом його похибок. Адже недостатня точність засобу вимірювання призводить до зниження якості продукції, збільшення її собівартості та до збільшення загальних витрат на виробництво.

Вибір засобу вимірювання проводиться у відповідності з державними стандартами, які встановлюють допустиму похибку засобу вимірювання у залежності від граничних відхилень контрольованого параметра.

2.7 Похибки засобів вимірювання

Засіб вимірювання – інструмент більшої або меншої складності. Під час його експлуатації можуть проявитися багато факторів, які впливатимуть на результат вимірювання. Вони пов'язані головним чином з конструкцією засобу вимірювання (наприклад, градування шкали, взаємодія елементів приладу під час вимірювання, їх поступове зношування і т.п.) і впливом на нього зовнішнього середовища. Тобто покази засобу вимірювання можуть відрізнятися від дійсного значення вимірюваної величини. Такі відхилення називаються *похибками засобів вимірювання*. Розрізняються похибки абсолютні, відносні, зведені тощо.

Значення похибок засобів вимірювання встановлюються відповідно до стандартів при нормальних умовах експлуатації. Під *нормальними умовами* експлуатації розуміють такі умови використання засобів вимірювання, при яких величини, які можуть вплинути на процес вимірювання (температура,

вологість, тиск, частота і напруга в електричній мережі, зовнішні магнітні поля, вібрація тощо), мають значення, установлені стандартами. Останні вказуються у технічних умовах для відповідних засобів вимірювання. Так, у нормальних умовах температура повинна становити $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$; тиск – 101325 Па; вологість – не більше 80%; напруга – $220 \pm 10\text{В}$ та ін.

Абсолютною похибкою засобу вимірювання називається різниця між показом засобу вимірювання та дійсним значенням вимірюваної величини за умови відсутності методичних похибок і похибок від взаємодії засобу вимірювання з об'єктом вимірювання. На практиці вона фактично співпадає з абсолютною похибкою вимірювання Δ і визначається за формулою 2.1.

Для засобу вимірювання більш показовою є відносна похибка. **Відносною похибкою засобу вимірювання** називається відношення абсолютної похибки засобу вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини, виражене у відсотках (δ_x за формулою 2.2).

Важливою характеристикою засобу вимірювання є зведена похибка. **Зведеною похибкою засобу вимірювання γ** називається відношення абсолютної похибки засобу вимірювання Δ до певної нормувальної характеристики приладу N :

$$\gamma = (\Delta / N) \cdot 100\%. \quad (2.20)$$

За нормувальне значення, характерне для даного засобу вимірювання, найчастіше приймають верхній поріг вимірювання: розмах шкали або іншу градувальну характеристику. Наприклад, вольтметр зі шкалою на 150 В вимірює напругу в електричній мережі. Прилад показує 100 В, а дійсне значення напруги становить 100,6 В. У такому випадку зведена похибка становить $\gamma = 0,4\%$. Для зменшення зведеної похибки треба вибирати засоби вимірювання таким чином, щоб вимірювана величина відповідала більшій частині нормувальної характеристики приладу.

Конструктивні особливості засобу вимірювання є головною причиною систематичних похибок (див. п. 2.4). Систематичні похибки, пов'язані із засобом вимірювання, називаються **технологічними похибками**. Вони індивідуальні для кожного засобу вимірювання і при вимірюванні певної фізичної величини різними приладами повинні враховуватися окремо для кожного з них.

Треба пам'ятати, що характеристики елементів засобів вимірювання змінюються у процесі експлуатації. Це може бути вплив часу або екстремальних умов експлуатації, агресивного середовища тощо. Зокрема, властивості матеріалу окремих елементів можуть змінюватися за рахунок старіння, деякі деталі зношуються за час експлуатації або змінюють свою форму і розміри під дією температури, корозії та інших чинників.

Як уже згадувалося, систематичні похибки засобів вимірювання виявляються під час повірок і у результати вимірювання враховуються як поправки з протилежним знаком.

2.8 Повірка засобів вимірювання

Існує система метрологічного нагляду за засобами вимірювання. Система метрологічного нагляду – це комплекс правил, положень, вимог технічного, економічного і правового характеру, які визначають організацію і порядок проведення повірки, ревізії та експертизи засобів вимірювання. Всі вони проводяться відповідно до законодавчих установлень і поширюються на всі засоби виміральної техніки, які перебувають в експлуатації в Україні.

Повірка засобів вимірювання – це процес порівняння показів засобів вимірювання, що повіряються, з показами точніших (зразкових, еталонних) засобів вимірювання, яке виконується метрологічним органом з метою визначення відповідності точностних характеристик засобів вимірювання регламентованим значенням і встановлення придатності їх до застосування.

За призначенням повірки можуть бути первинними, періодичними, інспекційними, позачерговими, експертними та ін.

Первинна повірка засобів вимірювання – повірка, яка виконується вперше після виготовлення засобів вимірювання або після їх ремонту чи за умов імпорту поставок партії засобів вимірювання.

Періодична повірка засобів вимірювання проводиться під час експлуатації або збереженні засобів вимірювання через певний проміжок часу (міжповірочний інтервал) або ж при пошкодженні клейма, пломби чи втраті документів з метою встановлення їх придатності для експлуатації.

Інспекційна повірка засобів вимірювання проводиться органами державного нагляду з метою виявлення метрологічних недоліків у засобах вимірювання, що перебувають в експлуатації, на складах і базах постачання.

Позачергова повірка проводиться при експлуатації і зберіганні засобів вимірювання незалежно від строків їх періодичної повірки. Її здійснюють при пошкодженні клейма, пломби та інших пошкодженнях, при впровадженні засобів вимірювання після тривалого зберігання, у випадку необхідності переконатися у справності засобів вимірювання при проведенні вхідного контролю на підприємстві або поверненні на зберігання після експлуатації.

Експертну повірку проводять органи державної метрологічної служби при метрологічній експертизі засобів вимірювання на вимогу суду, прокуратури, держарбітражу та ін., коли виникають спірні питання.

За методикою проведення повірки розрізняють повірки комплексні, поелементні, із застосуванням необхідних засобів порівняння.

Комплексна повірка засобу вимірювання передбачає всебічний аналіз його роботи, а також аналіз впливу зовнішнього оточення на точність показів приладу.

Поелементною повіркою називають повірку засобу вимірювання, при якій його похибку визначають за похибками окремих елементів приладу.

Поелементну повірку застосовують у тих випадках, коли комплексна повірка цього засобу вимірювання дуже трудомістка або виникають труднощі з підбором зразкових мір для повірки і коли закономірності взаємодії всіх елементів засобу вимірювання точно відомі, а можливість сторонніх впливів на його покази виключена.

Повірка шляхом безпосереднього зіставлення проводиться шляхом зіставлення показів двох засобів вимірювання – зразкового і того, що повіряється. Безпосередньо порівнюють штрихові міри довжини (лінійки, рулетки), міри ємності (вимірювальні циліндри, бюретки, мірні колби і т.п.). Безпосереднє зіставлення застосовується, як правило, для не дуже точних засобів вимірювання.

Повірка мір за допомогою приладів порівняння (компараторів) проводиться, наприклад, за допомогою зразкових ваг різних класів точності при повірці гир, мостів постійного або змінного струму для вимірювання мір опору, ємності і т.п.

Повірка засобів вимірювання за зразковими мірами зводиться до вимірювання зразкової міри приладом, що повіряється. Наприклад, штангенциркулем вимірюють зразкову кінцеву міру. Різниця між показом штангенциркуля та величиною зразкової міри визначає його похибку.

Однією з важливих форм метрологічного нагляду за засобами вимірювання є метрологічна ревізія підприємств, які виготовляють, ремонтують, експлуатують, зберігають або торгують засобами вимірювання.

Метрологічна ревізія полягає у повірці стану засобів вимірювання, у контролі за виконанням правил їхньої повірки підприємством та відповідних нормативів органами державної метрологічної служби. Метрологічна ревізія як форма контролю за збереженням єдності вимірювань охоплює не лише засоби вимірювання, а й контролює правильність документального їх відображення.

Результати метрологічної ревізії оформляються актом, у який заносять фактичні результати повірки, зауваження, пропозиції щодо заміни засобів вимірювання, а також пропозиції стосовно усунення недоліків і термінів їх виконання.

При суперечливих результатах метрологічної ревізії або на письмову вимогу органів суду, прокуратури, арбітражу або міліції призначається **метрологічна експертиза**, яка дає кінцеву оцінку прийнятих у документації технічних рішень та висновків щодо реалізації метрологічних норм і правил. Як правило, проводиться метрологічна експертиза відповідної технічної документації.

Повірку можуть здійснювати тільки ті органи, які акредитовані Держспоживінспекцією України: головні державні і територіальні метрологічні органи, метрологічні служби підприємств та організацій,

повірочні лабораторії метрологічних служб, повірочні лабораторії закордонних виробників, які імпортують свої вироби в Україну і т.п.

Держспоживінспекція може делегувати право проведення акредитації підпорядкованим територіальним метрологічним органам. Фахівці територіальних органів, які проводять державну повірку засобів вимірювання, повинні бути атестовані і володіти статусом повірника згідно з встановленою державою процедурою.

Згідно з ДСТУ 2709-1999 [11] повірки проводяться у терміни, визначені спеціальними графіками. Результати повірок записуються у паспорти (атестати) вимірювальних інструментів і приладів.

Позитивні результати повірки можуть закріплюватися повірочним тавром – знаком встановленої форми, що наносять на засоби вимірювальної техніки, які визнані придатними для застосування за результатами їх повірки.

3 СИСТЕМА ДОПУСКІВ І ПОСАДОК

3.1 Точність виготовлення деталей машин, її характеристики

В умовах сучасного серійного виробництва підприємству доводиться виготовляти і купувати велику кількість однотипних деталей, які потім використовуються при складанні вузлів, приладів, та інших різноманітних машин і механізмів. Запорукою зручного, якісного і швидкого складання є можливість використання будь-якої з виготовленої деталі без додаткової підготовки чи оброблення. Така їх властивість називається взаємозамінністю.

Під взаємозамінністю розуміють властивість незалежно виготовлених деталей і вузлів, що сполучаються при складанні, займати своє положення без додаткових операцій регулювання або припасування. Взаємозамінність ґрунтується на виготовленні деталей із заданим ступенем точності.

Виготовити всі деталі партії одного точного розміру неможливо. Залежно від передбаченого для деталі класу точності допускаються певні відхилення від розміру, визначеного конструктором. Ці відхилення утворюють допуск на виготовлення деталі.

Терміни, визначення числових значень і позначення допусків і посадок установлює система стандартів «Єдина система допусків та посадок» (ЄСДП). Стандарти поширюються на гладкі елементи деталей, циліндричні та обмежені паралельними площинами, а також на утворені ними з'єднання.

Номінальний розмір деталі визначається конструктором, виходячи з розрахунку на міцність, жорсткість або виходячи з інших показників згідно з її функціональним призначенням. Він зафіксований у технічній документації на деталь і служить початком для відліку відхилень, які у свою чергу визначають граничні розміри деталей у партії, що виготовляється. Діапазон між максимальними і мінімальними граничними розмірами деталей у партії утворює поле допустимих відхилень розмірів, або допуск на номінальний розмір деталі

Згідно зі стандартом *розміром* називається числове значення лінійної величини (діаметра, довжини тощо) у вибраних одиницях вимірювання. На практиці розрізняють розміри валу і отвору. Термін *вал* застосовується для позначення всіх *зовнішніх* елементів деталей, включаючи і нециліндричні елементи, а термін *отвір* – для позначення відповідно *внутрішніх* елементів деталей. Іншими словами, під терміном «вал» розуміють будь-яку поверхню, яка у сполученні охоплюється іншою, а під терміном «отвір» – поверхня, яка охоплює сполучену з нею поверхню (наприклад, вал і підшипник ковзання, шпонка і паз, в який вона входить).

Лінія, що на кресленні відповідає номінальному значенню розміру, називається *нульовою*. Якщо нульова лінія розташована горизонтально, то додатні відхилення відкладаються вгору від неї, а від'ємні – вниз (рис. 3.1).

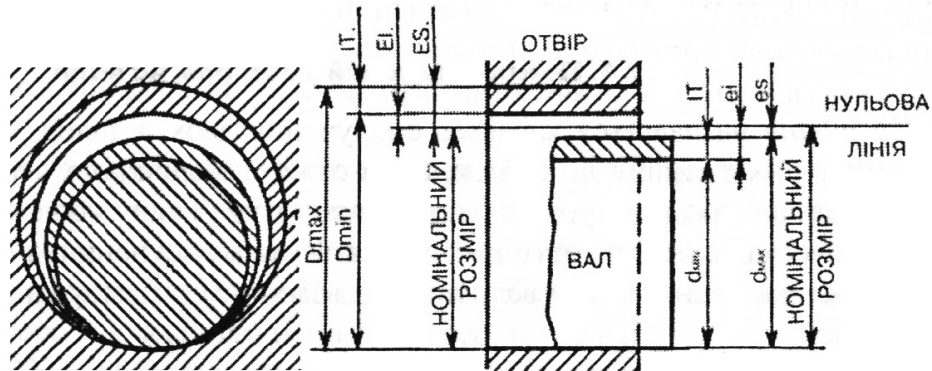


Рисунок 3.1 - Розташування допусків і граничних відхилень отвору і валу відносно нульової лінії

Отже, точність виготовлення визначається допуском на номінальний розмір. **Стандартним допуском IT** (International Toleranz) називається різниця між найбільшим D_{max} і найменшим D_{min} граничними розмірами, встановленими чинною системою стандартів допусків і посадок:

$$IT = D_{max} - D_{min}. \quad (3.1)$$

Величина допуску залежить від номінального розміру деталі і міри її точності – квалітету. **Квалітетом** називається сукупність допусків, що розглядаються як відповідні одному рівню точності для всіх номінальних розмірів. Стандартом установлені квалітети 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, ... 17, 18. Найбільшій точності відповідають квалітети 01, 0; найменшій – 17, 18. Найточніші квалітети (01, 0, 1, 2, 3, 4), як правило, застосовуються при виготовленні зразкових мір і калібрів. Квалітети від 5-го до 11-го застосовуються для сполучуваних елементів деталей, а квалітети від 12-го до 18-го – для несполучуваних.

Допуск **IT** розраховується за формулою

$$IT = k \cdot i, \quad (3.2)$$

де k – кількість одиниць допуску, установлена для кожного квалітету, i – одиниця допуску, яка залежить лише від розміру (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Дані для розрахунку допусків

Квалітет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кількість одиниць допуску k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Допуск для розмірів до 500 мм	$IT = k \cdot i$, де $i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D$, мкм													
Допуск для розмірів до 500 мм до 3150 мм	$IT = k \cdot i$, де $i = 0,004D + 2,1$ мкм													

Примітка. D – середнє геометричне з граничних значень інтервалу номінальних розмірів, мм ($D = \sqrt{D_{max} \cdot D_{min}}$).

На кресленнях та інших технічних документах прийнято наводити один спільний розмір для валу й отвору – номінальний розмір D – і вказувати граничні відхилення від нього. **Граничні відхилення** – це алгебраїчна різниця між гранично допустимими і номінальними розмірами. Згідно зі стандартами у таблицях і текстах граничні відхилення та інші позначення для отворів пишуться великими латинськими буквами, а для валів – малими.

Верхнє відхилення ES , es становить алгебраїчну різницю між найбільшим і номінальним розмірами:

$$ES = D_{\max} - D; \quad es = d_{\max} - D. \quad (3.3)$$

Нижнє відхилення EI , ei знаходиться як алгебраїчна різниця між найменшим і номінальним розмірами:

$$EI = D_{\min} - D; \quad ei = d_{\min} - D. \quad (3.4)$$

Скорочено допуск за визначеним квалітетом позначається сполученням великих латинських літер IT з порядковим номером квалітету. Наприклад, $IT9$ означає допуск за дев'ятим квалітетом.

Для даних квалітетів та в інтервалі більшості номінальних розмірів значення допуску є постійним для розмірів будь-яких елементів (валів, отворів, пазів, уступів тощо) і у будь-яких полях допусків. Іншою особливістю допусків за системою ЄСДП є те, що, починаючи з п'ятого квалітету, допуск під час переходу до наступного, грубішого квалітету збільшується на 60%. Тобто через кожні п'ять квалітетів допуск збільшується приблизно у 10 разів.

Поняття квалітету, основних відхилень, числове значення допусків для різних квалітетів наведені у ГОСТ 25346-89 [9].

Допуск є мірою точності розміру. Чим точнішою має бути деталь, тим меншими допускаються відхилення від визначеного номінального розміру. Допуск безпосередньо впливає на трудомісткість виготовлення і собівартість деталей. Оскільки кожний наявний метод оброблення може дати свою досяжну точність виготовлення, визначений конструктором квалітет точності певного розміру поверхні дозволяє орієнтовно визначити спосіб її оброблення.

При виборі (призначенні) квалітетів необхідно враховувати низку чинників.

Техніко-економічні чинники. Вищі квалітети підвищують якість виробу, але це ускладнює процес виготовлення і різко збільшує вартість виробів. Тому потрібно призначати таку точність, яка при найменших витратах забезпечить задану працездатність.

Технологічні можливості досягнення заданої точності. Можливість досягнення заданої точності залежить від наявних технологій, обладнання, його стану.

Середній рівень точності, який забезпечує працездатність виробу за заданих умов експлуатації. Він визначається за досвідом виготовлення і експлуатації подібних виробів.

Можливість перевірки наміченої точності розмірів. Для цього потрібно, щоб досяжна точність наявних засобів вимірювання відповідала точності виготовлення виробу.

3.2 Посадки, загальні відомості

Конструктор визначає номінальний розмір деталі і граничні відхилення. Поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами, яке визначається величиною допуску і його положенням відносно номінального розміру (графічно – відносно нульової лінії), називається **полем допуску**. Поле допуску – поняття, ширше за допуск; оскільки воно характеризується своєю і величиною, і його розміщенням відносно розміру (нульової лінії).

При утворенні складальних з'єднань велику роль відіграє саме положення поля допуску відносно нульової лінії, яке визначається основними відхиленнями. **Основним відхиленням** називається одне з двох граничних відхилень (верхнє чи нижнє), що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії.

ГОСТ 25346-89 [9] передбачає 28 основних відхилень, які позначаються для отворів буквами *A, B, C, CD, D, ..., Y, Z, ZA, ZB, ZC*, а для валів – *a, b, c, cd, d, ..., y, z, za, zb, zc*. Значення більшості основних відхилень валів і отворів не залежить від обраного квалітету.

Для **валів** основні відхилення, позначені буквами *a...h*, знаходяться **під** нульовою лінією і задаються верхніми відхиленнями *es*, а основні відхилення, позначені буквами *j...zc* – **над** нею. Вони задаються нижніми відхиленнями *ei*. Для **отворів** основні відхилення, позначені буквами *A...H*, знаходяться **над** нульовою лінією і задаються лише нижнім відхиленням *EI*. Основні відхилення, позначені буквами *J...ZC*, знаходяться **під** нульовою лінією; вони у свою чергу задані верхнім відхиленням *ES* (рис. 3.2). Інакше кажучи, буквами *A...H (a...h)* позначають відхилення «в тіло» отвору або валу (тобто спрямоване на збільшення можливого зазору), а буквами *J...ZC (j...zc)* – відхилення у протилежному напрямку. Якщо відхилення позначається буквами *H (h)*, воно є дотичним до нульової лінії.

Основні відхилення власне можна розглядати як координати, які визначають відстань даного поля допуску від нульової лінії. Для кожного поля допуску ГОСТ 25346-89 [9] наводить лише одне з граничних відхилень, найближче до нульової лінії. Друге відхилення можна розрахувати, додаючи або віднімаючи допуск *IT*, який для даного номінального розміру залежить від обраного квалітету:

$$ei = es - IT, \text{ або } es = ei + IT; \quad (3.5)$$

$$EI = ES - IT, \text{ або } ES = EI + IT. \quad (3.6)$$

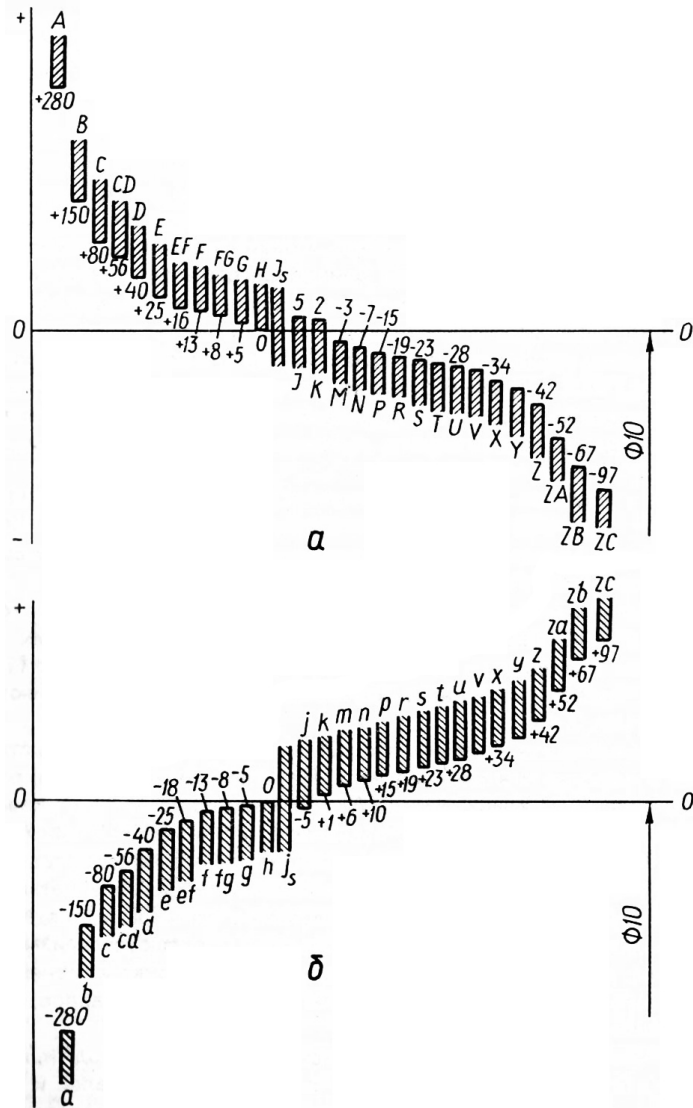


Рисунок 3.2 - Розташування полів допусків отворів (а) і валів (б)

На практиці роботи розрахунки не треба. У ГОСТ 25347-82 [6] наведені значення нижніх і верхніх граничних відхилень для всіх розмірів і квалітетів.

У діапазоні розмірів від 1 до 500 мм ГОСТ 25346-89 [9] розділяє поля допусків на основні і додаткові. З основних полів виділена вузька низка полів для переважачого застосування. При виборі полів допусків у першу чергу застосовуються *переважаючі поля допусків*. У випадках, коли за рахунок переважачих допусків неможливо забезпечити конструктивні і технологічні вимоги, застосовують *основні поля допусків*, і лише в окремих випадках – *додаткові поля допусків*.

Величина поля допуску однакова і для валів, і для отворів. Поле допуску позначається сполученням літери (літер) основного відхилення і порядкового номера квалітету: **g6**, **d7**, **H8**, **N10**, **FG11**. Позначення поля допуску вказується після номінального розміру елемента: **40g6**, **35H7**.

При виготовленні виробу завжди виникає необхідність сполучення двох або більше деталей. Кожне окреме сполучення утворює посадку.

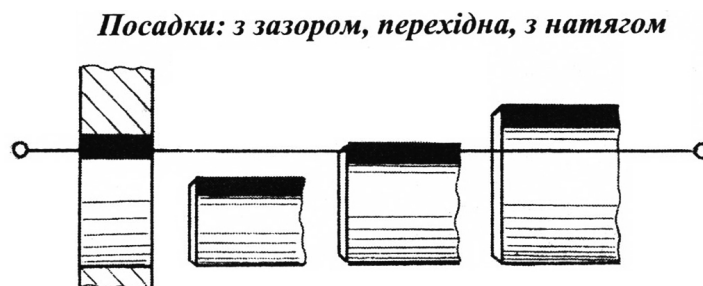
Посадкою називається характер з'єднання двох деталей, визначений різницею їх розмірів до складання.

Посадка характеризує більшу або меншу свободу відносного переміщення або ступінь опору взаємному зсувненню з'єднаних деталей, тобто наявність і величину отриманого у сполученні зазору чи натягу. Вид посадки визначається величиною і взаємним розташуванням полів допусків сполучуваних деталей.

Згідно зі стандартами системи ЄСДП однакові посадки можна отримати і у системі отвору, і у системі валу.

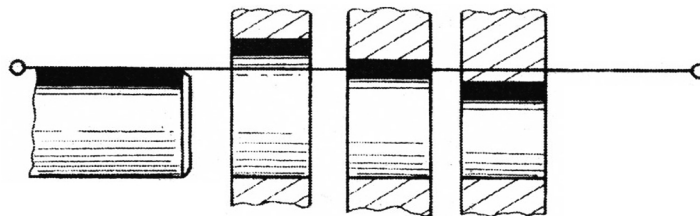
Посадка у системі отвору – це така посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків валів з полем допуску *основного отвору*. Поле допуску основного отвору H , нижнє відхилення якого дорівнює нулю, залишається незмінним, а різні посадки отримують за рахунок зміни граничних розмірів і граничних відхилень валів, які з цим отвором сполучаються.

Посадка у системі валу – це така посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків отворів з полем допуску *основного вала*. Поле допуску основного вала h , верхнє відхилення якого дорівнює нулю, залишається незмінним, а різні посадки отримують за рахунок зміни граничних розмірів і граничних відхилень отворів, які з цим валом сполучаються (рис. 3.3).



а

Посадки: з зазором, перехідна, з натягом



б

а – система отвору; б – система валу

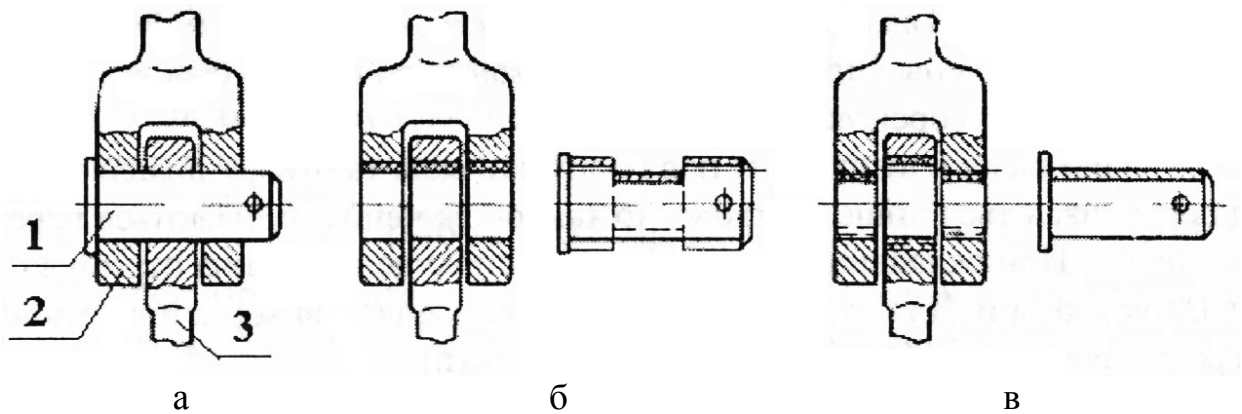
Рисунок 3.3 - Система посадок

Формально обидві системи посадок рівноправні, але практично майже завжди посадки у системі отвору економічніші за посадки у системі валу. Це пояснюється тим, що трудомісткість виготовлення точних отворів значно вище ніж точних валів, оскільки їх виготовлення вимагає складніших і

дорожчих металорізальних інструментів і контрольно-вимірювальних засобів. При застосуванні посадок у системі отвору кількість типорозмірів інструментів зменшується і відповідно зменшуються витрати на їх виготовлення і експлуатацію.

Систему валу вигідно використовувати тоді, коли осі, валики, штифти і т.п. можуть бути виготовлені з точних холоднотягнутих прутків або використовуються при складанні без додаткового механічного оброблення зовнішньої поверхні. Зокрема, посадки у системі валу застосовують при сполученні підшипників з корпусними деталями, тому що підшипники перед складанням нема сенсу переточувати.

На рис. 3.4 зображено шарнірне з'єднання вилки з тягою, яке доцільно виготовляти у системі валу (рис. 3.4,в). У з'єднанні повинна бути забезпечена рухома посадка валика 1 відносно тяги 3 і нерухома відносно вилки 2. Якщо цей вузол виготовити у системі отвору, то валик доведеться робити східчастим (рис. 3.4, б), причому бічні частини валика мають бути більшого діаметра, ніж середня. Монтаж такого вузла утруднений, він може погіршити умови експлуатації.



а – складений вузол; б – у системі отвору; в – у системі валу;
1 – валик; 2 – вилка; 3 – тяга

Рисунок 3.4 - Шарнірне з'єднання вилки з тягою

Отже, для утворення посадок можна застосовувати будь-яку комбінацію полів допусків, установлену стандартом. Посадки повинні призначатися або у системі отвору, або у системі валу, причому система отвору є переважальною. У першу чергу рекомендується обирати *переважаючі посадки*, утворені переважальними полями допусків (див. ГОСТ 25347-82 [10]), а додаткові – у вимушених випадках. При виборі характеру посадки конкретного з'єднання залежно від умов його роботи треба також враховувати рекомендації з доцільності призначення того чи іншого квалітету точності. Зокрема, квалітети 5...6 застосовуються для особливо точних з'єднань; 7...8 – для з'єднання зубчастого колеса з валом, для закріплення інструментів, підшипників; 9...10 – у з'єднаннях, де вимоги точності знижені; 11...12 – для рухомих з'єднань низької точності. Посадки з

4-го до 7-го квалітету рекомендується утворювати шляхом сполучення отвору на квалітет грубішого, ніж вал.

Приклади умовних позначень полів допусків і граничних відхилень на кресленнях наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Позначення полів допусків і граничних відхилень на кресленнях

Позначення у випадку:	Граничні відхилення, призначені для:		
	валу	отвору	посадки
Умовне позначення полів допусків	$\text{Ø}64k6$	$\text{Ø}64H7$	$\text{Ø}64 \frac{H7}{k6}$
Зазначення числових значень граничних відхилень	$\text{Ø}64 \begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$	$\text{Ø}64 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ \end{smallmatrix}$	$\text{Ø}64 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ \frac{+0,021}{+0,002} \end{smallmatrix}$
Умовне позначення полів допусків із зазначенням їх числових значень	$\text{Ø}64k6 \begin{smallmatrix} (+0,021) \\ (+0,002) \end{smallmatrix}$	$\text{Ø}64H7 \begin{smallmatrix} (+0,030) \\ \end{smallmatrix}$	$\text{Ø}64 \frac{H7 \begin{smallmatrix} (+0,030) \\ \end{smallmatrix}}{k6 \begin{smallmatrix} (+0,021) \\ (+0,002) \end{smallmatrix}}$

3.3 Види посадок та їх призначення

Види з'єднань деталей машин дуже різноманітні. Їх класифікують залежно від форми сполучуваних поверхонь, характеру контакту і ступеня свободи взаємного переміщення.

Наприклад, розрізняють з'єднання гладкі циліндричні і конічні; гвинтові, зубчасті, шліцові, сферичні і плоскі; рухомі під час роботи механізму і нерухомі, нерознімні чи рознімні тощо.

Всі з'єднання відрізняються одне від одного характером з'єднання, тобто посадкою. За цією ознакою посадки поділяються на посадки із зазором, перехідні та з натягом.

Посадкою з зазором називається посадка, за якою у з'єднанні завжди утворюється зазор, тобто найменший граничний розмір отвору більший за найбільший граничний розмір вала або дорівнює йому. У свою чергу **зазором** називається різниця між розмірами отвору і валу до складання, якщо розмір отвору більший за розмір валу.

Максимальну і мінімальну величину зазору можна розрахувати за формулою:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \quad (3.7)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es. \quad (3.8)$$

Посадки з зазором призначаються для рухомих і нерухомих з'єднань. У рухомих з'єднаннях наявність зазору забезпечує свободу переміщення, розміщення шару мастилу, компенсацію температурних деформацій і відхилень форми, розташування поверхонь, помилок складання тощо. Для важливих з'єднань (типу сполучень валу з підшипником ковзання), які повинні працювати в умовах рідинного тертя, зазори розраховуються на основі гідродинамічної теорії змащування.

У нерухомих з'єднаннях посадки з зазором застосовуються для виконання безперешкодного складання змінних деталей, відносна нерухомість яких забезпечується шпонками, болтами, штифтами і т.п.

Посадки групи **H/h** мають мінімальний зазор, який дорівнює нулю, і застосовуються для пар з високими вимогами до центрування валу і отвору або які працюють при малих швидкостях і навантаженнях.

Посадки високої точності **H5/h4**, **H6/h5** застосовуються у нерухомих з'єднаннях, які часто розбираються. В окремих випадках ці посадки застосовуються і для рухомих з'єднань при поздовжньому переміщенні деталей з невисокою швидкістю (наприклад, шпindel у корпусі задньої бабки верстата). Посадки високої точності мають обмежене застосування через значну складність виготовлення деталей.

Посадки **H7/h6**, **H8/h7** широко застосовуються у нерухомих з'єднаннях при високих вимогах до точності центрування деталей, які часто розбираються (наприклад, змінні шестерні, фрикційні муфти тощо), або у рухомих з'єднаннях при зворотно-поступальних переміщеннях (поршні, шпindelі і т.п.). Посадка **H8/h7** має ширші допуски, що полегшує виготовлення деталей, які застосовуються при великій довжині сполучення.

Посадки **H8/h8**, **H8/h9**, **H9/h8**, **H9/h9** мають ширші допуски і використовуються для рухомих і нерухомих з'єднань при невисоких вимогах до точності центрування і співвісності для полегшення складання та розбирання; наприклад, для установлення на вали шківів, зубчастих коліс та інших деталей, які працюють при невеликих і постійних за величиною навантаженнях та рідких осьових переміщеннях. Іноді посадка **H10/h10** застосовується замість посадки **H9/h9**.

Посадки **H11/h11**, **H12/h12** призначаються для рухомих і нерухомих з'єднань низької точності. У випадку нерухомих з'єднань їх застосовують для деталей, які треба зварювати, а в рухомих з'єднаннях – там, де одна деталь має вільно ковзати по іншій при регулюванні. Як правило, це вали тихохідних передач, розпірні втулки, шарніри низької точності.

Посадки групи **H/g** (**G/h**) застосовуються для точних рухомих з'єднань, які вимагають точного центрування з мінімальним зазором.

Посадки високої точності **H5/g4**, **H6/g6**, **G6/h5**, **G5/h4** застосовуються в особливо точних механізмах (наприклад, плунжерні і золотникові пари). Посадки **H7/g6**, **G7/h6** використовують у парах повзун – напрямні, пересувні шестерні на валах коробок передач високої точності.

Посадки групи **H/f** застосовуються для підшипників ковзання з рідинним змащуванням при легких і середніх режимах роботи: електродвигунів середньої потужності, поршнів компресорів, двигунів внутрішнього згоряння і т.п.

Посадкам **H7/f7**, **F8/h6** забезпечують добрі умови змащування, їм надається перевага для підшипників валів у коробках передач, для головних валів токарних і фрезерних верстатів, поршнів у гальмівних циліндрах тощо.

Точніші посадки **H6/f6**, **F7/h5** застосовуються у таких з'єднаннях, де потрібна підвищена точність центрування.

Посадки зниженої точності **H8/f8**, **F8/h8**, **H8/f9**, **F9/h9** призначаються для підшипників ковзання валів, що працюють при значних частотах обертання, а також для валів з широко рознесеними опорами з гарантованим зазором при невисоких вимогах до точності.

Посадки групи **H/e** забезпечують вільне обертання при високих швидкостях і значних навантаженнях за наявності рідинного змащування. Звичайно це підшипники ковзання великих машин: турбогенераторів, електродвигунів великої потужності і т.п.

Посадки високої точності **H6/e7**, **E8/h6** призначаються головним чином для підшипників рідинного тертя у машинах підвищеної точності, зокрема для корінних підшипників колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння. До цієї ж групи належать посадки середньої точності **H7/e8**, **H8/e8**, **E8/h7**, які застосовують для підшипників рідинного тертя при великих швидкостях обертання і невеликих навантаженнях (шийки розподільчих валів двигунів внутрішнього згоряння, напрямні точних клапанів і т.п.).

Посадки заниженої точності **H8/e9**, **E9/h9** застосовують у менш важливих парах ковзання для обертового і поступального руху.

Посадки групи **H/d (D/h)** компенсують значні відхилення розташування сполучуваних поверхонь і температурні деформації, забезпечують вільне переміщення, регулювання і складання деталей; вони характеризуються великими гарантованими зазорами. Наприклад, посадки **H7/d8**, **D8/h7**, **H8/d8** достатньо високої точності забезпечують рух при важких режимах і значному нагріванні, наприклад, підшипники ковзання парових турбін.

Посадки групи **H/c**, **C/h**, **H/b**, **B/h**, **H/a**, **A/h** характеризуються значними гарантованими зазорами; їх найчастіше застосовують для з'єднання з невисокими вимогами точності в основному у грубих квалітетах там, де треба компенсувати значні відхилення розташування сполучуваних поверхонь або температурні зміни розмірів деталей, а також для сполучень, які працюють в умовах забруднення. Так, посадки **H11/c11**, **H12/a12** застосовують для фланцевих з'єднань або шарнірів низької точності.

Перехідною посадкою називається посадка, за якою можливе отримання як зазору, так і натягу у з'єднанні у залежності від дійсних розмірів отвору та валу.

Перехідні посадки часто використовуються у тих випадках, коли потрібно забезпечити, з одного боку, достатньо якісне центрування у парі, а з

іншого – можливість легкого складання – розбирання у процесі експлуатації з'єднання. Натяги у перехідних посадках відносно малі і не вимагають перевірки деталей на міцність; зазори також малі.

Посадки типу H/j_s , J_s/h характеризується тим, що для них ймовірнішим є зазор, але можливі й невеликі натяги. Такі посадки, як $H7/j_6$, J_7/h_6 , застосовуються для встановлення підшипників кочення, тонкостінних втулок у корпус, шківів на вали малих електромашин.

Для посадок H/k , K/h ймовірність одержання зазорів і натягів однакова. Вони забезпечують добре центрування і складання – розбирання з невеликими зусиллями. У посадок $H7/k_6$, $K7/h_6$ натяги і зазори близькі до нуля; вони застосовують для встановлення зубчастих коліс, шківів, маховиків на валах редукторів та інших машин. Посадки $H6/k_5$, $K6/h_5$ застосовуються у випадках, коли потрібна вища точність з'єднання.

Посадки групи H/m , M/h забезпечують переважно натяг; ймовірність одержання зазорів відносно мала. Зокрема, посадки $H7/m_6$, $M7/h_6$ застосовують для нерухомих з'єднань деталей на валах, які швидко обертаються (наприклад, посадки деталей на кінцях валів електродвигунів).

Посадки групи H/n , N/h забезпечують найміцніші з перехідних посадок. Зазори при складанні практично не виникають. Посадку $H7/n_6$ рекомендується застосовувати у випадках, коли крім центрування натяг необхідний для попередження осьових переміщень. Посадки цієї групи застосовуються у конструкціях, де є важко навантажені зубчасті колеса, поршні у циліндрах великої потужності.

Посадкою з гарантованим натягом називається посадка, за якою у з'єднанні завжди утворюється натяг, тобто найбільший граничний розмір отвору менший за найменший розмір валу або дорівнює йому. **Натяг** – це різниця між розмірами валу і отвору до складання, якщо розмір валу завжди більше розміру отвору.

Максимальну і мінімальну величину натягу можна розрахувати за формулою:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \quad (3.9)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES. \quad (3.10)$$

Посадки з гарантованим натягом застосовуються для створення нерухомих і нерознімних з'єднань. Відносна нерухомість сполучуваних деталей забезпечується завдяки пружним деформаціям, які виникають при з'єднанні валу з отвором. Превага таких посадок – відсутність додаткових засобів кріплення, що спрощує конфігурацію деталей та їх складання.

Надійність посадок з натягом залежить від механічних властивостей матеріалу деталей, геометрії та шорсткості поверхонь, величини натягу, методу складання тощо.

При посадках цього типу можуть виникнути великі натяги. Пластична деформація, що виникає при цьому, різко знижує міцність з'єднання. Для

забезпечення необхідної тримкості посадки збільшують діаметр або довжину з'єднання.

Посадки *H/p*, *P/h* характеризуються нормальним гарантованим натягом; для них встановлюються точніші квалітети: 4...6 для валів і 6...7 для отворів. Так, посадка *H7/p6* застосовується для з'єднання тонкостінних деталей або деталей, які зазнають невеликі навантаження.

Посадки *H/r*, *R/h*, *H/s*, *S/h*, *H/t*, *T/h* характеризуються помірним натягом у межах (0,0002...0,0006) номінального діаметра валу *d* і забезпечують передачу навантажень середньої величини без додаткових кріплень.

Складання таких з'єднань можливе як під пресом, так й із застосуванням термічного оброблення. Наприклад, посадки *H7/r6*, *H7/s6* застосовуються для з'єднання зубчастих коліс на валах коробок швидкостей, втулок якорів електродвигунів, кондукторних втулок з корпусом кондуктора та ін.

Посадки *H/u*, *U/h*, *H/x*, *H/z* характеризуються більшим натягом у межах (0,001...0,002)·*d* і призначаються для з'єднань, на які діють важкі динамічні навантаження. Посадки типу *H7/u7* застосовуються для закріплення вагонних коліс на осях, втулок підшипників ковзання у важкому машинобудуванні, при насаджуванні вінців черв'ячних коліс, маховиків і т.п. У свою чергу посадки *H8/x8*, *H8/z8* застосовуються для важко навантажених з'єднань, що зазнають великі крутні моменти та осьові навантаження.

Вибір посадок може провадитися декількома методами.

Методом прецедентів, або **аналогів**, полягає у тому, що посадка обирається за аналогією з відомою посадкою, яка надійно працює у вузлі подібної конструкції. Складність методу полягає у правильній оцінці та співставленні умов праці посадки у вузлі, що проектується, і в аналога.

Метод подібності – розвиток методу прецедентів. Посадки обираються на підставі рекомендацій галузевих технічних документів або літературних джерел. Недолік методу полягає у відсутності точних кількісних оцінок умов роботи сполучення.

Розрахунковий метод є найбільш обґрунтованим. Проте формули, емпіричні залежності відомі не для всіх видів посадок та й не завжди точно відбивають характер фізичних явищ у сполученні.

Правильний вибір посадок значною мірою залежить від кваліфікації конструктора і завжди може бути підкоригований за досвідом дослідної експлуатації.

4 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Поняття якості продукції

Якість продукції – сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення.

Якість відноситься до числа найважливіших показників діяльності людини. Проблема забезпечення і підвищення якості продукції актуальна для всіх підприємств. Поняття якості багатопланове. Під ним розуміють і якість підприємства, пов'язану із забезпеченням організаційно-технічного рівня виробництва, і якість роботи, що включає систему прийняття рішень, контроль якості на виробництві, якість технологічних процесів і т.п., а також власне якість продукції, що є наслідком якості всієї роботи підприємства.

Будь-яке виробництво включає певні функції, спрямовані на досягнення поставлених завдань у галузі якості. Ці задачі вирішуються шляхом контролю якості та наступного регулювання наявних технологічних процесів.

Якість визначається дією випадкових і суб'єктивних чинників. Для контролю за ними і попередження впливу негативних чинників служать різні системи управління якістю. Відсутність на підприємстві продуманої системи управління якістю і ефективного контролю якості як її складової є, як правило, причиною занепаду і навіть краху цього підприємства.

До якості продукції ставляться певні вимоги. Вимоги до продукції – це умови та особливості, яким мають відповідати вироби. Вони часом можуть змінюватися зі зміною суспільних потреб і вимог на ринку аналогічної продукції.

Вимоги поділяються на *поточні*, що пред'являються до продукції, яка випускається нині, і обґрунтовані можливостями виробництва та характером попиту, і *перспективні*, які розроблені на підставі прогнозів використання нових видів сировини, нових технічних ідей і методів виробництва. Перспективні вимоги встановлюють на основі фундаментальних і прикладних наукових досліджень. Поточні й перспективні вимоги можуть регламентуватися стандартами. Згодом перспективні вимоги стають поточними, а замість них з'являються вимоги вищого рівня, що забезпечує безперервне вдосконалення продукції.

Під управлінням якістю продукції розуміють постійний, планомірний, цілеспрямований процес впливу на всіх рівнях на фактори і умови, що забезпечує створення продукції оптимальної якості та повноцінне її використання. Управління якістю здійснює коригувальний вплив на процес формування якості у виробництві та прояв його у споживанні. Цілі та задачі управління якістю продукції конкретизуються для кожного виконавця залежно від його ролі й призначення. Зокрема, основними функціями управління якістю продукції є планування, організація робіт і технологічного

процесу, контроль і регулювання виробничого процесу за наслідками контролю.

Для досягнення конкретних цілей управління якістю важливо правильно встановити співвідношення між цілями і засобами управління якістю продукції. Такий взаємозв'язок встановлюється на підставі власного досвіду, нових досягнень у відповідній науково-технічній галузі, а також оптимального використання стандартів, технічних умов та відомчих нормативів.

Управління якістю продукції здійснюється шляхом систематичного контролю відповідності показників якості стандартам, технічним умовам та іншій нормативно-технічній документації, які мають відповідати потребам споживачів. Важливим елементом у цьому напрямку є встановлення обґрунтованих завдань на випуск продукції з певними значеннями показників, які мають бути досягнуті при виробництві продукції.

4.2 Основні принципи контролю якості продукції

У виробництві технічний контроль включає:

- вхідний контроль сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, інструментів, допоміжних матеріалів тощо;
- поопераційний контроль продукції та дотримання встановленого технологічного процесу;
- систематичний контроль стану обладнання, робочого і вимірювального інструментів, інших засобів контролю;
- контроль моделей та дослідних зразків продукції;
- приймальний контроль готової продукції.

Контроль може бути вибіркоким, поопераційним або суцільним.

Вибірковий контроль проводиться за планом, який ґрунтується на статистичних методах, які обумовлюють обсяг вибірки, яка підлягає контролю, критерії та періодичність оцінювання. Вибірка має формуватися випадковим методом. Вибірковий метод не може гарантувати необхідну якість всієї виготовленої партії виробів, і тому існує ризик постачання неякісної продукції.

Способи **поопераційного контролю** залежать від особливостей виробничих ділянок або об'єктів виробництва. Такими способами можуть бути візуальний огляд, вимірювання розмірів, лабораторний аналіз, механічні випробування, контроль за дотриманням вимог технологічного процесу та ін.

Суцільний контроль застосовується у випадках низької якості матеріалів, що постачаються на підприємство; коли наявні обладнання і технологія не забезпечує однорідності продукції, що виготовляється; після операцій, які мають вирішальне значення для наступного оброблення або складання; при складанні у випадках відсутності повної взаємозамінності та ін.

Критерієм готовності підприємства до випуску продукції необхідної якості є наявність у технологічній документації повністю оформлених операцій контролю, упевненість у наявності ефективного вимірювального оснащення, висновок про виконання у повному обсязі заходів, розроблених за результатами попередніх випробувань та інших контрольних заходів.

Функція контролю якості полягає у нагляді за процесами забезпечення якості, виявленні відхилень від нормативів, а також характеру і причин відхилень та їх усунення. Функція контролю якості передбачає: контроль за розроблянням нової конструкції, вхідний контроль сировини і напівфабрикатів, поетапний заводський контроль на робочих місцях, вихідний контроль готової продукції і періодичний контроль продукції на місцях тривалого зберігання.

Забезпечення якості продукції не може бути ефективним, якщо турбота про якість починається лише з моменту початку виробничого процесу. Контроль починається з розробляння нової конструкції виробу, що передбачає розробляння і встановлення вимог до якості та технічного рівня майбутньої продукції. Вхідному контролю піддаються всі сировинні матеріали, напівфабрикати і комплектувальні вироби, які надходять на підприємство. За технологічним процесом на робочих місцях проводиться поопераційний контроль кожної виготовленої деталі. Після складання готовий виріб проходить декілька видів приймального контролю залежно від складності та призначення виробу.

У деяких випадках проводиться контроль продукції на місцях тривалого зберігання. Періодичність і види контролю залежать від особливостей конструкції і призначення виробу та умов зберігання.

При виявленні дефектів у процесі виробництва або експлуатації керівні органи управління якістю продукції вживають необхідні заходи.

Для досягнення конкретних цілей управління якістю важливо правильно встановити співвідношення між цілями і засобами управління якістю продукції. Такий взаємозв'язок встановлюється на підставі власного досвіду, нових досягнень у відповідній науково-технічній галузі, а також оптимального використання стандартів, технічних умов та відомчих нормативів.

Щоб оцінити рівень якості виробу, треба функціональні показники якості даного виробу порівняти з іншими однотипними. Обрані для порівняння функціональні показники утворюють певну номенклатуру показників

Номенклатура показників повинна забезпечувати порівнянність різних зразків одного виду, тобто зразків продукції однієї назви та області застосування. Всі обрані аналоги і оцінювана продукція повинні бути ідентичними за призначенням та областю застосування, тобто повинні мати однакові класифікаційні показники.

Основою для оцінювання рівня якості продукції є базовий зразок.

Базовий зразок – це зразок продукції, який представляє передові науково-технічні досягнення і виділяється з групи аналогів оцінюваної продукції.

Як базові зразки обирають кращі групи аналогів на основі методу попарного співставлення послідовно всіх аналогів за значенням оцінних показників. У результаті попарного співставлення аналогів залишаються аналоги, кожний з яких не поступається жодному з решти тих, що порівнювалися, за сукупністю оцінних показників. Виділені таким чином аналоги і є базовими зразками.

4.3 Показники якості

Як зазначалося вище, для управління якістю продукції і підвищення її необхідно оцінювати рівень якості. Оцінювання рівня якості проходить у декілька етапів. Спочатку обирають номенклатуру показників якості і одночасно обирають для порівняння базові показники якості. Після цього обирають способи визначення значень показників якості, а для визначення рівня якості обирають метод оцінки (порівняння) рівня якості. Зміст етапів і обсяг робіт на кожному з етапів суттєво залежить від мети оцінювання, його необхідної точності та форми представлення результатів оцінювання.

Показником якості продукції називається кількісна характеристика однієї або декількох властивостей виробу, що розглядаються, стосовно до певних умов його виготовлення, експлуатації або споживання.

На рівень параметрів якості продукції впливає значна кількість чинників, які діють як самостійно, так і у взаємозв'язку між собою або на окремих етапах життєвого циклу виробу, або на кількох одночасно. Звичайно всі ці чинники поділяються на групи: технічні, організаційні, економічні і суб'єктивні.

До технічних чинників належать: конструкція виробу, технологія виготовлення; обладнання і засоби виготовлення, обслуговування і ремонту; технічний рівень бази проектування, виготовлення, експлуатації та ін. Змінюючи методи виробництва, з однієї й тієї ж сировини можна виготовити продукцію з суттєво відмінними властивостями. Недотримання затвердженої технології призводить до зниження якості, виникнення дефектів.

До організаційних чинників належать: розподіл праці і спеціалізація підрозділів, форма організації виробничих процесів, ритмічність виробництва, культура праці робітників, форми і методи контролю, порядок приймання готової продукції та її зберігання, технічного обслуговування в експлуатації, ремонту та ін. Для покращення якості продукції керівництво підприємства має постійно працювати над покращенням організації всіх етапів виробництва на підставі досягнень науково-технічної думки.

До економічних чинників належать: собівартість і ціна та їх співвідношення; рівень витрат на експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт; ступінь продуктивності виробничих процесів та ін. Санкції за випуск

і постачання продукції неналежної якості сприяє внесенню коректив у технологічні та організаційні форми виробничих процесів.

До суб'єктивних чинників відносяться всі чинники, безпосередньо пов'язані з участю людини і її впливом на вищезгадані чинники. У першу чергу мова йде про професійну підготовку людей, які зайняті проектуванням, виготовленням і експлуатацією виробів; характер їх зацікавленості у результатах праці та підвищенні якості продукції. Створення умов матеріального і морального заохочення за випуск високоякісної продукції також підвищує рівень її якості.

Взаємозв'язок і взаємний вплив всіх цих чинників дуже складний і залежить від складності виробу, технології його виготовлення та експлуатації (споживання). На різних етапах життєвого циклу виробу діють різні чинники. Важливо враховувати їх за результатами контролю рівня якості на всіх етапах виробництва.

Через велику різноманітність продукції, що виробляється у світі, важко дати перелік показників якості продукції. Існує декілька класифікацій цих показників. Найчастіше розглядають декілька груп показників: показники призначення; надійності; ергонометричні; естетичні; технологічні; патентно-правові, екологічні, економічні та ін. Для промислової продукції найважливішими є показники призначення, надійності, технологічні та економічні.

Показники призначення характеризують властивості продукції, що визначають основні функції, для виконання яких вона призначена, і обумовлюють галузь її використання. До показників призначення відносяться конструктивні показники, показники функціональної та технічної ефективності. Для виробів машинобудування показники призначення характеризують корисну роботу, яку має виконувати виріб. Наприклад, якщо мова йде про автомобілі, то як показники призначення розглядаються швидкість, вантажопідйомність, споживання палива на 100 км та інші.

Показники надійності є одними з найважливіших властивостей продукції. Чим відповідальніші функції продукції, тим вище повинні бути вимоги до надійності. Надійність виробів багато у чому залежить не лише від їх конструкції, але й від умов експлуатації: вологості, зовнішніх навантажень, температури, тиску і т.п.

Надійність – це властивість виробу зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують його здатність виконувати потрібні функції у заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування.

Залежно від призначення і умов застосування надійність продукції може означати безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність.

Безвідмовність – властивість виробу безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або певного напрацювання. Основним поняттям, яке використовується при визначенні безвідмовності, є відмова. *Відмовою* називають подію, яка полягає у порушенні працездатного

стану об'єкту, при якому значення всіх параметрів, що характеризують його здатність виконувати задані функції, відповідає вимогам конструкторської документації. Відмова усувається ремонтом. До показників безвідмовності відносяться: час імовірної безвідмовної роботи, середнє напрацювання на відмову, інтенсивність відмов, параметр потоку відмов.

Довговічність – властивість виробу зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Інакше кажучи, довговічність визначає час ефективного використання виробу.

Розрізняють довговічність фізичну і моральну. *Фізичній довговічності* відповідає час праці виробу до того моменту, коли черговий ремонт коштує більше, ніж виготовлення нового виробу і стає не вигідним. Цей час може включати декілька проміжних ремонтів. *Моральна довговічність* визначає термін використання виробу до моменту, коли виріб застаріває за своїми можливостями, і на ринку з'являється нова модель, яка має кращі споживчі властивості. Це може статися ще до вичерпання виробом свого фізичного ресурсу.

До показників довговічності відносяться: ресурс між середніми ремонтами, середній термін ефективної праці і т.п.

Ремонтпридатність – властивість виробу, яка полягає у пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень і підтриманню та відновленню працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту. Ремонтпридатність характеризується середнім часом відновлення працездатного стану, вірогідністю відновлення працездатності протягом певного інтервалу часу, середньою трудомісткістю ремонту і технічного обслуговування.

Граничний стан ремонтіваних виробів визначається неефективністю їх подальшої експлуатації через старіння і часті відмови або збільшення витрат на ремонт. Граничний стан може визначатися також моральним старінням.

Показники технологічності характеризують властивості продукції, які обумовлюють оптимальний розподіл витрат, матеріалів, роботи і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні і експлуатації продукції. До показників технологічності відносяться: питома трудомісткість виготовлення виробів, питома матеріаломісткість, коефіцієнт використання матеріалів, питома енергоємність, собівартість та ін.

Економічні показники – це витрати на виготовлення та випробування дослідних зразків, собівартість виготовлення продукції, витрати на витратні матеріали при експлуатації виготовленої продукції і т.п.

Показники якості дозволяють дати кількісну характеристику всіх їх властивостей. Розрізняють одиничні і комплексні показники. *Одиничний показник якості* – це показник, який характеризує одну з властивостей продукції (наприклад, потужність або вантажопідйомність машини, швидкість і т.п.). *Комплексний показник якості* характеризує якість за двома або декількома оцінюваними властивостями. Застосовують також *інтегральний показник якості*, який оцінює загальний корисний ефект

продукції (підтримка заданого рівня точності, термін праці до капітального ремонту машини тощо), який залежить від сумарних чинників, що визначають її працездатність.

Показники якості, як і фізичні величини, можуть мати розмірність або бути безрозмірними. Розмірність мають, як правило, одиничні показники якості. Безрозмірні показники – це найчастіше відносні показники або експертні оцінки якості.

4.4 Методи контролю якості продукції

Оцінювання рівня якості продукції служить основою для вироблення рекомендацій з метою підтримування та покращення якості виробів, що випускаються. Для проведення оцінювання необхідно провести вибір номенклатури показників якості та обґрунтувати її необхідність і достатність; розробити методи визначення значень показників якості; обрати базові зразки (див. п. 4.2), значення показників яких служитимуть основою для порівняння та визначення фактичних значень показників якості оцінюваної продукції. Від вибору базового зразка значно залежить результат оцінювання якості продукції. Важливим чинником може бути також правильний вибір способу оброблення і форми подання результатів оцінювання.

Для точного оцінювання якості виробів залежно від призначення і умов експлуатації обирають такі показники, які найповніше характеризують відмінні, найважливіші властивості щойно спроектованого виробу. За показники базових зразків-аналогів, як зазначалося вище, обирають найкращі вітчизняні та закордонні зразки, які на момент оцінювання відповідають найвищим вимогам в експлуатації чи споживанні. Крім того, основою базових показників можуть бути науково-технічна документація та стандарти, що регламентують оптимальні значення показників якості продукції, а також відомі перспективні вироби, які ще розробляються.

Оцінювання якості продукції проводиться наступними методами.

Вимірювальний метод ґрунтується на інформації, яка отримується з використанням технічних вимірювальних засобів. За допомогою вимірювального методу визначають такі значення, як маса виробу, частота обертання ротору двигуна, розмір виробу, швидкість автомобіля, сила струму та ін.

Розрахунковий метод базується на використанні інформації, яку отримують за допомогою технічних або емпіричних залежностей. Цей метод використовується при проектуванні продукції, коли остання ще не може бути об'єктом експериментальних досліджень. Розрахунковий метод служить для визначення показників, важливих при експлуатації виробу: його маси, показників продуктивності, потужності, міцності та ін.

Диференційний метод оцінювання рівня якості продукції здійснюється співставленням одиничних показників оцінюваного виду продукції з відповідними базовими показниками.

Для кожного з показників розраховуються відносні показники якості оцінюваної продукції за формулою:

$$Q_i = P_i / P_{i\text{баз}}, \quad (4.1)$$

де P_i – числове значення і-того показника якості оцінюваної продукції;
 $P_{i\text{баз}}$ – числове значення і-того показника якості базового зразка.

При оцінюванні декількох показників виробу можливі три варіанти: всі показники $Q_i > 1$; всі показники $Q_i < 1$; деякі показники Q_i більше одиниці, а деякі – менші. У першому випадку оцінюваний виріб краще аналогу і має право на подальше виготовлення і постачання на ринок. Якщо маємо справу з другим випадком, розроблений виріб не є конкурентоспроможним, і треба починати розробляти новий. Найчастіше виробництво зустрічається з третім варіантом. У цьому випадку необхідно з'ясувати, чи має більшість найважливіших показників значення $Q_i > 1$. У протилежному випадку прийняти однозначне рішення важко.

Збільшення абсолютного значення показника відповідає покращенню якості продукції. За цим показником розраховують відносний показник якості потужності, терміну служби, продуктивності, коефіцієнта корисної дії і т.п.

Зустрічаються випадки, коли оцінити рівень якості важко. У таких випадках доцільно розділити всі показники на дві групи. У першу групу включають показники, які визначають найсуттєвіші властивості продукції, а у другу – другорядні. У кожній групі можуть створюватися певні підгрупи, в яких показники мають споріднені характеристики. На цій підставі для кожної підгрупи можна визначити свій оцінний показник. Такі показники порівнюються іншим, комплексним методом.

Комплексний метод оцінки рівня якості передбачає використання комплексного (узагальненого) показника якості. Цей метод застосовується у випадках, коли узагальнений показник якості, виражений лише одним числом, є функцією від окремих одиничних (групових, комплексних) показників якості продукції.

Рівень якості за комплексним методом визначається відношенням узагальненого показника якості оцінюваної продукції $Q_{\text{оц}}$ до узагальненого показника базового зразка $Q_{\text{баз}}$, тобто

$$Q = Q_{\text{оц}} / Q_{\text{баз}}. \quad (4.2)$$

Складність комплексного оцінювання полягає у складності об'єктивного знаходження узагальненого показника. Звичайно у цих випадках за узагальнений показник приймають один з головних показників призначення продукції. Наприклад, продуктивність, питома собівартість, ресурс і т.п.

У деяких випадках є можливість виявити характер взаємозв'язків між показникам якості оцінюваної продукції, об'єднаними в одну групу (підгрупу), і таким чином визначити узагальнений показник.

У тих випадках, коли є труднощі з визначенням головного показника і встановленням його функціональної залежності від вихідних показників якості продукції, визначають середньозважені показники якості.

При оцінюванні складної продукції, яка має широкую номенклатуру показників якості, за допомогою диференційного методу практично неможливо зробити конкретний висновок, а використання лише одного комплексного методу не дозволяє об'єктивно врахувати всі значущі властивості оцінюваної продукції. У таких випадках для оцінювання використовується змішаний метод.

Суть **змішаного методу** полягає у тому, що для оцінювання якості продукції застосовують одиничні і комплексні показники якості, одночасно використовуючи елементи і комплексного, і диференційного методів. Оцінювання проводиться у наступній послідовності.

Одиничні показники якості, які, як правило, визначають за допомогою прямих вимірювань, об'єднуються у декілька груп, для яких визначають груповий комплексний показник якості. Найбільш значимі одиничні показники можна у групі не включати, а розглядати окремо. Об'єднання показників у групи повинно проводитися у залежності від мети оцінювання.

Знайдені величини групових комплексних і окремо виділених найважливіших одиничних показників піддають порівнянню з відповідними значеннями базових показників, тобто застосовують принципи диференційного методу.

Для визначення параметрів якості під час виготовлення виробів використовуються такі основні засоби контролю якості:

- засоби неавтоматичного контролю;
- автомати й автоматичні системи контролю;
- засоби контролю автоматичних систем управління технологічними процесами.

Засоби неавтоматичного контролю використовуються для отримання інформації про один або декілька параметрів, які характеризують якість виробу. Звичайно вони застосовуються при ручному контролі і відрізняються низькою продуктивністю та порівняно великою трудомісткістю контролю.

Автомати й автоматичні системи контролю забезпечують отримання інформації про параметри, які всебічно характеризують якість контрольованого об'єкту. До складу таких систем входять автоматичні транспортувальні, сканувальні та сортувальні пристрої і реєстратори різних видів. В основному такі системи призначені для розбракування контрольованих виробів за принципом «придатний – непридатний» або розсортування виробів за одним або декількома параметрами (наприклад, сортування кульок для підшипників за діаметром).

Засоби контролю автоматичних систем управління технологічними процесами призначені для вироблення такої інформації, яка може бути використана для активної дії на хід технологічного процесу у випадку його порушення. До складу таких систем, окрім автоматичних ліній контролю, входять засоби обчислювальної техніки та автоматики для формування керуючої дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. – СПб: Питер, 2004. – 207 с.
2. Безфамильная Л.В. Экономика стандартизации, метрологии и качества продукции. – М.: изд. стандартов, 1988. – 186 с.
3. Бичовський Р.В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. / Бичовський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. – Львів: вид. НУ «Львівська політехніка», 2002. – 560 с.
4. Волчок І.П. Сучасні виробничі технології у машинобудуванні та металургії. / Волчок І.П., Плескач В.М., Шестаков І.А. – Запоріжжя: ЗНТУ; Дике Поле, 2006. – 360 с.
5. Дудніков А.А. Основи стандартизації, допуски, посадки, і технічні вимірювання: Підручник – К.: ЦНЛ, 2006. – 352 с.
6. Ефимов В.В. Средства и методы управления качеством: Учеб. пособие. – М.: КНОРУС, 2007. – 232 с.
7. Зайцев С.А. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. / Зайцев С.А., Курганов А.Д., Толстов А.Н.: Учеб. пособие. – М.: ИЦ «Академия», 2002. – 240 с.
8. Івченко Л.Й. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці: Навч. посібник. / Івченко Л.Й., Петрикін В.В. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 320 с.
9. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений: ГОСТ 25346-89 – [Введен в действие 01.01.1990].
10. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки: ГОСТ 25347-82 – [Введен в действие 01.01.1990].
11. Повірка засобів вимірювальної техніки, організація та порядок проведення: ДСТУ 2708-1999 – [Чинний від 2000-01-01].
12. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел: ГОСТ 8032-84 – [Введен в действие 30.06.1985].
13. Романов А.Б. Выбор посадок и требования точности. / Романов А.Б., Устинов Ю.Н. – СПб: Политехника, 2009. – 206 с.
14. Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення: ДСТУ 3410-96 – [Чинний від 1997-04-01].
15. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок сертифікації продукції: ДСТУ 3413-96 – [Чинний від 1997-04-01].
16. Стандартизація, метрологія та контроль: Підручник/ О.В.Рабінович, І.Ф.Червоний, М.О.Маняк та ін.; за ред.. проф. Червоного І.Ф. – Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 184 с.
17. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и средства измерения. / Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С.: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 2001. – 205 с.
18. Топольник В.Г. Метрологія, стандартизація і управління якістю. / Топольник В.Г., Котляр М.А. – Львів: «Магнолія-2006», 2012. – 212 с.

19. Цюцюра В.Д. Метрологія та основи вимірювань: Навч. посібник. / Цюцюра В.Д., Цюцюра С.В. – К.: «Знання-Прес», 2003. – 180 с.
20. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікація: Підручник. – К.: вид. Європ. ун-ту, 2002. – 174 с.

ДОДАТОКДодаток А. Коефіцієнт Стьюдента t_p

n – 1	Довірча імовірність P		
	0,90	0,95	0,99
1	6,31	12,7	63,70
2	2,92	4,30	9,92
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,02	2,57	4,03
6	1,94	2,45	3,71
7	1,89	2,36	3,50
8	1,86	2,31	3,36
9	1,83	2,26	3,25
10	1,81	2,23	3,17
11	1,80	2,20	3,11
12	1,78	2,18	3,05
13	1,77	2,16	3,01
14	1,76	2,14	2,98
15	1,75	2,13	2,95
16	1,75	2,12	2,92
17	1,74	2,11	2,90
18	1,73	2,10	2,88
19	1,73	2,09	2,86
20	1,72	2,09	2,85
21	1,72	2,08	2,83
22	1,72	2,07	2,82
23	1,71	2,07	2,81
24	1,71	2,06	2,80
25	1,71	2,06	2,79
26	1,71	2,06	2,78
27	1,70	2,05	2,77
28	1,70	2,05	2,76
29	1,70	2,05	2,76
30	1,70	2,04	2,75