

ВСТУП

Точність (у техніці) – ступінь наближення істинного значення параметра процесу, речовини, предмета до його номінального значення, вказаного в нормативних документах (НД). Точність завжди стосується об'єкта: сенсора, засобу вимірювальної техніки (ЗВТ), мехатронного засобу (МЗ), процесу – вимірювання, контролю, виготовлення чи результату процесу – обчислення, вимірювання, діагностування тощо. Тому надалі будемо розрізняти:

- точність засобу, зокрема мехатронного, – ступінь наближення дійсних значень параметрів МЗ до заданих значень, вказаних у кресленнях або НД;
- точність виготовлення МЗ – ступінь наближення дійсних значень параметрів технологічного процесу виготовлення МЗ до значень, вказаних у кресленнях або НД;
- точність вимірювання параметра МЗ – ступінь наближення результату вимірювання параметру МЗ до його істинного значення;
- точність обчислення під час опрацювання результатів – ступінь наближення результату обчислювальних (математичних) дій до їх істинних значень.

Розрізняють *нормативну точність* як сукупність допустимих відхилень, яку формують на основі конструкторської точності, і *дійсну точність* – сукупність дійсних відхилень, які виникають у результаті виготовлення виробу (технологічна точність), а у подальшому – в результаті його експлуатації (експлуатаційна точність). Досягнути задану нормативну точність означає виготовити деталі і зібрати МЗ так, щоб похибки всіх його геометричних, електричних чи інших параметрів знаходились у встановлених межах.

Тому, точність **виготовлення МЗ** як ступінь наближення дійсних значень параметрів його виготовлення до їх заданих значень містить три виробничо-технічні складові: *конструкторську*, *технологічну* і *експлуатаційну*, а також *економічно обґрунтовану* і *досягнути точність* як складові, пов'язані з виробничою організаційно-економічною специфікою.

Конструкторська точність

Конструкторську точність забезпечують під час проектних робіт. Вона залежить від похибок, закладених у виробничому процесі з урахуванням його впливу на функціональні характеристики і вартість виробу. Основний принцип

конструювання – встановлення оптимальних вимог до точності з врахуванням роботоздатності і вартості виготовлення виробу.

Технологічна точність

Технологічну точність забезпечують у процесі виробництва виробів. Застосовують три види впливу на технологічну точність: усунення, компенсацію і врахування. Найдієвішим заходом впливу на технологічну точність є усунення причин виникнення похибок. Це супроводжується зростанням витрат на виробництво. Засобами *компенсації*, що впливають на підвищення вимог до точності, є скорочення розмірних ланцюгів, введення компенсаторів тощо. *Враховувати* похибки рекомендують тоді, коли їх усунення пов'язане зі значними затратами.

Експлуатаційна точність

Експлуатаційна точність залежить від часу експлуатації виробу і формується унаслідок зношування, наприклад механічного чи корозійного.

Економічно обґрунтована і досяжна точність

Економічна точність – точність, яка може бути отримана у нормальних виробничих умовах за мінімальної собівартості. Нормальними виробничими умовами вважають виконання робіт на справному обладнанні, застосовуючи необхідні інструменти і пристрої робітниками відповідної кваліфікації. Поняття економічної точності застосовують під час призначення технологічних допусків проектування технологічного процесу для умов серійного і масового виробництва.

Кожний метод обробки деталі має свою економічну точність. Таблиці економічної точності обробки подані практично у всіх довідниках із технології машинобудування та приладобудування.

Досяжна точність – точність, яку можна отримати під час обробки в найсприятливіших умовах, на спеціально налагодженому чи модернізованому верстаті, висококваліфікованими фахівцями, без обліку витрат часу і незважаючи на собівартість.

Досягнути точність можна зреалізувати в умовах ремонтного чи дослідного виробництва, під час виконання унікальних робіт, а також при виробництві спеціального інструмента.

Точність у метрології (точність вимірювання) – ступінь наближення результату вимірювання до істинного значення вимірюваної **фізичної величини** (ФВ). Чим менша різниця між результатом вимірювання й істинним значенням, тим вища точність вимірювання. Кількісно точність може бути оцінена через характеристики точності, наприклад:

- похибку вимірювання;
- збіжність та правильність;
- невизначеність вимірюванні.

Точність засобу вимірювальної техніки, наприклад МЗ, що містить ЗВТ – ступінь наближення показів приладу до істинного значення вимірюваної фізичної величини, кількісно оцінюється через характеристики точності приладу, наприклад похибку.

Точність у техніці і метрології, а також точність ЗВТ є **предметом вивчення** в дисципліні “Основи точності мехатронних засобів”.

Складові і завдання метрології. Метрологія – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення потрібної точності. Вимірювання – знаходження значень фізичних величин експериментальним шляхом. Фізична величина – будь-яка властивість матеріального об’єкту, яку можна кількісно визначити. Єдність вимірювань – такий стан вимірювань, коли фізичні величини виражені в узаконених одиницях, а значення їх похибок відомі з заданою імовірністю. Метрологія поділяється на теоретичну, прикладну і законодавчу (рис. 1). Теоретична – вирішує загальні наукові проблеми вимірювань. Предметом прикладної метрології є практичне застосування положень теоретичної метрології. Законодавча – полягає у встановленні та контролі за дотриманням спеціальних вимог і правил для забезпечення єдності і потрібної точності вимірювань.

Названі три розділи є взаємопов’язані і мають на меті вирішення ряду завдань, найважливішими серед яких є:

- опрацювання загальної теорії вимірювань;
- розробка теорії певних окремих видів вимірювань;
- розробка теорії фізичних величин, одиниць і систем фізичних величин;
- розробка теорії похибок;
- визначення фізичних констант і стандартних довідкових даних про властивості речовин і матеріалів;

- розробка еталонів і стандартних зразків;
- розробка засобів вимірювання;
- забезпечення правильної експлуатації засобів вимірювальної техніки;
- відтворення розмірів одиниць за допомогою еталонів і передавання їх усім іншим засобам вимірювання;
- нормування метрологічних характеристик засобів вимірювання;
- нормування стандартних вимірювальних процесів і методик виконання вимірювань;
- метрологічний нагляд за засобами вимірювання і правильністю їх застосування.

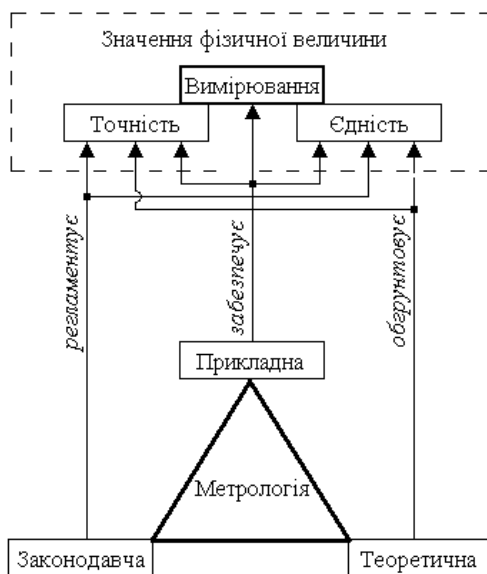


Рис. 1. Складові метрології та їх вклад в знаходження значення фізичної величини

Порівнюючи окремі завдання, можна розрізнити, які з них більше чи менше відповідають окремим трьом розділам метрології, але ніколи їх не можна зарахувати тільки до одного з них. Однак треба зазначити, що функції прикладної і законодавчої метрологій завжди підпорядковані положенням теоретичної. Своєю

чергою, положення теоретичної метрології перевіряються на практиці при реалізації функцій прикладної та законодавчої метрологій.

Метрологія оперує рядом термінів, що встановлені ДСТУ 2681-94 “Метрологія. Терміни та визначення”. Цей стандарт встановлює обов’язкові для використання терміни у всіх видах нормативної документації, науково-технічній, навчально-методичній літературі, що належить до метрології та метрологічного забезпечення, а також робіт зі стандартизації або під час використання результатів цих робіт, враховуючи програмні засоби для комп’ютерних систем.

Основні терміни в галузі метрології. Нижче подано класифікацію і характеристику найбільш уживаних зі стандартизованих метрологічних термінів, які стосуються:

- **фізичної величини та її одиниць:**

фізична величина – властивість, спільна в якісному відношенні для багатьох матеріальних об’єктів та індивідуальна в кількісному відношенні для кожного з них;

розмір (фізичної) величини – кількісний вміст фізичної величини в даному об’єкті;

значення (фізичної) величини – відображення фізичної величини у формі числового значення величини із позначенням її одиниці;

істинне значення (фізичної величини) – значення фізичної величини, яке ідеально відображало б певну властивість об’єкта;

умовно істинне значення (фізичної величини) – значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для даної мети (*дійсне значення*);

система (фізичних) величин – сукупність взаємопов’язаних фізичних величин, в якій декілька величин приймають за незалежні, а інші визначають як залежні від них;

основна (фізична) величина – фізична величина, що належить до системи фізичних величин і прийнята за незалежну від інших величин цієї системи;

похідна (фізична) величина – фізична величина, що належить до системи величин та визначається через основні величини цієї системи;

розмірність фізичної величини – вираз, що відображає її зв’язок із основними величинами системи;

одиниця (фізичної) величини – фізична величина певного розміру, прийнята за угодою для кількісного відображення однорідних із нею величин;

система одиниць (фізичних величин) – сукупність одиниць певної системи фізичних величин;

міжнародна система одиниць SI – когерентна система одиниць, прийнята й рекомендована Генеральною конференцією з мір і ваг (ГКМВ);

числове значення (фізичної) величини – число, що дорівнює відношенню розміру фізичної величини, що вимірюється, до розміру одиниці цієї фізичної величини чи кратної одиниці;

- ***вимірювання:***

вимірювання – відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів;

метрологія – наука про вимірювання;

законодавча метрологія – частина метрології, що містить законодавчі акти, правила, вимоги та норми, що регламентуються і контролюються державою для забезпечення єдності вимірювань;

вимірювана величина – фізична величина або параметри її залежності, що підлягають вимірюванню;

об'єкт вимірювання – матеріальний об'єкт, одна чи декілька властивостей якого підлягають вимірюванню;

пряме вимірювання – вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей;

непряме вимірювання – вимірювання, у якому значення однієї чи кількох вимірюваних величин знаходять після перетворення ряду величини чи обчислення за відомими залежностями їх від декількох величин аргументів, що вимірюються прямо;

опосередковане вимірювання – непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленнями за результатами вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функціональною залежністю;

сукупне вимірювання – непряме вимірювання, у якому значення кількох одночасно вимірюваних однорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, що пов'язують різне сполучення цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано;

сумісне вимірювання – непряме вимірювання, у якому значення кількох одночасно вимірюваних різнорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, які пов'язують їх з іншими величинами, що вимірюються прямо чи опосередковано;

відтворення (фізичної) величини – вимірювальна операція, що полягає у створенні та (чи) зберіганні фізичної величини заданого значення;

порівняння (фізичних величин) – вимірювальна операція, що полягає у відображенні співвідношення між розмірами двох однорідних фізичних величин відповідним висновком: більша, менша чи однакова за розміром;

результат вимірювання – значення фізичної величини, знайдене шляхом її вимірювання;

- ***характеристики вимірювань:***

абсолютна похибка (вимірювання) – різниця між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини;

відносна похибка – відношення абсолютної похибки вимірювання до умовно істинного значення вимірюваної величини;

систематична похибка (вимірювання [засобу вимірювальної техніки]) – складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї самої величини;

випадкова похибка (вимірювання [засобу вимірювальної техніки]) – складова похибки, що не прогнозовано змінюється в ряді вимірювань тієї самої величини;

методична похибка (вимірювання) – складова похибки вимірювання, що зумовлена неадекватністю об'єкта вимірювання та його моделі, прийнятої при вимірюванні;

інструментальна похибка (вимірювання) – складова похибки вимірювання, зумовлена властивостями засобів вимірювальної техніки;

статична похибка (вимірювання [засобу вимірювальної техніки]) – похибка статичного вимірювання;

динамічна похибка (вимірювання [засобу вимірювальної техніки]) – складова похибки, що виникає додатково до статичної під час динамічних вимірювань;

точність вимірювання – головна характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини;

правильність вимірювання – характеристика якості вимірювань, що відображає близькість до нуля систематичної похибки вимірювання;

збіжність вимірювання – характеристика якості вимірювань, що відображає близькість повторних результатів вимірювань однієї й тієї самої величини, в однакових умовах (збіжність відображає близькість до нуля випадкової похибки);

відтворюваність вимірювань – характеристика якості вимірювань, що відображає близькість результатів вимірювань однієї й тієї самої величини, виконаних за різних умов, різними методами і засобами;

метрологічна простежуваність (простежуваність) – властивість результату вимірювань, яка полягає в тому, що цей результат може бути пов'язаний з еталоном через задокументований нерозривний ланцюг калібрувань, кожне з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювання (рис. 2);

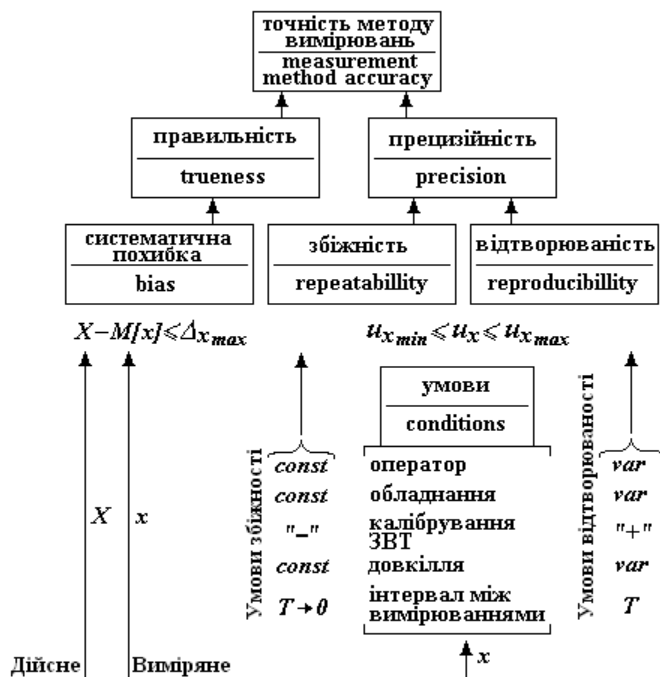


Рис. 2. Характеристики якості вимірювань

- **засобів вимірювальної техніки:**

засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, що застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики;

міра (величини) – вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення й збереження фізичної величини за даного значення;

вимірювальний прилад – засіб вимірювань, у якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації;

вимірювальна система – сукупність вимірювальних каналів, вимірювальних пристроїв та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька вимірюваних фізичних величин;

метрологічні характеристики – характеристики засобів вимірювань, що нормуються для визначення результату вимірювання та його похибок;

клас точності (засобу вимірювальної техніки [засобу вимірювань]) – узагальнена характеристика засобу вимірювань, що визначається межами його допустимих основної і додаткових похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність;

еталон (одиниці фізичної величини) – засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення й збереження одиниці фізичної величини та передавання її розміру відповідним засобам, що стоять нижче за повірочною схемою, офіційно затверджений як еталон;

первинний еталон – еталон, що забезпечує відтворення й зберігання одиниці фізичної величини з найвищою в країні (порівняно з іншими еталонами) точністю;

державний еталон – первинний або спеціальний еталон, затверджений офіційно як державний;

вторинний еталон – еталон, якому передається розмір одиниці фізичної величини;

робочий еталон – еталон, призначений для передавання розміру фізичної величини засобам вимірювальної техніки;

- **метрологічної діяльності:**

метрологічна служба – мережа організацій, окрема організація або окремі підрозділи, на які покладена відповідальність за забезпечення єдності вимірювань у закріпленій за ними сфері діяльності;

єдність вимірювань – стан вимірювань, за яким їх результати виражаються в узаконених одиницях і похибки вимірювань задані з певною ймовірністю;

метрологічне забезпечення – встановлення й застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для забезпечення єдності й потрібної точності вимірювань;

перевірка засобів вимірювальної техніки – визначення похибок засобів вимірювальної техніки та офіційне встановлення придатності їх до застосування;

калібрування (засобів вимірювальної техніки) – сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу.

Усі матеріали наступних питань базуються на правильному розумінні термінів. Тому в тих місцях, де описані терміни часто вживаються, в контексті питання повторюється їх визначення, що дає змогу швидко зорієнтуватися та зберегти цілісність викладеного матеріалу.