

ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 001.4: 389.1

АНАЛІЗ ОСОБИСТІСНИХ ПОХИБОК У ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ

© Байцар Роман¹, Домбек Збігне², Сколоздра Мирослава¹, 2007

¹Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

²Техніко-сільськогосподарська академія в Бидгощі, кафедра теплової техніки та метрології,
вул. С. Каліського, 7, 85 – 763, Бидгощ, Польща

*Розглянуто аналіз похибок вимірювання, які виникають від впливу людського чинника,
та запропоновано способи їхнього зменшення.*

*Рассмотрен анализ погрешностей измерения, которые возникают от влияния человеческого фактора,
и предложены пути их уменьшения.*

*There is considered analysis of measuring errors, which arise up from influencing of human factor,
and offered the ways of their reduction.*

Вступ. Забезпечення якості та конкурентоспроможності продукції, яка випускається, або послуг, що надаються, неможливе без створення на підприємствах систем управління, які ґрунтуються на вимогах міжнародних стандартів ISO 9000, 14000, 18000, а також принципах НАССР, TQM. Розроблення таких складних систем, їхнє впровадження, забезпечення ефективності функціонування в будь-якій сфері, а тим більше виконання робіт з їхньої сертифікації, потребують участі компетентних фахівців. Вагомим доказом професіоналізму цих фахівців є оцінка їхньої компетентності незалежним акредитованим органом із сертифікації. Свідченням великої державної уваги до питань підвищення кваліфікації та підтвердження компетентності персоналу є введення нового об'єкта підтвердження відповідності – персоналу.

Вимоги до людських ресурсів встановлено в усіх зазначених вище стандартах. Так, у національному стандарті ДСТУ ISO 9001[1] у розділі “Управління ресурсами” п. 6.2.2 зазначено: “Персонал, залучений до робіт, які впливають на якість продукції, повинен бути компетентним, тобто мати належну освіту, професійну підготовку, кваліфікацію та досвід...”

Свідченням великої уваги з боку держави до підвищення кваліфікації та підтвердження компе-

тентності персоналу є Закон України “Про підтвердження відповідності”, низка законодавчих актів, що стосуються організації робіт з атестації та сертифікації персоналу. Саме компетентний орган може підтвердити рівень кваліфікації керівника і персоналу, здатного виконувати роботи у встановлені терміни і на високому професійному рівні [2].

Загальний рівень вимог до компетентності лабораторій, які здійснюють вимірювання, визначається рівнем розвитку суспільства. Сьогодні ці міжнародно визнані вимоги відображено у стандарті ДСТУ ISO/IEC 17025-2005 [3], впровадження якого в Україні тільки починається. Цей стандарт демонструє, що саме персонал випробувальних лабораторій є одним з основних ресурсів забезпечення якості робіт.

На точність та вірогідність вимірювань впливає низка чинників: людський чинник, методи випробувань та калібрування і оцінка методу, простежуваність вимірювання, поводження з виробами, що випробовуються та калібруються, відбір зразків, приміщення і докільця, обладнання [4]. Ці чинники повинні враховуватися під час розроблення методів і процедур випробувань, під час підготовки та оцінювання персоналу, а також під час вибору та калібрування обладнання, яке використовується.

Для забезпечення високого рівня вимірювань, крім теоретичної бази та засобів вимірювальної техніки, необхідне вміння правильно користуватись ними. Саме тому проблема впливу людського чинника на вимірювання є надзвичайно актуальною. Похибки, зумовлені суб'єктивним чинником, дуже важко визначити та усунути. Найчастіше вони виникають внаслідок недотримання інструкцій, процедур та неналежної організації праці. У технічних вимірюваннях важливу роль відіграє особа, її досвід, розташування робочого місця та психофізичний стан. Особистісні похибки залежать не тільки від рівня навчання й підготовки персоналу, але й від інтелектуального, емоційного стану, атмосфери праці, мотивації, ступеня самовираження та особистих якостей працівника [5].

Похибки від підготовки вимірювального предмета. Якщо предметом вимірювання є матеріальна річ, то перед початком вимірювання предмет необхідно правильно підготувати до вимірювання. Це означає не лише, що поверхня вимірюваного предмета має бути чистою, але важливо і те, що необхідно забезпечити доступ вимірювального пристрою до поверхні вимірювання. Похибки форми і розміщення не повинні бути настільки великими, щоб впливати на результат вимірювання [6].

Помилково вважати, що ці похибки не є особистісні. Неправильний вибір робочого місця, найчастіше несвідомий, призводить до додаткової похибки результату вимірювання. Особистісна похибка є випадковою, значення якої неможливо визначити ні якісно, ні кількісно, але якої можна уникнути, якщо старанно дотриматися відповідних інструкцій.

Похибки показу вимірювального пристрою. У показах вимірювального пристрою також наявні особистісні похибки, які виникають від неакуратного підходу і ставлення до вимірювання. Внаслідок поганого регулювання вимірювального пристрою, наприклад, встановлення нуля у мікрометрах або вимірювачах

з цифровим відліком; недостатнього притискання кінця вимірювального стержня сенсора тощо. Отже, уся серія вимірювань цим пристроєм міститиме особистісну похибку, яка буде систематичною та випадковою, оскільки різні особи по-різному встановлюватимуть нуль. Необхідно перед початком вимірювання перевірити роботу вимірювального пристрою хоча би за допомогою вимірювання відповідно підготовленого взірця.

Похибки методу вимірювання. Вибір відповідного методу вимірювання зазвичай не залежить від особи, яка безпосередньо виконує вимірювання, але метод, описаний в процедурі вимірювання проектантом процесу, процедура зчитування, перетворення результату вимірювання, якщо таке відбувається, це те, на що необхідно звернути увагу. Не менш важливим для усунення джерела особистісної похибки є рівень навчальної підготовки експериментатора з курсу метрології.

Похибки початку вимірювання. Похибки, що виникають вже на початковій стадії вимірювання, найчастіше є причиною неякісних знань з метрології, набутих особою в різних навчальних закладах. Набуті в такий спосіб знання і закріплені роками практики, призводять до нерозуміння суті похибки і вимагають високого самоконтролю особи, яка здійснює вимірювання.

Однією з таких помилок, що допускаються під час вимірювання, є похибка оптичного установа. Цей вид похибки виникає найчастіше під час вимірювання з використанням мікроскопа або вимірювального проектора, а також пов'язаний з установам чіткості контура вимірювального предмета, наведення лінії окуляра гоніометричної головки на необхідну частину контура вимірювального предмета (рис. 1); симетричного розташування лінії окуляра між подвійними поділками чи введення відмітки міліметрової шкали між дугами спірального ноніуса (рис. 2).

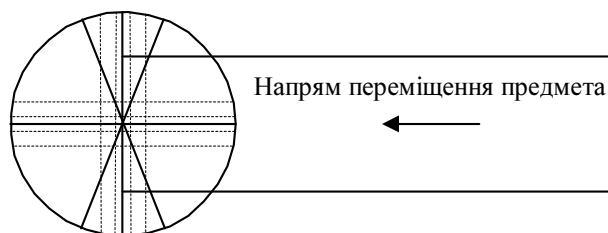


Рис. 1. Утворення похибки наведення лінії окуляра гоніометричної головки мікроскопа на контур вимірюваного предмета

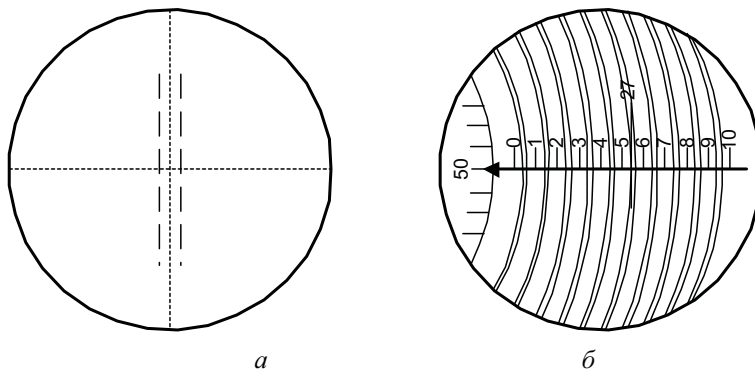


Рис. 2. а) симетричне розташування ліній окуляра між поділками бісектора;
б) введення відмітки міліметрової шкали між дугами спірального ноніуса.

Установлення чіткості контура досліджуваного предмета може ускладнюватися у разі, коли бічна поверхня предмета, щодо якої наставляється чіткість, не є перпендикулярною до основи або у разі тіл обертання, діаметр вимірювального предмета значний.

При правильному установленні вісь ліній контура збігатиметься з основними лініями окуляра. Похибка неточності установлення найчастіше виникає внаслідок вимірювального гістерезису. Це пов'язано з тим, що переміщення предмета відбуватиметься після ліквідації усіх зазорів обертально-поступального механізму мікроскопа. Отже, відлік за шкалою переміщення враховує як величину зазорів, так і переміщення. У зв'язку з цим коливне наведення ліній окуляра гоніометричної головки мікроскопа на контур вимірюваного предмета завжди є джерелом додаткової похибки.

У разі симетричного розташування ліній окуляра між лініями бісектора (див. рис. 2, а) також спостерігається вимірювальний гістерезис, який необхідно враховувати і у разі використання оптичних вимірювальних засобів зі спіральним ноніусом.

Похибки зчитування. Похибка зчитування показу засобу вимірювання – це різниця між його показом і зчитаним значенням величини. Розрізняють такі складові похибки зчитування: похибка інтерполяції, похибка збігу, похибка від паралакса.

Похибка інтерполяції. Прийнято, що зчитування результату повинно відбуватися з точністю $\pm 0,1$ ціни поділки шкали, за умови виконання вимірювання у лабораторних умовах (сприятливі умови і відповідно досвідчений персонал), і $\pm 0,5$ ціни поділки у виробничих умовах (несприятливі умови з ускладненим відліком.). Зчитування відбувається за допомогою

оптичної інтерполяції розміщення стрілки приладу щодо поділки шкали, тобто проміжок між двома сусідніми поділками оптично ділиться на десять частин і зчитується проміжок між стрілкою і першою поділкою шкали (рис. 3).

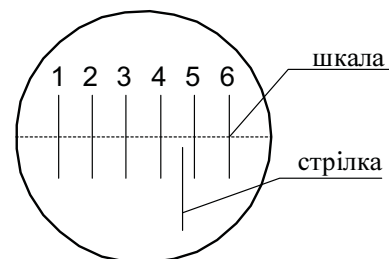


Рис. 3. Похибка інтерполяції

Похибка збігу. Виникає внаслідок неточності оцінки розміщення двох протилежних поділок (в загальному випадку двох сигналів). Ця похибка виникає найчастіше у вимірювальних пристроях з ноніусом (рис. 4). Найменший кут, з якого фіксується зміщення поділок, становить приблизно 16 секунд, що відповідає 0,02 мм. Отже, похибка збігу визначається, як $\pm 0,02a$, де a – ціна поділки шкали.

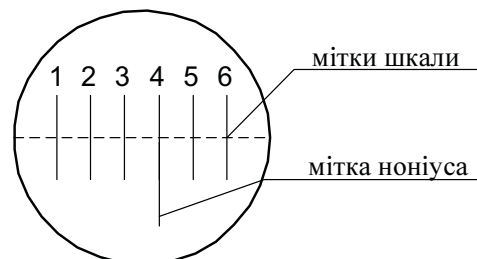


Рис. 4. Похибка збігу

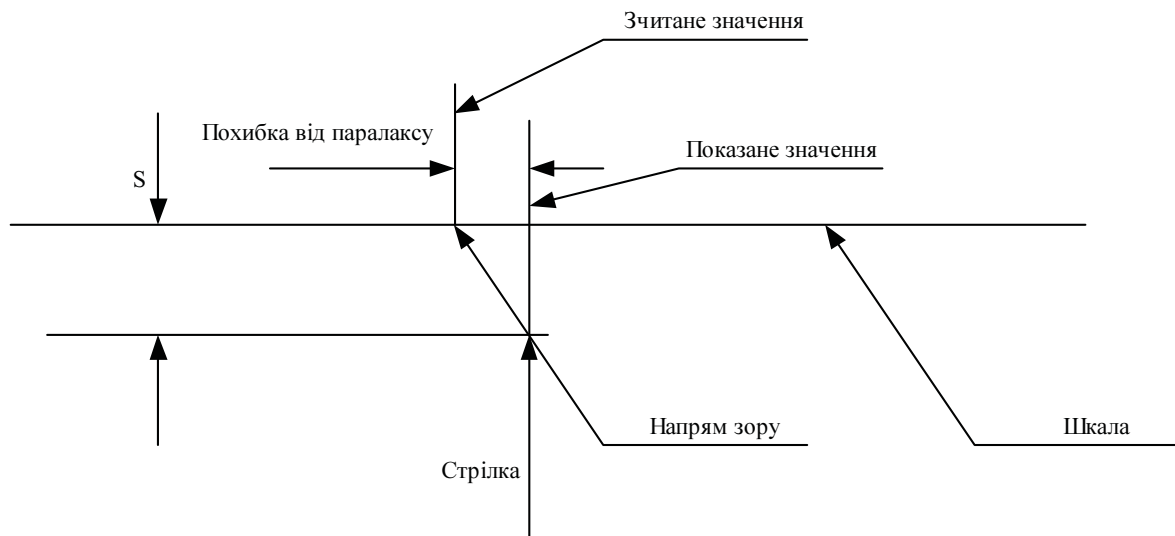


Рис. 5. Похибка від паралакса

Якщо товщина штрихів поділок є неоднаковою, необхідно намагатися досягти збігу їхніх осей.

Похибка від паралакса. Виникає тоді, коли між поділкою і вказівником найчастіше існує певний відступ. Якщо напрямок зору на шкалу неперпендикулярний, зчитувана величина не є правильною. Похибка від паралакса показана на рис. 5. Як видно з рисунка, чим більший відступ між вказівником та поділкою, тим більша різниця між перпендикулярністю та напрямом зору, тим більша похибка від паралакса. Уникнути її можна, пам'ятаючи про перпендикулярний зоровий відлік.

Похибки, що виникають від недотримання засад ергономіки. Похибки, що виникають внаслідок виконання вимірювання в умовах, що ускладнюють спостереження, зосередження, увагу, вільність рухів тощо, що спричинено недотриманням засад ергономіки, є особистісними похибками, які виникають не з вини виконавця вимірювань. Дотримання засад ергономіки у виробничих умовах не завжди є можливим. Рівень шумів, неналежне освітлення тощо можуть бути причиною додаткових похибок, і у такому разі необхідно з цим погодитися або змінити вимірювальну систему. Будь-який тиск на особу, яка виконує вимірювання, ні до чого не приведе. Лише відповідні умови праці забезпечуватимуть кращу якість вимірювань.

Похибки від психофізичного стану особи, що виконує вимірювання. Психофізичний стан працівника під час виконання вимірювання є дуже важливим

чинником, що впливає на результат вимірювання. Велику роль тут можуть відіграти біологічні ритми, які не залежать від людини. Дослідженням біологічних ритмів та їхнім впливом на функціонування живих організмів займається порівняно молода галузь науки – хронобіологія. Виявляється, що багато процесів, які відбуваються в живих організмах, відповідно і в людини, мають циклічний ритм від мілісекунди до року.

У деяких фазах циклів біоритмів можуть з'являтися стани напружень, які підсвідомо впливають на здатність до концентрації, розумову діяльність, рефлекс, координацію руху, спостережливість і, отже, на результат вимірювання.

З погляду часу тривалості біоритми можна поділити на [7]: ультрадіальні – (менше за 20 год); циркадіальні – цілодобові, які тривають від 20 до 28 годин; інфрадіальні – тривалість яких перевищує 28 годин.

Вплив ультрадіальних біоритмів на стан напружень, які можуть впливати на результат вимірювання, є важливим для фізіологічного обґрунтування процесу.

Найвідомішим є цілодобовий цикл. Його існування задокументоване дослідженнями, які свідчать про те, що:

- нормальна працездатність організму настає від 0,5 до 1 години після початку роботи;
- максимум працездатності припадає на 9 – 11 годину дня;
- спад працездатності триває до 14 години, а потім знову зростає і досягає максимуму о 16 – 18 год.;

— спад до глибокого мінімуму о 3 – 4 годині ночі.

Таку фізіологічну криву праці можна вважати “залізним законом природи”. З огляду на те, що кожна людина – це індивідуальність, бувають люди, які вночі працюють краще ніж вдень, але здебільшого такий закон діє.

З погляду інфрадіальних циклів розділяють: менструальний у жінок; тижневий; фізичний; психічний; інтелектуальний; річний.

Дотепер немає наукового медичного підтвердження цих теорій авторитетами, і переважає думка, що це наукові спекуляції, які не мають фізіологічного обґрунтування. Їх не можна категорично як приймати, так і відкидати, тому що вони не утворюються з нічого, і якщо є вибір, якому виконавцеві доручити відповідальне завдання, “про всяк випадок” можна врахувати його біоцикли.

Похибки, що виникають з психологічних причин особи, що виконує вимірювання. Розуміння особистості має вагомe значення для підвищення ефективності її діяльності. У дослідженні особистості перевагу віддають підходу, який ураховує як особистісні, так і ситуаційні чинники, які діють на неї. Особистість характеризується якісними та кількісними проявами психічних особливостей, які формують її індивідуальність – це поєднання психологічних особливостей людини, що надають їй своєрідності та відрізняють від інших людей. Індивідуальність проявляється у здібностях людини, у домінуючих потребах, інтересах, схильностях, у рисах характеру, у почутті власної гідності, у світогляді, системі знань, умінь, навичок, у рівні розвитку інтелектуальних, творчих процесів, в індивідуальному стилі діяльності та поведінки, у типі темпераменту, у характеристиках емоційної та вольової сфер тощо.

Психологією розроблено способи оцінки особистості, які дають змогу зрозуміти її характерні особливості та психологічний стан. Загальні шкали оцінок дають змогу отримати інформацію про характеристики особистості, оцінити особистісні якості людей, які займаються професійною діяльністю. Оцінка особистості залежно від специфіки та ситуації допомагає певніше прогнозувати її поведінку.

Мотивація є дуже важливим психологічним чинником, який впливає на якість праці. Вже давно було доведено, що головним мотиваційним чинником є страх перед звільненням з роботи чи фінансовим

покаранням, але під впливом цих чинників якість праці не зростає, а часом навіть зменшується, оскільки страх паралізує. Мотивація працівників технічного контролю повинна бути інакшою [8]. Не можна здійснювати на них жодного тиску для покращання результатів вимірювання, необхідно позбавити їх службової залежності від можливого тиску працівників інших відділів. Недопустимим є нормування праці служб контролю, наприклад, кількість перевірок на одиницю часу, тому що це призводить до надмірного поспіху і тим самим до похибок.

Наукові методи дослідження поведінки людини під час праці почали застосовуватись на початку ХХ ст. Тоді ж з'явилися перші рекомендації щодо мотивації працівника до покращання роботи.

Одним із таких методів був “Human relations” [9], який ґрунтується на принципі дружніх стосунків між керівництвом і працівниками на всіх рівнях службової ієрархії. З цієї метою організовувались ідальні, клуби, читальні, спортивні заходи, спільні відпочинки і екскурсії. Діяльність поширювалась також на житло і родину працівника. Основною метою було стимулювання працівників до пліднішої праці.

Інший метод “Latent abilities” запропонований І.Ф. Лінкольном [9], який ґрунтується на порівнянні працівника з членом спортивної команди, в якому домінує прагнення до перемоги, що він є найкращим, у досягненні найвищих індивідуальних результатів і у складі колективу. Від керівництва вимагається здатність до лідерства – невід'ємного компонента роботи команди.

Особливо відзначається метод “Zero Defects” [9], запропонований Ф. Кросбі, основою якого є лозунг “Quality is everybody's job” – якість є інтересом кожного. Теорія системи пропускає, що людина від природи не робить помилок, якщо цього не хоче. Свою роботу виконує добре, коли переконана, що керівництво її оцінить. Крім того, була прийнята умова не карати працівників за допущення помилок і нагороджувати за добре виконану роботу.

Цей метод використовує досвід методів “Human relations” і “Latent abilities”, а саме:

— добрі стосунки між працівниками і керівництвом;

— свідомість, активність і дієва участь у виконанні виробничої програми членам колективу;

— бажання вийти на перший план і досягти підвищення по службі.

Описані методи [10] стосувалися точного аналізу причин виникнення виробничого браку і підвищення ефективності виробництва та контролю, що, своєю чергою, сприяло значному підвищенню якості праці.

Висновки. Особистісні похибки вимірювання, безумовно, залежать від ступеня професійної підготовки особи, яка виконує вимірювання, а також від методу вимірювання і всього того, що стосується технічного забезпечення вимірювань. Для зменшення особистісних похибок необхідно врахувати фізіологічні, психологічні особливості працівників, мотиваційний підхід до справи та дотримання засад ергономіки.

Зауважимо, що рецептори людини сприймають лише обмежену частину явищ: ми майже не відчуваємо запахів; у нас звужений частотний спектр звуку; своєрідне сприйняття кольорів, яке теж змінюється з часом; людина не є й достатньо швидким спостерігачем. Усі можливі недоліки можна істотно зменшити використанням відповідних вимірювальних приладів, підсилювачів тощо. Вміння конструювати та виконувати такі прилади з одночасним пошуком компромісу між інформацією, отриманою за їхньою допомогою, та ступенем складності й вартістю характеризує якість підготовки спеціаліста-метролога і повинно входити до програми його навчання.

Є багато галузей, де достовірні та узгоджені вимірювання, що визнаються і можуть порівнюватися на міжнародному рівні, дуже важливі. Той факт, що національні системи випробувань не є досконалими, став поштовхом до створення системи національних метрологічних і акредитованих офіційних контрольних лабораторій, які повинні відповідати вимогам стандарту ISO/IEC 17025, зокрема вимогам щодо простежуваності та невизначеності вимірювань.

Якість вимірювань залежить від якості підготовки спеціаліста-метролога і повинна входити до програми його навчання. Це допоможе краще усвідомити соціальну, моральну, правову та економічну цілісність його фаху; дасть змогу визначити і розв'язати наукові

та дослідницькі завдання, що пов'язані з постійним поліпшенням якості.

1. ДСТУ ISO 9001-2001 Системи управління якістю. Вимоги. 2. Дружок В., Сидорко І., Байцар Р. Роль керівника і персоналу в забезпеченні якості діяльності лабораторії // Стандартизація, сертифікація, якість. Харків, 2005. – №2. – С. 47 – 49. 3. ISO/IEC 17025. (Second edition 2005-05-15) General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. – (Друга редакція 2005-05-15. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій). 4. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: у 2 томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; За ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2005. – Т.1. Основи метрології. – 532 с. 5. Метрологія та вимірювальна техніка / За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 538 с. 6. Домбек З.А., Байцар Р.І. Оцінювання результатів вимірювань у випадку малої кількості даних // Автоматика, вимірювання та керування. – Львів – 2003 – №475 – С. 118–123. 7. Chojecki H.: Wpływ organizacji zespołów ludzkich na jakość produkcji. Wyd.Związkowe CRZZ, Warszawa, 1968. 8. Домбек З., Кіндзер М., Байцар Р. Вплив людського фактора на процес вимірювання. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-технічної конференції “Якість–2006”, Харків. – 2006. Додаток до науково-технічного журналу “Стандартизація, сертифікація, якість”. – С. 42–48. 9. Terelak J.F.: Psychologia stresu. Oficyna Wydawnicza Branta. – Bydgoszcz, 2001. 10. Байцар Р., Сколоздра М., Ручкіна Х. Вплив суб'єктивного фактора на якість процесу вимірювання у випробувальних лабораторіях. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-технічного семінару “Якість: проблеми та рішення”, Харків. – 2006. Додаток до науково-технічного журналу “Стандартизація, сертифікація, якість”. – С. 19–22.