

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи №11
«Дослідження впливу умов вимірювання на величину похибки
результатів»
з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності»
для студентів освітніх програм «Технології та устаткування
зварювання», «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та
конструкцій» спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм
навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 11 «Дослідження впливу умов вимірювання на величину похибки результатів» з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності» для студентів освітніх програм «Технології та устаткування зварювання», «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та конструкцій» спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, Т.О. Акритова. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 14 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент
Т.О. Акритова, магістр, старш. лаб.

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ІТЗ та МК

Протокол № 01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол №6 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1	МЕТА РОБОТИ.....	4
2	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
2.1	Основні параметри засобів вимірювань.....	8
2.2	Умови виконання вимірювань.....	10
2.3	Способи забезпечення нормальних умов вимірювань.....	13
2.4	Виправлений результат вимірювань.....	16
3	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	17
4	МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ ОБЛАДНАННЯ	18
5	ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	18
6	ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ..	19
7	ЗМІСТ ЗВІТУ	20

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитися з вимогами щодо забезпечення нормальних умов виконання вимірювань, оцінити вплив температури зразка, який досліджується, на величину похибки вимірювання його лінійних розмірів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Жодна область техніки не може існувати без контролю за ходом технологічних процесів, без оцінки експлуатаційних показників, технічного рівня та якості виробів і продукції. Якість вимірювань в процесі виготовлення і збирання деталей багато в чому визначає взаємозамінність, надійність, довговічність і безшумність роботи машин. У машинобудуванні найбільш часто здійснюють вимірювання лінійних і кутових розмірів деталей, шорсткості і хвилястості їх поверхонь, відхилень розташування і форми останніх. Ці види вимірювань в загальному вигляді прийнято називати лінійними і кутовими.

Вимірювання фізичних величин за допомогою спеціальних методів і засобів називають технічними вимірами. Головними вимогами, які пред'являються до якості технічних вимірювань, є їх єдність і точність. Єдність вимірювань – це такий стан вимірювань, за яким їх результати виражені в узаконених одиницях і похибки відомі. Це дозволяє зіставити результати вимірювань, виконаних різними приладами в різних місцях і в різний час. Однаковість засобів вимірювань і єдність вимірювань дозволяють забезпечити взаємозамінність деталей, виготовлених за одним кресленням в різних умовах. Засоби вимірювання вважаються однаковими, коли вони проградуйовані в узаконених одиницях і їх метрологічні показники відповідають нормам.

Виміром називається знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимірювання будь-якої величини полягає в порівнянні її з

однорідною, прийнятою за одиницю цієї величини. Наприклад, виміряти довжину деталі – значить порівняти її з іншою довжиною, прийнятою за одиницю, тобто з метром. В результаті вимірювання величини ми отримуємо її числове значення, виражене в прийнятих одиницях. Одиницям фізичних величин присвоюється числове значення, рівне 1. Всі одиниці фізичних величин мають назви і скорочені умовні позначення. Наприклад, довжина – метр (м), сила – Ньютон (Н), маса – кілограм (кг), час – секунда (с). Кількісна оцінка фізичної величини за допомогою прийнятих для неї одиниць називається значенням фізичної величини.

Одиниці більшості фізичних величин можуть бути виражені співвідношенням незалежних один від одного основних одиниць, обумовленим законами природи і фізичними формулами. Наприклад, одиниця площі – 1 м^2 , швидкості – 1 м/с , тиску – 1 Н/м^2 (1 Па) та ін.

Для вираження великих і малих значень фізичних величин використовують кратні одиниці, які в 10, 100, 1000 і т.п. раз більше, і частинні одиниці, які складають 0,1; 0,01; 0,001 і т.п. прийнятих одиниць величин. Кратні і частинні одиниці позначають приєднанням до найменування одиниці вихідної величини відповідних приставок: мікро (мк) – 10^{-6} ; мілі (м) – 10^{-3} ; санти (с) – 10^{-2} ; деци (д) – 10^{-1} , дека (да) – 10^1 ; гекто (г) – 10^2 ; кіло (к) – 10^3 ; мега (М) – 10^6 .

У машинобудуванні при вимірюванні лінійних і кутових розмірів використовують частинні одиниці довжини і кутів: міліметр ($1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$), мікромметр ($1 \text{ мкм} = 0,000001 \text{ м} = 0,001 \text{ мм}$); градус ($1^\circ = \pi/180 \text{ рад}$), хвилина ($1' = 1^\circ/60$) секунда ($1'' = 1^\circ/3600$).

Існує поняття «справжнє значення» – це значення, яке не включає в себе помилок вимірювання. На жаль, справжнє значення фізичної величини ми і сьогодні, маючи найдосконаліші прилади, визначити не можемо, так як будь-який прилад, інструмент, найсучасніша вимірювальна система обов'язково мають власні похибки. Наприклад, кажучи, що висота столу дорівнює 0,8 м, ми вважаємо, що це справжнє значення, тоді як вимір різними приладами покаже нам, що вона дорівнює 0,83 м; 0,836 м; ...; 0,836534 м і т.п. Можна було б і далі збільшувати точність вимірювання, але все одно істинного значення висоти столу ми так би і не дізналися, так як кожен результат вимірювання включав би похибку самого приладу, нехай навіть і мізерно малу. Зазвичай при всіх вимірах заздалегідь

встановлюють допустиму похибку, а виміряні при цьому значення величини називають дійсним.

Вимірювання можуть бути прямими і непрямими. Прямим називають вимір, при якому шукане значення величини знаходять безпосередньо з дослідних даних (наприклад, вимірювання довжини за допомогою лінійних заходів, штангенциркуля або мікрометра). При непрямому вимірі шукане значення величини визначають на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірам (наприклад, визначення кута конуса за діаметрами конуса в двох нормальних перетинах і відстані між ними, визначення значення кута за допомогою синусної лінійки та ін.). У ряді випадків точність непрямих вимірювань перевищує точність прямих.

У кожному конкретному випадку для підвищення точності вимірювань застосовують відповідний метод, під яким розуміють сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань. Розрізняють два методи – безпосередньої оцінки і порівняння з мірою. При вимірюванні методом безпосередньої оцінки значення вимірюваної величини визначають безпосередньо по відліковому пристрою вимірювального приладу прямої дії (наприклад, при вимірюванні діаметру валу штангенциркулем). Застосовуючи цей метод, необхідно пам'ятати, що похибка градування шкали, знос вимірювального механізму, вимір температури будуть впливати на точність вимірювань. Метод порівняння з мірою залежить від порівняння вимірюваної величини з величиною, яка відтворюється мірою (часто цей метод називають відносним).

В результаті вимірювання визначають кількісну характеристику якості продукції. Придатність – відповідність кількісних характеристик властивостей продукції встановленим вимогам – визначають в процесі контролю. Стосовно до продукції машинобудування контроль можна розглядати як процес визначення відповідності деталей технічним вимогам і заданому допуску. За результат контролю приймають якісну оцінку деталі – «придатна» або «брак» (виправний і не виправний).

У процесі контролю деталей використовують поелементний і комплексний методи. Поелементний метод полягає у вимірюванні кожного параметра деталі окремо (наприклад, контроль відповідальних різьб за допомогою мікроскопа включає поелементний контроль середнього діаметра, кроку і кута профілю різьби) і дозволяє

визначити причину браку. Використовуючи комплексний метод, можна оцінити сумарний показник якості, на який впливають окремі параметри (наприклад, той же контроль різьби, але різьбовими калібрами). У порівнянні з поелементним цей метод має більшу продуктивність.

Залежно від взаємодії засобів вимірювань з контрольованою деталлю всі методи вимірювань поділяються на контактні і безконтактні: в першому випадку вимірювальні елементи приладу мають механічний контакт з об'єктом вимірювання, а в другому прилад не стосується його.

Використовувані при вимірах технічні засоби, що мають нормовані метрологічні властивості і призначені для знаходження дослідним шляхом з оціненою точністю значення, заздалегідь обраної вимірюваної фізичної величини, називають засобами вимірювань. Їх поділяють на міри: вимірювальний інструмент, вимірювальні прилади.

Міра – це засіб вимірювань, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру. Однозначна міра відтворює фізичну величину одного розміру (наприклад, плоскопаралельна кінцева міра довжини). Багатозначна міра може відтворювати ряд однойменних величин різного розміру (наприклад, лінійка з міліметровими розподілами). У практичній діяльності частіше використовують набори мір, що дозволяють відтворювати ряд однойменних величин різного розміру (наприклад, набори плоско паралельних кінцевих мір довжини, набір кутових мір та ін.). Залежно від призначення і точності розрізняють зразкові і робочі міри: перші служать для перевірки або градуювання мір і вимірювальних приладів, другі – для виконання практичних вимірювань.

Вимірювальний інструмент (наприклад, штангенінструмент, мікрометричний інструмент та ін.) і вимірювальні прилади є засобами вимірювань, призначеними для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Залежно від форми подачі вимірювальної інформації вимірювальні прилади поділяють на аналогові, цифрові, ті які показують, або реєструють, самописні, ті що інтегрують і ін. За ступенем універсальності розрізняють прилади універсальні, призначені для вимірювання однойменних величин різних деталей (наприклад, лінійних розмірів будь-яких деталей), і спеціалізовані –

для вимірювання однотипних деталей або однотипних параметрів (шорсткості, відхилення форми поверхні та ін.). За конструкцією прилади для лінійних вимірювань поділяють на штрихові (прилади з ноніусом), з мікрометричними гвинтовими парами (мікрометричні інструменти), важільні, зубчасті (індикатори годинникового типу), важільно-зубчасті (індикатори), пружинні (мікатори і мікрокатори), важільно-пружинні (мінікатори), оптико-механічні (оптіметри, оптікатори, вимірювальні мікроскопи та ін.), пневматичні (ротаметри), електроконтактні, індуктивні, індукційні та ін.

2.1 Основні параметри засобів вимірювань

Вимірювальні прилади складаються з вимірювального перетворювача – датчика, вимірювального механізму і відлікового пристрою, що дозволяє визначити значення вимірюваної величини. Відліковий пристрій може мати шкалу і показник, виконаний у вигляді стрілки, світлового променя та ін. Шкала відлікового пристрою являє собою сукупність відміток і проставлених у деяких з них чисел відліку або інших символів, відповідних ряду послідовних значень вимірюваної величини. В даний час в приладах широко використовують цифрові відлікові пристрої.

Кожний вимірювальний засіб характеризується стандартизованими показниками, що визначають його метрологічні можливості, тому їх часто називають метрологічними показниками. Розглянемо основні з них.

Розподіл шкали – проміжок між сусідніми відмітками на шкалі. Довжина поділки шкали – відстань між осями (центрами) двох сусідніх відміток шкали, виміряний вздовж уявної лінії, що проходить через середину найкоротших відміток шкали. Ціна поділки шкали – різниця (без урахування знаку) між значеннями величини, відповідними відмітками шкали, що обмежує розподіл. Початкове і кінцеве значення шкали – найменше та найбільше значення вимірюваної величини, зазначеної на шкалі. Діапазон показань засобу вимірювань – область значень шкали, яка обмежена початковим і кінцевим значеннями останньої. Діапазон вимірювань – область

значень вимірюваної величини, для якої нормовані допустимі похибки засобу вимірювань. Наприклад, ціна ділення шкали гладкого мікрометра складає 0,01 мм; початкове значення шкали дорівнює 0, кінцеве – 25 мм; діапазон показань дорівнює 25 мм, а діапазони вимірювань у різних виконаннях можуть становити 0 ... 25 мм; 25 ... 50 мм; 275 ... 300 мм.

Чутливість вимірювального приладу – відношення зміни сигналу на виході приладу, що викликає його до зміни вимірюваної величини. Для шкальних приладів ця характеристика чисельно дорівнює передавальному відношенню. Наприклад, якщо при зміні розміру на 0,1 мм стрілка пристрою переміститься на 10 мм, це свідчить про те, що прилад має чутливість, рівну 100. Чутливість (передавальне відношення) можна визначити як приватну при розділенні довжини поділу на ціну поділки шкали. Вимірювальне зусилля – сила, створювана приладом в процесі вимірювання і діюча на вимірюваний об'єкт по лінії вимірювання.

До складу метрологічних показників засобів вимірювальної техніки обов'язково входять відомості про похибки. Абсолютна похибка міри – різниця між номінальним і дійсним значеннями величини, яка відтворюється мірою. Абсолютна похибка вимірювального приладу – різниця між показаннями приладу і істинним значенням вимірюваної величини (так як істинне значення величини невідомо, замість нього користуються дійсним значенням). Відносна похибка вимірювального приладу – відношення абсолютної похибки приладу до істинного (дійсного) значення вимірюваної величини. Наведена похибка вимірювального приладу – відношення абсолютної похибки приладу до значення верхньої межі вимірювань (діапазону вимірювань, діапазону показань). Основна похибка це похибка засобів вимірювань, отримана при нормальних умовах, тобто при температурі +20° С, атмосферному тиску 760 мм рт. ст., відносної вологості 58 %.

Для засобів вимірювань встановлюють клас точності. Здійснюють це відповідно до меж основних і додаткових похибок, які допускаються стандартами; також іншими властивостями засобів вимірювань, які впливають на точність вимірювань. Клас точності можна розглядати як характеристику якості засобу вимірювань, проте він не є показником точності виконаних вимірювань, оскільки при

визначенні похибки вимірювання необхідно враховувати її складові – елементарні похибки, що виникають по ряду причин.

2.2 Умови виконання вимірювань

Кінцевою метою будь-якого вимірювання є його результат – значення фізичної величини (ФВ), отримане шляхом її вимірювання. Спільно з результатом вимірювань при необхідності наводять дані про умови вимірювань.

В процесі вимірювання важливу роль відіграють умови вимірювання. Це сукупність величин, які описують стан навколишнього середовища та засоби вимірювань (ЗВ), та впливають на результат вимірювання. Величина, що впливає – це фізична величина, яка не вимірюється даним ЗВ, але чинить вплив на його результати. Це температура і вологість навколишнього середовища, тиск і щільність, прискорення вільного падіння та т.і.

Зміна умов вимірювання призводить до зміни стану об'єкта вимірювання. Вплив умов вимірювання на ЗВ проявляється в зміні його метрологічних характеристик.

Та частина похибки вимірювання, яка виникає через зміни умов, називається додатковою похибкою.

Питанням нормування умов проведення вимірювань та контролю приділяється серйозна увага. Зовнішні фактори, які впливають на результат діляться на наступні класи:

- кліматичні (температура, атмосферний тиск, відносний тиск, відносна вологість навколишнього середовища, вітер, туман, пил, сонячне випромінювання);

- електромагнітні (коливання напруги, частота змінного електричного струму в мережі, постійні і змінні магнітні поля, електромагнітна сумісність та ін.);

- іонізуючі випромінювання природного і штучного походження, в яких виконуються вимірювання;

- механічні (коливання, удари, лінійні прискорення, механічний тиск, сила та т.і.);

- термічні (тепловий удар, аеродинамічний нагрів та т.і.);

- спеціальні середовища (кислотно-лужні середовища, отруйні речовини, палива та т.і.).

Відповідно до встановлених для конкретних ситуацій діапазонами значень величин, які впливають на результат, розрізняють нормальні, робочі та граничні умови вимірювань.

Нормальні умови вимірювань – це умови вимірювання, які характеризуються сукупністю значень або областей значень, при яких зміною результату вимірів нехтують внаслідок їх малості.

Нормальні умови вимірювань встановлюються в нормативних документах на засоби вимірювань конкретного типу або по їх перевірці (калібруванню).

Однак при виконанні вимірювань буває важко і навіть неможливо підтримувати встановлені номінальні значення величин, які впливають, тому для кожної з них визначають межі можливих змін. Ці межі називають нормальною областю значень величин, які впливають на результат.

Нормальна область значень величин, які впливають на результат – це область значень, в межах якої зміною результату вимірів під впливом величини, що впливає, можна знехтувати відповідно до встановлених норм точності.

Приклади.

1. Нормальна область значень температури при перевірці нормальних елементів класу точності 0,005 в термостаті не повинна змінюватися більш ніж на $0,05^{\circ}\text{C}$ від встановленої температури 20°C , тобто бути в діапазоні від $19,95^{\circ}\text{C}$ до $20,05^{\circ}\text{C}$.

2. Нормальна область значень величин температури при лінійних вимірах в залежності від рівня точності і діапазону розмірів не повинна змінюватися більш ніж:

а) на $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ від встановленої температури $+20^{\circ}\text{C}$ для точних квалітетів;

б) на $\pm 4^{\circ}\text{C}$ від встановленої температури $+20^{\circ}\text{C}$ для грубих квалітетів;

в) для кутових вимірювань ця величина не повинна перевищувати $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$.

Таким чином, нормальна область значень величини, яка впливає, в даному випадку температури, повинна знаходитися в наступних діапазонах: $19,9^{\circ}\text{C} \dots 20,1^{\circ}\text{C}$; $16^{\circ}\text{C} \dots 24^{\circ}\text{C}$ і $16,5^{\circ}\text{C} \dots$

23,5° С, відповідно. Аналогічно встановлюються нормальні області значень інших величин, що впливають.

Нормальне значення величини, що впливає – це значення встановлене в якості номінального.

Приклад. При вимірюванні багатьох величин нормується нормальне значення температури 10° С або 283 К, а в інших випадках нормується 296 К (23° С). На нормальне значення, до якого приводяться результати багатьох вимірів, виконаних в різних умовах, зазвичай розрахована основна похибка засобів вимірювань.

Нормальні умови вимірювань задаються в нормативно-технічній документації на ЗВ. У таблиці 2.1 наведені номінальні значення ряду ФВ величин, які впливають при нормальних умовах.

Робочі умови вимірювань – це умови вимірювань, при яких значення величин які впливають знаходяться в межах робочих областей.

Наприклад: для вимірювального конденсатора нормують додаткову похибку на відхилення температури навколишнього повітря від нормальної; для амперметра нормують зміну показань, викликану відхиленням частоти змінного струму від 50 Гц (50 Гц в даному випадку приймають за нормальне значення частоти).

Таблиця 2.1 – Номінальні значення впливових фізичних величин при нормальних умовах

Величини, які впливають на результат вимірів	Значення
Температура навколишнього середовища для всіх видів вимірювань	20° С (293° К)
Тиск навколишнього повітря для лінійних, кутових вимірювань, вимірювання маси, сили світла і вимірювань в інших областях	101,3 кПа (760 мм рт. ст.)
Відносна вологість повітря для лінійних, кутових вимірювань, вимірювань маси, вимірювань в спектроскопії	58%
Щільність повітря	1,2 кг/м ³
Прискорення вільного падіння	9,8 м/с ²
Частота живильної мережі змінного струму, Гц	50±1%
Середньоквадратичне значення напруги мережі живлення змінного струму, В	220±10%
Відносна швидкість руху зовнішнього середовища, м/с	0

Робоча область значень величини, яка впливає – це область значень величини, в межах якої нормують додаткову похибку або зміну показів засобу вимірювань.

Граничні умови вимірювань – це умови вимірювань, що характеризуються екстремальними значеннями величин, які вимірюються в межах яких засіб вимірювань може витримати робочий стан без руйнувань і погіршення його метрологічних характеристик.

При підготовці до вимірювань необхідно визначити робочий простір. Це є частина простору, що оточує засіб вимірювань і об'єкт вимірювань, в якому нормальна область значень величин, які впливають на результат, знаходиться у встановлених межах. Тобто дією величин, які впливають всередині робочого простору, можна знехтувати якщо не встановлено інші, нормальні умови вимірювань у всьому приміщенні.

2.3 Способи забезпечення нормальних умов вимірювань

Для забезпечення нормальних умов вимірювань встановлюється час спільної витримки об'єктів вимірювання (контролю) та засобів вимірювання в умовах, що відповідають вимогам, до початку вимірювань протягом 2 год ... 36 год залежно від маси об'єкта вимірювання і необхідної точності вимірювання. Витримка відбувається в однакових умовах (наприклад, на чавунній плиті) з тією метою, щоб температура деталі і вимірювального засобу в момент контролю була однаковою.

У машинобудуванні при точних вимірах для забезпечення нормальних умов застосовуються спеціальні засоби захисту від впливу величин, що впливають. Так, вплив температури виключають шляхом термостатування – забезпечення певної температури в робочому просторі. Термостатувати можна засоби вимірювань, виробничі приміщення (цехи, лабораторії), камери.

З метою усунення вібрацій і струсів застосовують амортизатори – еластичні підвіси (струни, пружини і т.і.), губчасту гуму і т.д.

Засобом захисту від впливу магнітного поля Землі служать екрани з магнітом'яких матеріалів.

Для зменшення впливу на результат вимірювання атмосферного тиску застосовують барокамери.

Температурний режим – це умовна, виражена в градусах Цельсія, різниця температур об'єкта вимірювання та вимірювального засобу, яка при певних «ідеальних» умовах може викликати ту ж похибку вимірювання, як і весь комплекс реально існуючих причин. Ці умови зводяться до того, що прилад і деталь мають постійну за обсягом температуру, а коефіцієнт лінійного розширення матеріалів, з яких вони виготовлені, дорівнює $11,6 \text{ мм}/^\circ\text{C}$.

Якщо зазначені ідеальні умови дотримані, то температурний режим в n градусів означає, що допускається така ж різниця температур вимірювального засобу та об'єкта вимірювання і відповідна різниця їх деформацій по лінії вимірювання. Якщо умови не дотримані, то різниця температур повинна бути менше на таку величину, яка компенсувала б додаткове джерело похибки.

Таким чином, температурний режим не повинен розумітися як допустиме відхилення температури середовища від 20°C або коливання її в процесі вимірювання.

Оцінку граничного значення температурного режиму можна зробити за формулою:

$$v_t = \sqrt{\left(\Delta t_1 \cdot \frac{(\alpha_{зв} - \alpha_{д})_{max}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 + \left(\Delta t_2 \cdot \frac{\alpha_{max}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2}, \quad (1)$$

де Δt_1 – відхилення температури середовища від 20°C ;

Δt_2 – короточасні коливання температури середовища в процесі вимірювання, $^\circ\text{C}$;

$(\alpha_{зв} - \alpha_{д})_{max}$ – максимально можлива різниця значень коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів засобу вимірювання і деталі, $\text{мм}/^\circ\text{C}$;

α_{max} – максимальне значення коефіцієнта лінійного розширення матеріалу засобу вимірювання або вимірюваної деталі, $\text{мм}/^\circ\text{C}$.

При користуванні вимірювальними засобами невеликих розмірів (наприклад, мікрометрами або важільними скобами, закріпленими в стойці) в якості короточасних можна розглядати коливання протягом 15 хв – 30 хв; приладами середніх габаритів

(наприклад, вертикальним або горизонтальним оптиметром) – протягом 1 год; великими приладами (наприклад, вимірювальними машинами) – протягом 6 год.

Приклади розрахунку температурного режиму.

1. Вал з антифрикційного алюмінієвого сплаву ХА 750 має розмір 60пб. Вимірювання валу даного розміру повинно проводитися, серед інших рекомендованих засобів вимірювань, індикаторною скобою, закріпленою в стойці, при температурному режимі 5 °С. Налаштування індикаторної скоби на нуль проводиться по кінцевих мірах довжини. Вимірювання передбачається проводити в приміщенні, де підтримується температура $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ короткочасними коливаннями $0,5^\circ \text{C}$, які допускаються протягом 30 хв, тобто $\Delta t_1 = 2^\circ \text{C}$ (температура при вимірі може дорівнювати 22°C), $\Delta t_2 = 0,5^\circ \text{C}$. Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі $\alpha_{\text{д}} = (23,8 \cdot 10^{-6})\text{мм}/^\circ \text{C}$. Так як марка сталі, з якої зроблені кінцеві міри довжини, невідома, то для $\alpha_{\text{ЗВ}}$ необхідно взяти повний діапазон коефіцієнтів лінійного розширення сталі: $\alpha_{\text{ЗВ}} = (9,4 \div 14,5) \times 10^{-6}\text{мм}/^\circ \text{C}$. Тоді $(\alpha_{\text{ЗВ}} - \alpha_{\text{д}})_{\text{max}} = (9,4 - 23,8) \times 10^{-6}\text{мм}/^\circ \text{C} = 14,4 \times 10^{-6}\text{мм}/^\circ \text{C}$ і $\alpha_{\text{max}} = 23,8 \times 10^{-6}\text{мм}/^\circ \text{C}$.

Підставивши знайдені значення в формулу (1), отримаємо:

$$v_t = \sqrt{\left(2 \cdot \frac{14,4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 + \left(0,5 \cdot \frac{23,8 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 2,7^\circ \text{C}.$$

Температурні умови вимірювання можуть вважатися задовільними, тому що значення температурного режиму вийшло менше рекомендованого (5°C).

2. Вал, згадуваний в попередньому прикладі, вимірюється при температурі $(30 \pm 3)^\circ \text{C}$. Температурний режим повинен бути обмежений, так само як в попередньому прикладі, в межах 5°C . Таким чином, $\Delta t_1 = 13^\circ \text{C}$ (температура при вимірі може дорівнювати 33°C). Підставивши знайдені значення в формулу (1), отримаємо:

$$v_t = \sqrt{\left(13 \cdot \frac{14,4 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 + \left(0,5 \cdot \frac{23,8 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 16^\circ \text{C}.$$

Тобто температурні умови незадовільні. Для забезпечення задовільного температурного режиму необхідно зробити коригувальні заходи (наприклад, налаштування індикаторної скоби виконувати по установчій мірі, виготовленій з того ж матеріалу, як і вал; міру і вал перед виміром витримати спільно на плиті протягом часу, достатнього для вирівнювання температур в межах 0, 5° С). При цьому, $(\alpha_{ЗВ}-\alpha_{Д})_{\max} = 1 \times 10^{-6} \text{ мм/}^\circ \text{ С}$.

Завдяки вжитим заходам, значення температурного режиму виявиться рівним:

$$v_t = \sqrt{\left(13 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 + \left(0,5 \cdot \frac{23,8 \cdot 10^{-6}}{11,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 1,5^\circ \text{ С}.$$

Таким чином, значення температурного режиму, завдяки вжитим заходам, виявляється навіть меншим, ніж в попередньому прикладі, хоча температура приміщення, в якому проводилися вимірювання, набагато відрізнялася від нормальної температури.

2.4 Виправлений результат вимірювань

Всі числові значення розмірів, допусків, відхилень, нанесені на кресленнях деталей, зазначені в таблицях стандартів, справедливі для деталей, розміри яких визначені при нормальній температурі. Межа похибки вимірювання, що гарантується виробником для конкретного засобу вимірювання (ЗВ) називається гарантованою похибкою. Збереження метрологічних характеристик ЗВ гарантується тільки для нормальних умов вимірювань.

Однак, реальне проведення вимірювань в нормальних умовах мало ймовірно.

Тому, якщо не вдасться створити нормальні умови, вдаються до виправлення результату вимірювань.

Виправленим результатом вимірювань називається отримане за допомогою ЗВ значення величини і уточнене шляхом введення в нього необхідних поправок на дію передбачуваних систематичних

похибок (наприклад, при відхиленні температури приміщення від нормальної).

Похибка вимірювання ΔL , викликана порушенням температурного режиму при вимірюванні визначається (приблизно) за формулою:

$$\Delta L = L[\alpha_d(T_d - 20^\circ\text{C}) - \alpha_{зв}(T_{зв} - 20^\circ\text{C})], \quad (2)$$

де L – вимірюваний розмір деталі, мм;

α_d – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу вимірюваної деталі, $\text{мм}/^\circ\text{C}$;

$\alpha_{зв}$ – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ЗВ, $\text{мм}/^\circ\text{C}$;

T_d – температура деталі, $^\circ\text{C}$;

$T_{зв}$ – температура ЗВ, $^\circ\text{C}$;

20°C – нормальна температура.

Результат вимірювання, приведений до нормальної температури $+ 20^\circ\text{C}$, визначається за формулою:

$$L_{20^\circ} = L[1 + \alpha_d(T_d - 20^\circ\text{C}) - \alpha_{зв}(T_{зв} - 20^\circ\text{C})]. \quad (3)$$

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Поясніть різницю між прямими і непрямими вимірами.
2. Розкажіть, що таке чутливість приладів і межі вимірювань.
3. Як Ви розумієте, що таке ціна поділок шкали та як її визначити?
4. Поясніть зміст і значення абсолютної і відносної похибки.
5. Поясніть, що таке систематичні похибки.
6. Розкажіть, як оцінюються похибки приладів
7. Що називають випадковими помилками? Як їх можна зменшити?

8. Поясніть поняття середнє значення вимірюваної величини і середня квадратична похибка окремого вимірювання.

9. Розкажіть, як знаходиться повна похибка вимірювання?

10. Вкажіть класи зовнішніх факторів.

11. Вкажіть наслідки змін умови вимірювань.

12. Дайте визначення поняттям: умови вимірювання; додаткова похибка; основна похибка; нормальні умови вимірювань; нормальна область значень величини, яка впливає; робочі умови вимірювань; робоча область значень величини, яка впливає; граничні умови вимірювань; виправлений результат вимірювань; гарантована похибка.

13. Поясніть поняття температурного режиму.

14. Вкажіть способи забезпечення нормальних умов вимірювань.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ ОБЛАДНАННЯ

1. Поліровані зразки із інструментальної сталі та міді.
2. Холодильник.
3. Лабораторна піч.
4. Вертикальний оптиметр.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Використовувані при виконанні роботи полірувальний верстат і прилад підключаються до мережі змінного струму напругою 380 В і 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском, що обертається на верстаті.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки.

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу з техніки безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних

методичних вказівок.

2. Включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта.

3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.

4. Переконатися в надійності заземлення електродвигуна верстата, електроізоляції кабелю і проводів.

5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті в спецодязі із застібнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. При кімнатній температурі встановити зразки із сталі та міді послідовно до упору в кутник оптиметра.

2. Записати положення рухомого показника оптиметра відносно його шкали для кожного зразка.

3. Розмістити зразки в морозильній камері холодильника, в якій знаходиться рідинний термометр. Записати показання температури.

4. Після витримки зразків в камері на протязі 20–30 хв, установити їх по черзі на столик оптиметра і записати положення рухомого показника оптиметра відносно його шкали.

5. Нагріти зразки в лабораторній печі до 40° С.

6. По черзі встановити зразки на столик оптиметра і записати положення рухомого показника відносно його шкали.

7. Знайти різницю у значеннях виміру розмірів зразків при різних температурах вимірювань, результати занести в таблицю.

8. Скласти звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Методика проведення вимірів відносних розмірів зразків.
3. Умови вимірювання (температурний режим).
4. Привести значення температурних коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів вимірюваної деталі.
5. Привести таблицю результатів вимірювань.
6. Дати пояснення отриманих результатів і зробити висновки про вплив порушення температурного режиму на похибку і результат вимірювання.