



Борис Крамаренко,

кандидат технічних наук, директор «МІКРОТЕХ»

№ 05 / 2022, жовтень / Вимірювання та випробування

Мікрометри: інноваційні можливості сучасних приладів

Приймаючи традиційне суб'єктивно-емоційне рішення, можна не врахувати усіх важливих критеріїв оптимізації, тому варто застосувати комплексно-кількісний підхід, який гарантує об'єктивний вибір мікрометра під конкретні вимоги

Для подальшого розвитку та відновлення промисловості України дуже актуальним та своєчасним питанням є оснащення підприємств сучасними засобами геометричних вимірювань.

Мікрометри належать до найбільш поширених прецизійних вимірювачів завдяки доступності, простоті та надійності.

Перший мікрометр винайшов француз Палмер (Palmer) у 1848 році, при цьому він мав тільки 5 компонентів (мікрогвинт, стебло-гайку, п'ятку, скобу та барабан) з обов'язкових для мікрометрів 7 складових частин (були відсутні механізм тарованого зусилля та стопор мікрогвинта).

Мікрометр Палмера мав похибку – 50 мкм (сучасні штангенциркулі мають у 1,7–2,5 раза меншу похибку), що було зумовлено великим кроком різьби, відсутністю тріскачки та стопору.

У 1877 році корпорація «Brown&Sharpe» почала серійне виробництво мікрометрів з похибкою 25 мкм та подальше їхнє удосконалення:

- 1887 року почали використовувати переставну п'ятку;
- 1895 року почали встановлювати на мікрометри тріскачку та стопор мікрогвинта.

Завдяки наявності у мікрометрах тріскачок або фрикціонів зазвичай забезпечується стандартизоване тароване зусилля вимірювань (6–9 Н за чинним міжнародним стандартом DIN 863-1:2019), що зменшує негативний вплив людського чинника.

Використання прецизійних пар «мікрогвинт – мікрогайка», з одного боку, забезпечило мікронні похибки вимірювань, а з іншого боку – обмежило діапазони вимірювань мікрометричної голівки (у межах: 0–25 мм; 0–30 мм; 0–50 мм).

Обмежений крок (25 мм; 30 мм; 50 мм) вимірювань мікрометричного інструменту потребує багатьох типорозмірів мікрометрів. Так, в умовах реального виробництва для вимірювань деталей у діапазоні розмірів 0–200 мм необхідно мати 8 мікрометрів з кроком вимірювання – 25 мм.

Для мікрометрів з діапазонами понад 300 мм використовують комплекти змінних п'яток та комплекти установчих мір (під кожну змінну п'ятку), проте це суттєво погіршує їхні метрологічні показники, значно збільшує собівартість та ускладнює використання.

Для різьбових та універсальних мікрометрів застосовують змінні пари наконечників відповідних профілів, при цьому використовують неповоротні мікрометричні голівки, які дають змогу забезпечити надійну осьову орієнтацію профільного змінного наконечника на вимірювальному стрижні у порівнянні з профільним вимірювальним наконечником на п'ятці.

В Україні до недавнього часу діяв стандарт **ДСТУ ГОСТ 6507:2009**, де були визначені метрологічні (діапазони вимірювань – до 600 мм, дискретність відліку – 10 мкм та 1 мкм, похибки вимірювань для класів 1 та 2) та конструктивні вимоги до мікрометрів (типи: МК, МТ, МЗ, МЛ, МГ, МП) за умови регламентованих вимірювальних зусиль.

Також у ДСТУ ГОСТ 6507:2009 були закріплені додаткові вимоги (паралельність, площинність вимірювальних поверхонь), які сьогодні відсутні у чинних сучасних міжнародних стандартах, оскільки додаткові обмеження суттєво збільшують трудомісткість та собівартість виготовлення мікрометрів, при цьому вони є другорядними стосовно загальної похибки мікрометрів.

Зазначений стандарт вперше був впроваджений 69 років тому (ГОСТ 6507:1953), нині в Україні вже не діє. Крім того, ДСТУ ГОСТ 6507:2009 суттєво відрізняється за формою та змістом від міжнародного стандарту DIN 863-1:2017.

За кордоном найбільш відомим та загально поширеним для провідних виробників геометричних ЗВТ є німецький стандарт для мікрометрів **DIN 863-1:2017**, який регламентує похибки вимірювань мікрометрів у діапазонах до 500 мм за наявних зусиль вимірювань 5–10 Н.

Німецький стандарт DIN 863-1:2017 досі в Україні ще не впроваджений.

При цьому у DIN 863-1:2017:

- не визначено типи мікрометрів за їхнім призначенням;
- немає поділу на дискретності 10 мкм та 1 мкм;
- немає поділу на класи;
- не регламентовано вимоги стосовно паралельності та площинності вимірювальних поверхонь (див. таблицю 1).

Діапазони вимірювань мікрометрів, мм	Регламентовані похибки мікрометрів, мкм	
	ДСТУ ГОСТ 6507:2009 кл. 1/кл. 2 (скасований в Україні)	DIN 863-1:2017 (в Україні не впроваджений)
0–25	2/4	4
25–50	2,5/4	4
50–75; 75–100	2,5/4	5
100–125; 125–150	3/5	6
150–175; 175–200	3/5	7
200–225; 225–250	4/6	8
250–275; 275–300	4/6	9
300–325; 325–350	5/8	10
350–375; 375–400	5/8	11
400–425; 425–450	5/8	12
450–475; 475–500	5/8	13
500–600	6/10	ні

Таблиця 1. Регламентация похибок мікрометрів

У відомому міжнародному стандарті **ISO 3611** визначено тільки терміни, складові конструкцій мікрометрів, додаткові похибки для обчислення невизначеностей для кожного з мікрометрів, але загальні похибки цей стандарт не регламентує.

Метрологічні та функціональні показники мікрометрів: порівняння ЗВТ різних марок

Аналіз регламентованих показників мікрометрів за скасованим в Україні національним стандартом ДСТУ ГОСТ 6507:2009 та за ще не впровадженим DIN 863-1:2017 дав можливість визначити їхні особливості:

- скасований національний стандарт для мікрометрів класу 1 встановлював значно жорсткіші вимоги до похибки (у 1,5–2,2 раза) у порівнянні з німецьким стандартом у всіх регламентованих діапазонах;
- скасований національний стандарт для мікрометрів класу 2 встановлював більш жорсткі вимоги до похибки (у 1,2–1,65 раза) у порівнянні з німецьким стандартом у діапазонах більше ніж 50–75 мм;
- скасований національний стандарт регламентує діапазон вимірювань для мікрометрів до 600 мм, тоді як німецький стандарт регламентує діапазон вимірювань мікрометрів до 500 мм.

Сьогодні найкращі метрологічні та функціональні показники притаманні мікрометрам від провідних виробників геометричних ЗВТ (див. *таблицю 2*):

- «Sylvac» (Швейцарія);
- «Mitutoyo» (Японія);
- «МІКРОТЕХ» (Україна);
- «Mahr» (Німеччина).

Метрологічні та функціональні показники мікрометрів	Паспортні показники для мікрометрів провідних світових виробників геометричних ЗВТ			
	Мод. S_Mike Pro «Sylvac» (Швейцарія)	Серія 293 «Mitutoyo» (Японія)	Мод. МКЦК-25/0,0001 «МІКРОТЕХ» (Україна)	Мод.40EWRi «Maht» (Німеччина)
Діапазони, мм	від 0–30 до 125–161	від 0–25 до 400–500	від 0–25 до 9000–10000	від 0–25 до 1900–2000
Зусилля вимірювань	регульоване 5–10 Н	фіксоване 5–10 Н	фіксоване 6–9 Н	фіксоване 6–9 Н
Відлік	цифровий LCD одноколірний	цифровий LCD одноколірний	комп'ютерний LED сенсорний кольоровий	цифровий LCD одноколірний
Дискретність, мкм	1,0	0,1*	0,1	1,0
Мінімальна похибка у діапазоні 0–25 мм, мкм	3,0	0,6*	1,5	2,0
Мінімальна похибка у діапазоні 25–50 мм, мкм	4,0	2,0	2,0	2,0
Мінімальна похибка у діапазоні 50–75 мм, мкм	5,0	2,0	2,0	3,0
Мінімальна похибка у діапазоні 75–100 мм, мкм	5,0	3,0	2,0	3,0
Кількість мікрометрів для діапазону 0–100 мм	3	4	4/2***	4
Бездротовий зв'язок	вбудований до 10 м	зовнішній до 10 м	вбудований до 50 м	вбудований до 10 м
Відтермінований зв'язок	ні	ні	так	ні
Функція «Так/Ні»	ні	ні	так	так
Функція «Мін/Макс»	ні	ні	так	ні
Формула	ні	ні	$[ax^2+bx+c]$ $[ax+bx^1+c]$	ні
Температурна компенсація	ні	ні	так	ні
Математична компенсація похибки під час калібрування	ні	ні	так	ні
Пам'ять	ні	ні	так	ні
Ціна мікрометра 0–25/0,001 з похибкою 2 мкм, з бездротовим зв'язком, євро	350	280	279**	330
Ціна субмікронного мікрометра 0–25 мм, євро	ні	1788*	279**	ні
Вартість комплекту мікрометрів для діапазону 0–100 мм, євро	1328	1812	598/907***	1975
Вартість 10-річного сервісу та калібрування (****), євро	1510	2040	1190**/1010***	2150

*Для моделі 293-100-10 «Mitutoyo» (Японія).

**Для моделі МКЦК-25/0,0001 «МІКРОТЕХ» (Україна) з похибкою 1,5 мкм.

***Для моделі МКЦКП-50/0,0001 та МКЦКП-100/0,0001 «МІКРОТЕХ» (Україна).

****Щорічний сервіс у межах 7% вартості, калібрування – за українськими тарифами.

Таблиця 2. Порівняння паспортних показників мікрометрів

Порівняльний аналіз паспортних показників кращих сучасних мікрометрів дав змогу визначити наступне:

- рекордно малу похибку (0,5 мкм) забезпечують субмікронні мікрометри мод. 293-100-10 від «Mitutoyo» (Японія);
- мікрометри «Mitutoyo» (Японія) з дискретністю 1 мкм також мають найкращі похибки в діапазонах 0–25 мм, 25–50 мм;
- мікрометри «Mitutoyo» (Японія) та комп'ютерні мікрометри «МІКРОТЕХ» (Україна) мають найкращі похибки у діапазонах 50–75 мм та 75–100 мм;

- мікрометри «**Mahr**» (Німеччина) та «**МІКРОТЕХ**» (Україна) мають функцію «Так/Ні» з кольоровим зображенням на екрані;
- комп'ютерні мікрометри «**МІКРОТЕХ**» мають сенсорні кольорові екрани LED з діагоналлю 1,5 дюйма у порівнянні з традиційними дисплеями LCD в інших виробників;
- бездротовий зв'язок у мікрометрах «**МІКРОТЕХ**» у 5 разів довший у порівнянні з іншими аналогами;
- комп'ютерні мікрометри «**МІКРОТЕХ**» забезпечують додаткові унікальні функції у порівнянні з закордонними аналогами (відтермінований зв'язок, математична функція другого порядку, пам'ять, температурна компенсація для 5 груп ТКЛР, математична компенсація похибки під час калібрування);
- для перекриття діапазону 0–100 мм достатньо двох мікрометрів серії МКЦКП від «**МІКРОТЕХ**» (Україна) або трьох мікрометрів «**Sylvac**» (Швейцарія);
- для перекриття діапазону 0–100 мм мінімальну вартість (відповідно, 598 та 907 євро) та затрати на сервіс мають комплекти з чотирьох мікрометрів МКЦ та з двох мікрометрів МКЦКП.

Використовуючи показники з *таблиці 2*, можна самостійно обрати оптимальний варіант.

Більш об'єктивну картину дає побудова матриці оптимізації (на підставі показників з *таблиці 2*) з додаванням їхнього рейтингу і подальшим обчисленням сумарних балів для всіх конкурентних варіантів мікрометрів. За результатами можна обрати оптимальний варіант за найкращою сумою балів.

Ми не настільки багаті, щоб отримувати неправдиві результати неякісними мікрометрами.

Приймаючи традиційне суб'єктивно-емоційне рішення, можна не врахувати усіх важливих критеріїв оптимізації, тому варто застосувати комплексно-кількісний підхід, який гарантує об'єктивний вибір мікрометра під конкретні вимоги.

З найкращими сучасними мікрометрами ваші конкурентні перемоги можливі!

