



Борис Крамаренко,

кандидат технічних наук, директор «МІКРОТЕХ»

№ 03 / 2022, липень / **Вимірювання та випробування**

Вимірювання великих радіусів: інноваційні можливості приладів

Інноваційні комп'ютерні штангенрадіусоміри й радіусоміри індикаторні мають високі метрологічні показники та унікальні для ручних ЗВТ функціональні можливості

Вимірювання та контроль зовнішніх радіусів деталей виконують за допомогою:

- **універсальних ручних ЗВТ:**
 - штангенциркулів;
 - мікрометрів;
- **спеціальних ЗВТ:**
 - шаблонів радіусних;
 - ручних радіусомірів.

Традиційні штангенциркулі (з довжиною губок до 0,3 м) обмежені цим діапазоном вимірювання зовнішніх радіусів, тоді як патентовані подовжені штангенциркулі виробництва «МІКРОТЕХ» (із

довжиною губок до одного метра) забезпечують вимірювання радіусів до одного метра з відносною похибкою прямих вимірювань 0,02%.

Традиційні мікрометри (з діапазоном вимірювань до двох метрів) забезпечують вимірювання радіусів до одного метра, тоді як патентовані мікрометри-трансформери виробництва «МІКРОТЕХ» (із діапазоном вимірювань до 10 м) забезпечують радіус вимірювань до п'яти метрів із відносною похибкою прямих вимірювань 0,002%.

Усі великі штангенциркулі та мікрометри мають чималу масу, габарити, для їхнього утримання потрібно кілька операторів та спеціальні такелажні утримувачі, що обмежує їхнє масове використання для вимірювань великих радіусів.

Наразі найпоширенішими спеціалізованими ЗВТ для вимірювань радіусів є **індикаторні радіусоміри** з кількома змінними базами-містками та єдиним переставним цифровим функціональним індикатором. Ці засоби вимірювання володіють такими можливостями:

- змінні бази мають кулькові або циліндричні наконечники, якими спираються на вимірювану циліндричну поверхню;
- відстань між наконечниками постійна та дорівнює довжині хорди (A) у перетині вимірюваної циліндричної поверхні;
- у центральні отвори змінних баз між упорними наконечниками встановлено переставний функціональний індикатор (аналоговий або цифровий з діапазоном до 10 мм), який автоматично розраховує радіус перетину вимірюваної циліндричної поверхні;
- функціональний індикатор радіусоміра розраховує вимірюваний радіус з урахуванням висоти сегмента круга перетину (хід вимірювального стрижня – перемінний показник) за фіксованої довжини обраної бази-хорди, фіксованих діаметрів кулькових або циліндричних наконечників-опор;
- індикаторні радіусоміри дають змогу вимірювати зовнішні та внутрішні радіуси у межах до одного метра з похибкою від 1%;
- для збільшення діапазону вимірювань радіусів пропорційно збільшують довжину та кількість проміжних баз індикаторного радіусоміра, однак це погіршує похибку вимірювань радіусів, ускладнює процес та збільшує вартість вимірювань великих радіусів.

Компанія Micropian розробила та серійно виробляє інноваційні важільні радіусоміри з поточним контролем кутів важелів, при цьому діапазон вимірювань італійських радіусомірів обмежений трьома метрами, окрім того, вони дуже дорого коштують (понад 10 тисяч євро).

В останні роки стрімко зростає потреба в масових вимірюваннях великих радіусів (понад п'ять метрів) для велетенських корпусів вітряків, паливних та водяних місткостей-танків, металевих конструкцій елеваторів та промислових генераторів, не тільки в умовах виробництва, а й у польових умовах, з відхиленням від нормальних умов вимірювань.

Огляд приладів для вимірювань великих та надвеликих радіусів

В усіх сучасних радіусомірах використовують відому з курсу геометрії формулу (далі – формула), що поєднує вимірюваний радіус (R) із довжинами хорди (A) та висотою (h) відповідного сегмента: $R = A^2/8h$

Компанія «МІКРОТЕХ» сповна використовує техніко-метрологічні можливості вимірювань великих радіусів – як із використанням перемінних довжин висот сегментів (h), так і з використанням перемінних довжин хорд (A).

В усіх радіусомірах індикаторних контролюється перемінна висота сегмента (h), тоді як довжина хорди для кожної обраної бази завжди постійна ($A = \text{const}$), що пов'язано з особливістю використання індикаторного відліку, який коректно працює виключно за нормального вертикального навантаження, а за наявності тангенціального і горизонтального навантаження стрімко зростає похибка вимірювань будь-якого індикатора.

У радіусомірів індикаторних під час вимірювання великих радіусів індикаторний відліковий пристрій має малий хід вимірювального стрижня (до одного міліметра), але при цьому стрімко зростають відносні похибки індикаторного відлікового пристрою та загальна похибка радіусоміра індикаторного.

Використання у радіусомірах індикаторних прецизійних індикаторів із малим ходом (до одного міліметра) може зменшити відносну похибку, при цьому звужується загальний діапазон вимірювань, що потребує використання додаткових змінних баз для радіусоміра індикаторного та подовжувачів для вимірювальних стрижнів прецизійних індикаторів.

«МІКРОТЕХ» першим у світі розробив та почав серійне виробництво комп'ютерних радіусомірів нового покоління для вимірювання великих (понад три метри) та надвеликих (понад 10 м) внутрішніх та зовнішніх радіусів (таблиця 1).

Типи радіусомірів індикаторних	Діапазони радіусів, мм	Дискретність відліку, мм	Відносна похибка, %	Додаткові функції	Ціна, євро
РИЦК-1000	10–1000	0,0001/0,001	1,0	Бездротовий зв'язок до 50 м Пам'ять	680
РИЦК-5500	225–5500	0,0001/0,001	0,3–1,0	Функція «Так/Ні»	1985
РИЦК-15600	625–15600	0,0001/0,001	0,3–1,0	Математична компенсація похибки Сенсорний кольоровий дисплей	2255

Таблиця 1. Порівняння різних типів радіусомірів індикаторних

Згідно з формулою радіус (R) квадратично залежить від довжини хорди (A) та обернено пропорційний довжині висоти сегмента (h), що свідчить про доцільність використання у великих та надвеликих радіусомірах довжини хорди (A) як перемінний фактор.

Компанія «МІКРОТЕХ» розробила та виготовлює комп'ютерні штангенрадіусоміри, у яких вимірюваний радіус (R) обчислюється як функція від фактора перемінної довжини хорди (A) за дотримання постійної висоти сегмента ($h = \text{const}$) (таблиця 2).

Типи штангенрадіусомірів	Діапазони радіусів, мм	Дискретність відліку, мм	Відносна похибка, %	Додаткові функції	Ціна, євро
РШЦК-2550	60–2550	0,001/0,005	0,05	Бездротовий зв'язок до 50 м Пам'ять	1420
РШЦК-11200	100–11200	0,001/0,005	0,05	Функція «Так/Ні»	1930
РШЦК-32200	200–32200	0,001/0,005	0,05	Математична компенсація похибки Сенсорний кольоровий дисплей	2520

Таблиця 2. Порівняння різних типів штангенрадіусомірів

Важливо зазначити, що в інноваційних комп'ютерних штангенрадіусомірах використано новітні технічні та метрологічні рішення:

- прецизійні штанги мають рейкові напрямні, якими катаються каретки катання, що забезпечує високу стабільність вимірювань;
- завдяки квадратичній залежності радіуса (R) від довжини хорди (A) багаторазово розширено загальні діапазони вимірювань радіусів;
- мікронний відлік та математична компенсація відліково-комп'ютерного пристрою зменшують похибки вимірювань великих радіусів.

Комп'ютерні штангенрадіусоміри у порівнянні з комп'ютерними радіусомірами індикаторними мають такі **переваги**:

- удвічі більші максимальні радіуси;
- на порядок менша відносна похибка вимірювань;

- у 1,6–4 рази ширший динамічний діапазон (співвідношення максимальних та мінімальних вимірюваних радіусів).

