

Метрологическое обеспечение инновационных технологий»
«Metrological Support of Innovative Technologies»
ICMSIT-II 2021

«Методы калибровки эталонных мер систем зондовой нанометрии»

С.С. Анцыферов, Д.А. Карабанов, К.Е. Русанов, К.Н. Фазилова

ICMSIT

Метрологическое обеспечение
инновационных технологий



ICMSIT

Metrological Support
of Innovative Technologies

Актуальность

Существующие методы калибровки эталонных мер часто являются сложными в использовании, трудоёмкими, занимающими много времени и не обеспечивающими в ряде случаев необходимую точность.

Цель работы – разработка методологии калибровки эталонных мер, обеспечивающей высокую точность измерения при сравнительно простой практической реализации.

ICMSIT

Метрологическое обеспечение
инновационных технологий



ICMSIT

Metrological Support
of Innovative Technologies

Преимущества и недостатки существующих методов калибровки эталонных мер

	Прямой метод	Интерферометрический метод
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • простота использования. 	<ul style="list-style-type: none"> • высокая точность (высота ступени меры около 500 нм определяется с погрешностью ± 2 нм).
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> • низкая точность (высота ступени меры около 500 нм определяется с погрешностью ± 20 нм). 	<ul style="list-style-type: none"> • сложность сопряжения 3-х средств измерений (АСМ и 2 интерферометра, контролирующие перемещения по осям сканирования X и Z); • непредусмотренность данной операции (совмещения) изготовителем; • значительные габариты используемых приборов; • сложность выполнения требований параллельности перемещений измерительных зеркал интерферометров осям сканирования АСМ из-за эффекта деформации геометрической формы пьезосканера; • значительная продолжительность операций калибровки.

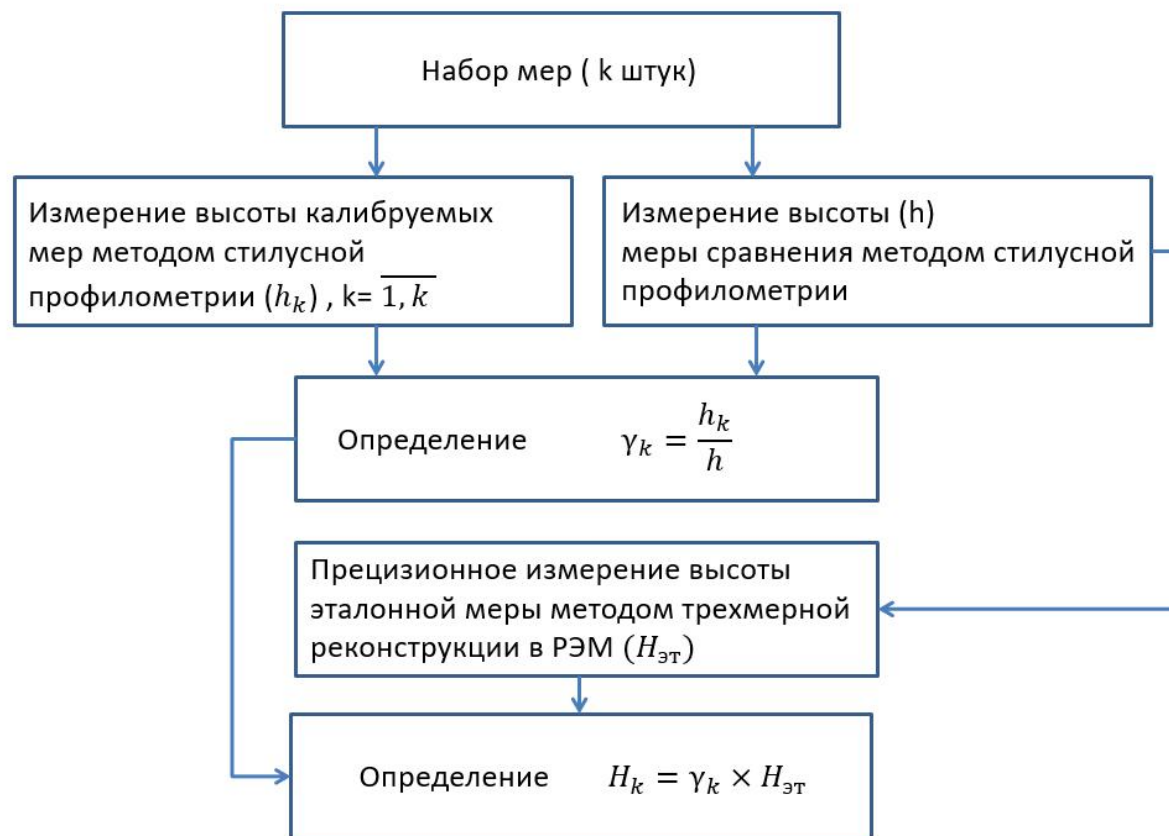
ICMSIT

Метрологическое обеспечение
инновационных технологий

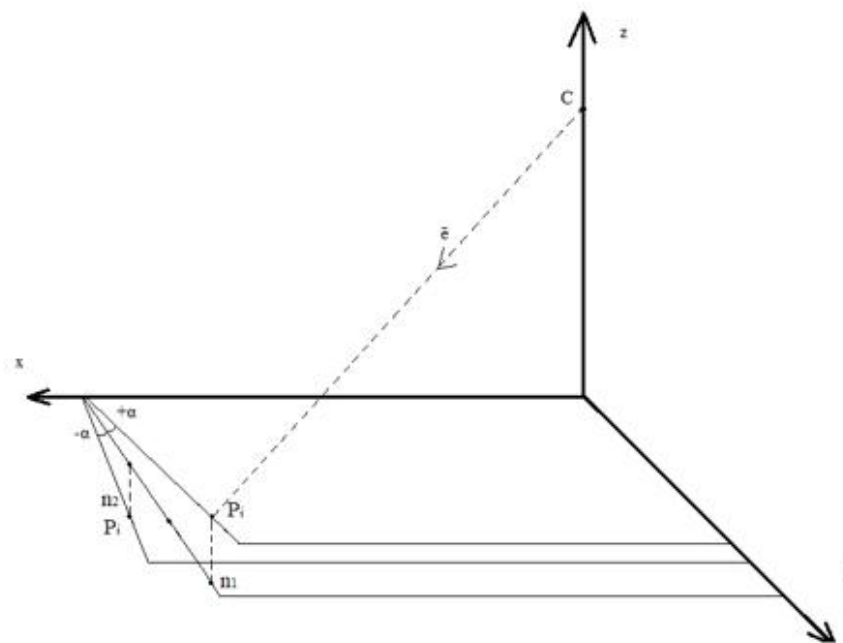
ICMSIT

Metrological Support
of Innovative Technologies

Методология калибровки эталонных мер



Определение высоты ступени эталонной меры



$$l = s \frac{\sum_{i=1}^N (n_1 - n_2)_i}{N}$$

где S – размер пикселя;

$n_1 - n_2$ - разница значений координат по оси Y некоторой точки P_i ;

N – число измерений.

$$H_{эм} = \frac{l}{2 \sin \alpha}$$

ICMSIT

Метрологическое обеспечение
инновационных технологий



ICMSIT

Metrological Support
of Innovative Technologies

Неопределённость измерения высоты ступени

$$\mu = 2H_{эм} \sqrt{\mu_M^2 + \mu_a^2 + \mu_K^2 + \mu_{\Pi}^2 + \mu_{\sigmaи}^2 + \mu_{ЭП}^2} = 3,2 \text{ нм}$$

Составляющие неопределенности

Составляющая	Значение	Тип оценивания	Число степеней свободы (n-1)
Относительная стандартная неопределенность измерений, обусловленная неточностью определения увеличения РЭМ при его калибровке, μ_M	0,001	A/B	-
Относительная стандартная неопределенность измерений, обусловленная неточностью определения углового положения гониометрического столика, μ_a	0,001	A/B	-
Относительная стандартная неопределенность измерений при компарировании на стилусном профилометре, μ_K	0,0011	A	29
Относительная стандартная неопределенность измерений параллакса, μ_{Π}	0,001	A/B	-
Относительное СКО среднего арифметического значения высоты калибруемой меры, $\mu_{\sigmaи}$	0,0004	A	29
Относительное СКО среднего арифметического высоты эталонной меры, определенной прецизионным методом, $\mu_{ЭП}$	0,0026	A	29

ICMSIT

Метрологическое обеспечение
инновационных технологий

ICMSIT

Metrological Support
of Innovative Technologies



Выводы

Предложенная методология обеспечивает более высокие качественные показатели по сравнению с известными методами: существенное сокращение времени измерений, более простое практическое использование, достаточная точность измерений, более низкая стоимость.

Практическая апробация методологии показала, что применение разработанных на ее основе методик обеспечивает высокую точность и воспроизводимость полученных результатов, возможность калибровки широкого класса СЗМ и высокие эксплуатационные показатели процессов калибровки.



Контакты

Фазилова Ксения Наильевна

МИРЭА – Российский технологический университет

E-mail: fazilova@mirea.ru

II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК - САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
3-6 марта 2021

Метрологическое обеспечение инновационных
технологий» - «Metrological Support of Innovative
Technologies» - ICMSIT-II 2021