

факторы, которые могут влиять на неопределенность фотостереометрии, могут включать в себя:

1. Точность калибровки камер: калибровка камер является ключевым этапом в фотостереометрических измерениях, и любая неопределенность в этом процессе может привести к ошибкам в измерениях.

2. Разрешение камер: чем выше разрешение камер, тем меньше вероятность ошибок измерений. Однако более высокое разрешение также может привести к более высокому уровню шума изображения, что может снизить точность измерений.

3. Качество изображения: качество изображений, полученных с помощью камер, также может оказать влияние на точность измерений. Например, шумы в изображении, вызванные освещением, могут снизить точность измерений.

4. Углы наблюдения: углы, под которыми фотографии были сделаны, также могут влиять на точность измерений. Например, если угол наблюдения слишком крутой, это может привести к искажениям изображения и, следовательно, к ошибкам в измерениях.

Еще одним фактором, который может повлиять на точность измерений в фотостереометрии, является геометрическое расположение объектов и камер. Например, если объекты расположены слишком далеко друг от друга, это может привести к потере информации о форме и размерах объекта при пересечении изображений, что в свою очередь может привести к ошибкам в измерениях. Кроме того, на точность измерений также может влиять выбор метода фотостереометрии, который будет использоваться для измерений. Существует несколько методов фотостереометрии, таких как метод параллакса, метод дискретного пикселя и т. д., каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения.

Наконец, на точность измерений может влиять человеческий фактор. Например, ошибки в интерпретации изображений или неправильный выбор точек для измерения могут привести к ошибкам в измерениях.

В целом, фотостереометрия является эффективным методом для измерения размеров и форм объектов, но для достижения высокой точности измерений необходимо учитывать все факторы, которые могут повлиять на точность измерений, и использовать соответствующие методы и инструменты для уменьшения неопределенности и повышения точности.

УДК 531.7

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ШАРА НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ

Студенты гр. 11305122 Кубрин Д. С., Лешко М. Е., Витько Е. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель данной работы – изучение методики оценки неопределенности измерений, при измерении на измерительном микроскопе. В технике существует понятие неразрушающих измерений. Иногда измерительный прибор может так воздействовать на объект измерения, что последний деформируется или, в худшем случае, разрушается. Измерительный прибор теоретически в любом случае взаимодействует с измеряемым объектом, что всегда влияет на точность измерений. Практически же это взаимодействие в большинстве случаев может быть настолько незначительным, что его никто не учитывает. Например, в механике оптические измерения считаются совершенно неразрушающими.

Для измерения диаметра шара необходимо [1]:

- 1) перед измерением получить отчетливое изображение шкалы измерения и шара;
- 2) поместить шарик в центре поля зрения микроскопа, посередине шкалы. Определить его диаметр, как разность отсчетов по шкале микрометра с левого и правого боков шарика.

Конечная формула определения диаметра шара выглядит следующим образом:

$$D = [(O_2 + P_{w2}) - (O_1 + P_{w1}) + P_t] \pm U_D ,$$

где D – диаметр шара, O_2 – значение по шкале микрометра справа; O_1 – по шкале микрометра слева; P_w – ошибка показания шкалы измерения; P_t – ошибка разности температур; U_D – ошибка

конечного измерения. Для вычисления неопределенности измерений диаметра воспользуемся формулой (2):

$$U_D = \sqrt{2U_U^2 + 2U_I^2 + 2U_C^2 + 2U_S^2 + 2U_N^2 + 2U_M^2 + U_W^2 + U_{PT}^2}$$

Измерение этом риску деформации диаметра шара. Для более точных измерений требуется большое количество данных. Рассчитаем диаметр шара диаметра на микроскопе является одним из точных способов измерения, не подвергая при и произведем расчет неопределенности измерений. Все измерения представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет неопределенности измерения диаметра шара

X_i	x_i	$0,5R_i$	k^*	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
O_2	64,7285	$7,4 \cdot 10^{-4}$	2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	1	$3,7 \cdot 10^{-4}$
P_{r2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	1	$0,3 \cdot 10^{-4}$
P_{s2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{n2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{m2}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
O_1	10,4273	$7,4 \cdot 10^{-4}$	2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-1	$-3,7 \cdot 10^{-4}$
P_{r1}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	-1	$-0,3 \cdot 10^{-4}$
P_{s1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{n1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{m1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{wz}	0	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	1	$4,3 \cdot 10^{-4}$
P_t	0	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1	$1,4 \cdot 10^{-4}$
D	54,3012	–	–	–	–	$9,94 \cdot 10^{-4}$

$$U_D = u_D = 0,001988 = 0,002 \text{ мм}; D = (54,3012 \pm 0,002) \text{ мм}$$

Литература

1. Касьянов, В. А. Физика. 11 кл.: учебн. для общеобразоват. учеб. заведений / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2002.
2. Arendarski J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 658

АТОМНЫЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ ФОНТАННОГО ТИПА, РАЗРАБОТАННЫЕ ВО ФГУП «ВНИИФТРИ»

Мл. научный сотрудник Купалова О. В.,

начальник отдела, кандидат техн. наук Купалов Д. С., ст. научный сотрудник Бойко А. И.
Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, Россия

В настоящее время в состав Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022 входят метрологический цезиевый репер частоты фонтанного типа (МЦР), который воспроизводит размер секунды в соответствии с его определением в международной системе СИ. Основной метрологической характеристикой МЦР является относительная неисключенная систематическая погрешность, не превышающая $2,5 \cdot 10^{-16}$. Хранение национального размера времени осуществляется ансамблем водородных генераторов и рубидиевыми реперами частоты фонтанного типа. Среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение (СКДО) рубидиевых реперов составляет менее $2 \cdot 10^{-16}$ на интервале времени измерения 16 суток.

В докладе представлены конструкция стандартов частоты фонтанного типа (рис.1), принцип работы, их характеристики [1–3]. Приведена независимая оценка точностных характеристик МЦР по ежемесячным отчетам Международного Бюро Мер и Весов.