



ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ КОМПАРАЦИИ ПРИ ПОВЕРКЕ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ НА ПРИБОРЕ УКМ-100

INVESTIGATION OF COMPARISON ERROR WHEN TESTING GAUGE BLOCKS USING UKM-100 TOOL

УДК 621.923, ВАК 05.11.01, DOI: 10.22184/1993-8578.2017.76.5.58.61

С.Степанов^{1,2}, С.Тарасов^{1,2}, А.Петров^{1,2}, С.Степанов^{1,2} / stepanov56@mail.ru
S.Stepanov^{1,2}, S.Tarasov^{1,2}, A.Petrov^{1,2}, S.Stepanov^{1,2}

Проведено исследование точности российского компаратора для поверки концевых мер длины УКМ-100 по международной методике "Calibration of gauge block comparators". Показано, что калибровка является более гибким и определенным методом оценки точностных возможностей эталонных приборов, чем применение поверочной схемы.

The accuracy of the Russian UKM-100 comparator for testing the gauge blocks according to the international method of calibration of gauge block comparators has been studied. It is shown that the calibration is more flexible and definite method of estimating the accuracy capabilities of the reference instruments than the use of the verification scheme.

Основную часть производственных измерений составляют линейно-угловые измерения – в машиностроении их доля достигает 90–95%. Основой обеспечения единства линейных измерений являются плоскопараллельные концевые меры длины (КМД). Такая мера представляет собой металлический брусок с двумя строго параллельными плоскостями и определенным размером между ними. Своевременная и точная аттестация КМД обеспечивает высокоточные измерения на производстве.

КМД предназначены для использования в качестве рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов и для непосредственного измерения линейных размеров промышленных изделий, а также как образцовые меры для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности и для поверки и градуировки измерительных приборов.

Концевые меры выпускают наборами. На каждый набор выдается свидетельство

о государственной поверке с указанием действительного значения длины каждой КМД. Свидетельство может быть использовано для введения поправки в результат измерения.

Для обеспечения правильной передачи размера единиц физических величин во всех звеньях метрологической цепи установлен определенный порядок, который отражен в поверочных схемах. Поверочная схема – документ, устанавливающий метрологическое сопоставление эталонов и порядок передачи размера единицы физической величины эталонам и рабочим средствам измерения.

На КМД распространяется Государственная поверочная схема по ГОСТ Р 8.763-2011 часть 3, в которой для рабочих эталонов установлены разряды с 1-го по 4-й. Точность эталонов по разрядам определяют доверительные границы абсолютных погрешностей δ при доверительной вероятности $0,99 (\pm 3\sigma)$. В то же время методики поверки КМД и других эталонов не предусматривают расчета σ . Кроме того, точность передачи размера

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого / Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.
² ИМЦ "Микро" / Mikro engineering and metrology center.

эталона от разряда к разряду зависит от значения δ , определение которой в стандарте отсутствует. В результате у метрологов, разработчиков и производителей эталонных приборов и поверителей нет единого понимания применения поверочной схемы и вновь создаваемых эталонных средств измерений.

Проблема однозначного понимания поверочной схемы усугубляется активным введением в стране стандартов, посвященных расчету неопределенности измерений и калибровки, без какого-либо методического обеспечения. В результате сложившейся ситуации организации Росстандарта (ВНИИМ, ВНИИМС, ТЕСТ – Санкт-Петербург) при проведении испытаний с целью утверждения новых эталонных приборов не стремятся определить их место в поверочной схеме, что создает проблемы при формировании эталонных баз предприятий и организаций. Такое положение продолжается больше 20 лет. При этом известно, что в западных странах поверочные схемы не применяются, и определение возможностей и назначения средств измерений проводится с помощью калибровки с расчетом неопределенности. В результате нормирование и оценка точности аналогичных средств измерений в нашей стране и на западе отличаются друг от друга.

В связи со сложившимся положением, целесообразно провести исследование точности отечественного компаратора для поверки концевых мер длины УКМ-100 по международной методике Calibration of gauge block comparators, применяемой всеми ведущими производителями компараторов для аттестации КМД.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ

Методика Calibration of gauge block comparators описывает процесс калибровки компаратора при измерении срединной длины и плоскопараллельности аттестуемой меры. Она предназначена для компараторов для калибровки концевых мер длиной до 100 мм методом сравнения, контактным методом и только с применением двух преобразователей, контактирующих с мерой с противоположных сторон. Установка УКМ-100 полностью соответствует указанным условиям.

Перед калибровкой установка прошла полную подготовку и проверку на точность по методике поверки МП УКМ100.01. В соответствии с международной методикой для проведения калибровки были составлены пары мер 1-го разряда (табл.1).



Рис.1. Компаратор для поверки концевых мер длины
Fig.1. Gauge block comparator

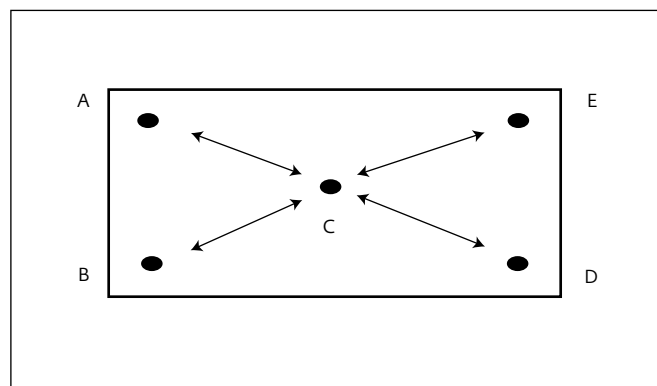


Рис.2. Схема измерений при определении погрешности компарации

Fig.2. Measurement scheme for determining comparison error

Таблица 1. Пары мер 1-го разряда

Table 1. Pairs of gauge blocks of 1st class

Номера пар Pair numbers	Номинальная длина, мм Nominal length, mm	
	A	B
1	1,0	1,0
2	1,0	1,01
3	1,0	1,005
4	10,0	10,0
5	100,0	100,0



Таблица 2. Погрешность компарации при измерении срединной длины мер

Table 2. Comparison error when measuring central length of gauge block

Номинальный размер мер, мм Nominal length of gauge block, mm	Действительный размер мер, мм Actual length of gauge block, mm	Разность действительных значений, мкм Difference of actual values, μm	Среднее измеренное значение, мкм Average measured value, μm	Среднее квадратическое отклонение, σ , мкм Standard deviation, σ , μm	Погрешность, мкм Error, μm
1,0	1,00002	5,12	5,11	0,012	-0,01
1,005	1,00514				
1,0	1,00002	10,01	10,02	0,014	0,01
1,01	1,01003				
10,0	9,99996	0,03	0,04	0,011	0,01
10,0	9,99999				
50,0	49,99998	0,14	0,15	0,013	0,01
50,0	49,99984				
100,0	100,00002	0,0	0,01	0,012	0,01
100,0	100,00002				

Таблица 3. Погрешность компарации при измерении плоскопараллельности

Table 3. Comparison error when measuring plane-parallelism

Измеряемая точка Measured point	Среднее значение из пяти измерений, мкм Mean of five measurements, μm	Вычисленное значение плоскопараллельности, мкм Calculated value of plane parallelism, μm	Действительное значение плоскопараллельности, мкм Actual value of plane parallelism, μm	Погрешность, мкм Error, μm	СКО, мкм Standard deviation, μm	до переворота before turnover		после переворота after turnover													
						до переворота before turnover	после переворота after turnover	до переворота before turnover	после переворота after turnover												
C	-0,01	0,02	0,04	-0,02	0,012	0,06	0,04	0,02	0,011												
A									0,011												
C	-0,03								0,02	0,04	-0,02	0,014	0,06	0,04	0,012						
B															0,012						
C	-0,01														0,02	0,04	-0,02	0,011	0,06	0,04	0,010
D																					0,010
C	-0,03	0,02	0,04	-0,02	0,014	0,06	0,04	0,013													
E								0,013													

СРАВНЕНИЕ СРЕДИННЫХ ДЛИН МЕР

Меры укладывались по парам в гнезда кассеты и выполнялось по пять сравнительных измерений срединных длин всех пяти пар. Затем серия измерений повторялась после того, как положение мер А и В в кассете менялось. Для каждой серии измерений были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения (по 10 значений).

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ

Мера 1,01 мм укладывалась в гнездо поверяемой меры и проводились серии из пяти измерений от срединной длины меры в углы А, В, D, Е по схеме, показанной на рис.2. Четыре измерительные серии были повторены после поворота меры в гнезде кассеты на 180° в горизонтальной плоскости. Были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения для каждой из восьми серий.



ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценка результатов калибровки компаратора зависит от точности концевых мер, которые должны калиброваться с его помощью. В методике рассмотрены критерии приемки из условия, что компаратор применяется для калибровки мер с расширенной неопределенностью измерений, равной $0,05 + 0,5L$ при $k = 2$, что соответствует концевым мерам 2-го разряда.

При этих условиях установлены следующие критерии:

- стандартные отклонения не должны превышать $0,015$ мкм;
- максимальные отклонения средних значений по п. 1 и наибольших отклонений

от плоскопараллельности по п. 2 от значений эталонных мер, указанных в протоколе поверки, не должны превышать $0,03$ мкм.

Протокол измерений в соответствии с описанной процедурой калибровки установки показан в табл.2 и 3.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что компаратор УКМ 100 по своим точностным характеристикам соответствует компараторам для поверки концевых мер длины 2-го разряда. При этом калибровка является более гибким и определенным методом оценки точностных возможностей эталонных приборов, чем применение поверочной схемы. ■

"ХИТЛАБ" РАЗРАБАТЫВАЕТ ИННОВАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК ВОДОРОДА



Проектная компания Ульяновского наноцентра ULNANOTECH "Хитлаб" разрабатывает источник для контролируемой генерации водорода из гидрида магния.

Водородный картридж – безопасный и простой в эксплуатации источник для питания энергосистем на водородных топливных элементах (ТЭ). Картридж характеризуется гравиметрической емкостью более 4% вес. H_2 , что сопоставимо с содержанием водорода в композитных сосудах с рабочим давлением 300 бар. Преимуществами использования картриджа являются взрывобезопасность и низкое рабочее давление (избыточное давление водорода – 0,5 бар), возможность транспортировки источника водорода без специальных мер безопасности, легкость обслуживания и перезарядки, высокая чистота водорода, экологическая безопасность, низкая стоимость энергии.

Водородный картридж предназначен для использования в энергосистемах на ТЭ, для энергообеспечения компактных мобильных устройств, в том числе робототехнических систем, беспилотных летательных аппаратов, а также создания носимых источников энергии. Энергосистемы на ТЭ с водородным картриджем

характеризуются большим запасом энергии при минимальных массогабаритных характеристиках источника. Удельная емкость энергосистемы составляет 400 Вт·ч/кг, что более чем в два раза превышает удельную емкость литий-ионных аккумуляторных батарей.

"Хитлаб" разрабатывает эффективную технологию синтеза гидрида магния, включающую механоактивацию и легирование в высокоэнергетической планетарной мельнице для снижения температуры, давления водорода и времени процесса гидрирования. Для проведения процесса гидрирования разработана и изготавливается лабораторная установка. Уже создана и испытана серия модельных прототипов, на которых отрабатываются методы запуска и управления процессом генерации водорода из гидрида магния. К концу 2017 года планируется разработать лабораторный прототип водородного картриджа.

Проект получил поддержку Фонда развития инноваций по программе "Старт".

ULNANOTECH