

Разработка компаратора ПКМ-100

С. Н. Степанов, к. т. н.^{1,2}, А. В. Петров^{1,2}, С. С. Степанов^{1,2}

УДК 621.923

Описана конструкция и особенности работы компаратора ПКМ-100, предназначенного для измерения срединной длины и определения отклонения от плоскопараллельности концевых эталонных плоскопараллельных мер длины второго, третьего и четвертого разрядов и рабочих классов точности 1–5 длиной от 0,1 до 100 мм. Подробно описана конструкция кассеты для базирования КМД от 0,5 до 100 мм и схема измерения на компараторе ПКМ-100. Разработана специальная кассета на основе плоской стеклянной пластины ПИ-60 для базирования тонких мер номинальной длиной от 0,1 до 0,5 мм, в которой выполнены каналы для подвода вакуума и надежной фиксации концевых мер с размерами поперечного сечения 20 × 9 и 15 × 5 мм. Приведена методика и результаты поверки компаратора, подтверждающие его технические характеристики, которые позволяют использовать компаратор для поверки концевых мер второго разряда.

Ключевые слова: компаратор, поверка, концевые меры длины, кассета, индуктивные преобразователи

Статья получена 26.01.2021

Принята к публикации 16.02.2021

В соответствии с ГОСТ 9038-90 «Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия» в нашей стране выпускаются концевые меры с размерами поперечного сечения 35 × 9, 30 × 9, 20 × 9 и 15 × 5 мм, среди которых меры с поперечным сечением 15 × 5 и 20 × 9 мм и номинальной длиной от 0,1 до 0,5 мм в обиходе называют «блошками» из-за своей малости. Такие меры изготавливают и применяют только в нашей стране и государствах постсоветского пространства. Их практически невозможно поверять обычными методами и средствами из-за малой длины и поперечного сечения. Согласно методике поверки МИ 2079-90 аттестацию таких мер следует проводить на горизонтальном оптиметре, длинноте или измерительной машине путем ручного покачивания меры между подвижным и неподвижным наконечниками прибора, фиксируя экстремальное показание. Если срединную длину меры еще можно найти по такой методике, то размеры меры в углах определить невозможно. Из такого положения выходят следующим образом. Меры 2-го разряда поверяют согласно ГОСТ 8.367-79 абсолютным интерференционным методом на интерферометре Кестерса, это

очень трудоемко и малопродуктивно. Меры 3–4 разрядов и 2–5 классов точности оценивают техническим интерференционным методом, который позволяет определять параметры концевых мер длины.

Цель работы заключалась в разработке контактного метода и средства для поверки тонких мер, с помощью которого можно получать значения всех основных параметров мер: срединной длины, отклонения от номинального размера, отклонения от плоскопараллельности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать новый компаратор на базе установки УКМ-100;
- сконструировать специальную кассету для базирования КМД (концевые меры длины) номиналом от 0,1 до 0,5 мм;
- разработать методику поверки компаратора.

Разработка компаратора ПКМ-100

Компаратор ПКМ-100 предназначен для поверки концевых мер длины 2–4 разрядов и 1–5 классов точности для мер длиной от 0,1 до 100 мм.

Компаратор ПКМ-100 – результат глубокой модернизации установки УКМ-100 для поверки концевых мер длины, которую центр «Микро» выпускает уже

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Stepanov56@mail.ru.

² ООО ИМЦ «Микро».

18 лет. Компаратор – единственный в своем роде, поскольку у него нет доведенного (очень точного) измерительного стола для базирования концевых мер. Традиционный стальной стол заменила гранитная плита 1-го класса точности размером 400×400 мм, которая не требует обслуживания при эксплуатации установки. Кроме того, на плите можно разместить два самых больших набора концевых мер длины (эталонный и поверяемый) для выравнивания их температуры.

Программное обеспечение компаратора состоит из двух частей. Первая часть касается проверки КМД, а вторая – проверки самого компаратора.

В компараторе используется дифференциальный метод измерения мер с помощью двух индуктивных преобразователей с измерительным механизмом без пар внешнего трения с вакуумным арретированием измерительных штоков.

Установка для измерения показана на рис. 1. Концевая мера устанавливается в специальную кассету и заводится в зону измерения. По команде оператора оба преобразователя в автоматическом режиме арретируются три раза и после каждого арретирования установка фиксирует показания датчиков.

Отметим ряд преимуществ схемы с использованием кассеты по сравнению с другими компараторами для проверки концевых мер.

1. Благодаря перемещению меры в кассете, она не трется об опорную поверхность и не изнашивается во время проверки.
2. Кассета на опорной стороне имеет выборку в виде копира, повторяющего схему измерений КМД, что упрощает и ускоряет процесс проверки.
3. Благодаря автоматическому арретированию датчиков, их наконечники практически не изнашиваются, так как не контактируют с мерой в момент ее перемещения в зоне измерений.

Но такая схема не годится для проверки тонких мер, так как преобразователи имеют разные измерительные усилия: верхний имеет большее усилие, чем нижний, чтобы обеспечить уверенный прижим меры к кассете. Мера испытывает давление, под действием которого она может прогнуться в кассете и деформироваться.

В центре «Микро» разработали оснастку для проверки на

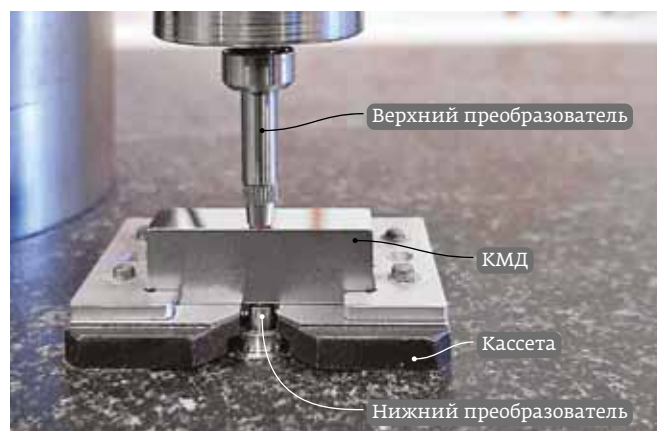


Рис. 1. Компаратор для измерения мер ПКМ-100

компараторе ПКМ-100 мер номиналом менее 0,5 мм. При этом было решено несколько задач, например: в конструкции предусмотрена опорная поверхность, которая предохраняет меру от прогиба под действием измерительного усилия; мера надежно закрепляется в оснастке; сама оснастка на погрешность проверки мер оказывает минимальное влияние.

Кассета для базирования КМД

Разработана специальная кассета на основе плоской стеклянной пластины ПИ-60 со следующими конструктивными особенностями (рис. 2):

- плоскопараллельность верхней (на которую устанавливаются КМД) и нижней (которая

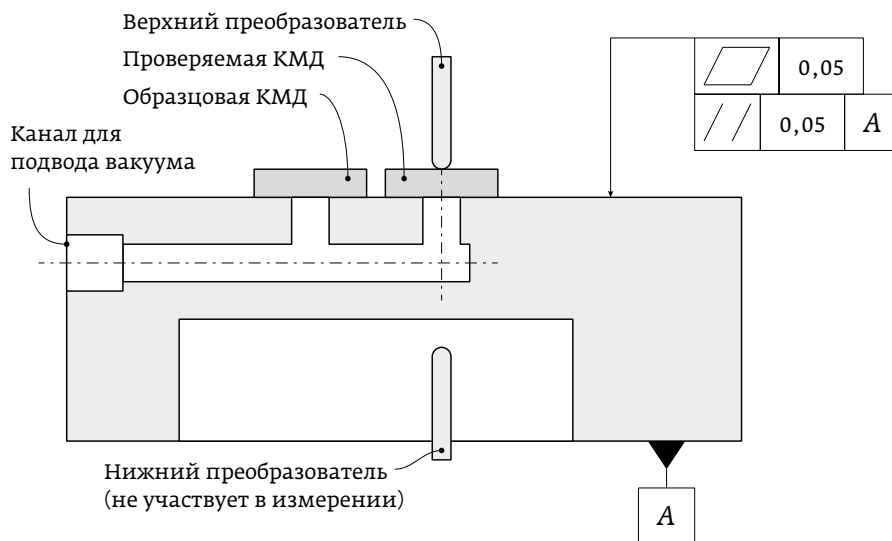


Рис. 2. Конструкция кассеты и схема измерения

Таблица 1. Размах показаний при арретировании индуктивных преобразователей

Контролируемые точки, мкм	Показания при арретировании, мкм										Мин. значение показаний, мкм	Макс. значение показаний, мкм	Размах, мкм	Вывод о соответствии
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
+10	19,855	19,861	19,863	19,864	19,884	19,867	19,854	19,866	19,866	19,868	19,855	19,884	0,030	Годе
0	-0,306	-0,316	-0,316	-0,315	-0,313	-0,316	-0,316	-0,319	-0,326	-0,328	-0,328	-0,306	0,020	Годе
-10	-20,410	-20,422	-20,426	-20,425	-20,422	-20,422	-20,425	-20,420	-20,422	-20,423	-20,426	-20,410	0,020	Годе

перемещается по гранитной поверхности плиты) поверхностей не более 0,05 мкм;

- два канала для подвода вакуума к поверхности, на которую устанавливаются КМД;
- полость на опорной поверхности кассеты для перемещения в зоне измерения без соприкосновения с нижним датчиком, который не участвует в измерении.

В режиме поверки тонких мер участвует только верхний преобразователь, опорной поверхностью выступает верхняя плоскость кассеты, а вакуум обеспечивает плотное прилегание мер к кассете, в остальном процесс поверки такой же, как на мерах номиналом свыше 0,5 мм. Оператор с помощью вакуумного пинцета берет эталонную и поверяемую меры и располагает их на кассете над выходом вакуумного канала. Далее в кассету подается вакуум, и меры плотно прилегают к плоскости кассеты. Далее верхний преобразователь настраивают по эталонной мере и проводят измерения поверяемой меры согласно стандартной методике.

Методика и результаты поверки компаратора

Определение размаха показаний при арретировании индуктивных преобразователей

Размах показаний определяют в средней (нулевой) и в двух точках (-10,0 ± 0,1; 10,0 ± 0,1) мкм по концевой мере 10 мм. Результаты измерения размаха приведены в табл. 1.

Определение абсолютной погрешности измерений длины концевых мер с помощью двух пар концевых мер 0,10 и 0,11; 0,11 и 0,12 мм на компараторе ПКМ-100-02

ПКМ 100-02 позволяет поверять меры номинальной длины от 0,1 до 0,5 мм и от 0,5 до 100 мм, а другие модификации только от 0,5 до 100 мм.

Измерения проводят в разделе программы «Установка» – «Длина» в определенной последовательности, описанной в инструкции. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Абсолютная погрешность измерений длины концевых мер на компараторе ПКМ-100

Номинальный размер меры, мм	Срединная длина мер, мкм	Разность действит. размеров двух мер, мкм	Показания при арретировании, мкм			Разность измеренных значений срединных длин мер, мкм	Погрешность, мкм	Допуст. значение погрешн., мкм	Вывод о соотв.
			1	2	3				
0,10	100,02	10,01	0,079	0,087	0,086	10,04	0,03	0,05	Годе
0,11	110,03		10,140	10,137	10,138				
0,11	110,03	-10,01	-0,026	-0,030	-0,028	-10,05	0,04		Годе
0,10	100,02		-10,070	-10,090	-10,080				
0,11	110,03	10,02	0,080	0,067	0,066	10,06	0,04		Годе
0,12	120,05		10,139	10,134	10,136				
0,12	120,05	-10,02	-0,024	-0,028	-0,026	-10,06	0,04		Годе
0,11	110,03		-10,077	-10,089	-10,091				

Абсолютную погрешность измерений длины концевых мер D определяют по формуле:

$$D = \Delta l_{и} - \Delta l_{д},$$

где $\Delta l_{и}$ – разность измеренных значений средних длин концевых мер, мкм;

$\Delta l_{д}$ – разность действительных значений средних длин концевых мер, мкм.

Абсолютная погрешность измерений длины концевых мер компаратора модификации ПКМ-100-02 не должна превышать $\pm 0,05$ мкм.

Выводы

В результате проведенной работы удалось не только реализовать аттестацию концевых мер длины номиналом от 0,1 до 0,5 мм на 3-4-й ряды, а также 1-5 классы точности, но и выполнить это без существенной переналадки компаратора ПКМ-100 и по единой методике поверки. Результаты поверки тонких мер показывают стабильность измерений.

Компаратор ПКМ-100 прошел государственные испытания с целью утверждения типа. ■

Российский Союз химиков рекомендует

В свет вышла книга профессора, доктора химических наук, главного научного сотрудника ФГБУН ФИЦ ХФ РАН, эксперта РАН и РСХ Веры Васильевны Мясоедовой (в соавторстве с И.А.Таран) «Химия энергоемких полимерных нанокompозитов». Этот труд – многомерная история работы с актуальной и перспективной темой, вобравший более 30 лет научных изысканий, практических работ, а самое главное – прогнозов и перспектив, которые неизбежны в эпоху технологических прорывов. Книга представляет собой актуальную монографию, в которой широко представлены экспериментальные данные по физикохимии новых полимерных материалов на основе целлюлозы и ее смесей с полимерами различной химической природы. Большое внимание автор уделяет вопросам изучения закономерностей улучшения совместимости природных и синтетических полимеров, а также созданию дисперсно-наполненных нанокompозитов с заранее заданными свойствами. Так, в одной из глав Вера Васильевна описывает традиционные и новейшие подходы к повышению совместимости полимеров, а также экспериментальные данные по исследованию композиций методами ИК-фурье-спектроскопии, а также синхронных термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии.

В практическом плане актуальность монографии обусловлена возможностями применения в промышленности новых составов энергоемких композитов и снижения экологической

нагрузки при использовании резервного топлива из возобновляемого сырья, а также вспомогательного топлива из сортированных твердых коммунальных отходов (ТКО).

Книга содержит эксклюзивную информацию о разработанных автором составах для производства резервного топлива из биомассы, твердотопливных изделий из сортированных твердых коммунальных отходов для частичной замены природного газа во вращающихся обжиговых печах цементных предприятий. Особое внимание в книге уделено вопросам устойчивого развития в контексте применения эффективных эко-решений по переработке сортированных ТКО в формованные изделия для упаковки, автокомпонентов и др. методом литья под давлением на современных термопластавтоматах в производственных условиях.

Одна из глав монографии посвящена достижениям ученых по созданию компонентов высокоэнергоемких пиротехнических изделий, а также современным сведениям о зарубежных высокоэнергетических материалах с высоким содержанием азота, используемых в нанокompозитах и пиротехнических составах.

В монографии приводятся количественные данные и актуальная информация об окрашенных пиротехнических составах, в том числе дисперсно-наполненных на основе полимерных смесей, а также новейшие сведения о новых горючих составах, способных заменить уголь. Особую ценность монографии



составляет целенаправленное выявление и развитие важнейших аспектов научного направления химии и физикохимии энергоемких полимерных композитов различного назначения, исходя из современных ожиданий и потребностей.

Книга несомненно будет полезна для студентов и аспирантов академий химической защиты, университетов химико-технологических и энергетических специальностей, а также экологов.

Татьяна Петрова,
пресс-секретарь Российского Союза химиков