

# Калибровка координатно-измерительных машин (КИМ)

Счастливые обладатели координатно-измерительных машин счастливы до тех пор, пока не сталкиваются с проблемой калибровки своих «любимцев». С одной стороны, здорово осознавать, что во вверенном тебе хозяйстве измерения производятся с помощью самых современных средств, пока не начинаешь задумываться: что и с какой точностью я контролирую. Можно конечно спрятаться за стандартную методику поверки, но это для тех, у кого в производстве нет изделий сложнее болтов. Давайте рассмотрим, как это делается у них, тех от кого к нам приходит эта замечательная техника.

В современном, быстро меняющемся мире выигрывает то предприятие, которое готово предоставить клиенту более качественную продукцию. В связи с этим контроль качества продукции на производстве выходит на первый план. Сейчас уже уходит в прошлое контроль деталей по шаблонам либо универсальными средствами измерений. Намного быстрее и точнее измерения позволяют произвести координатно-измерительные машины. Также становится все больше деталей, которые нельзя проконтролировать универсальными средствами измерений. Это сложнопрофильные детали типа турбинных лопаток и прочих «рабочих колёс». А для КИМ решение таких задач не представляет труда. Тем самым предприятия, имея в своем «штате» КИМ, экономят на проектировании, изготовлении, калибровке и поддержании в рабочем состоянии целого склада различных калибров и универсальных средств измерений. В связи с этим измерения, выдаваемые КИМ, должны быть на 100 % достоверны. И это в свою очередь подразумевает периодическую юстировку, калибровку КИМ. Периодичность калибровки зависит от множества факторов,

и в первую очередь, это загруженность КИМ и жесткие допуски выпускаемых деталей.

И тут встает вопрос: «Как и чем проверить и калибровать КИМ?». Традиционная процедура, проводимая согласно МИ 2569-99, не дает полной информации о погрешностях КИМ, а сбор информации при помощи концевых мер длины (КМД) – очень кропотливый процесс и занимает много времени, что не позволительно в современном производстве.

Вероятно, нет необходимости убеждать в крайней важности соответствия КИМ заявленным параметрам. Давайте разберем, как обычно это происходит (должно происходить) на практике.

Калибровка КИМ с помощью лазерного интерферометра производится, как правило, один раз в год. При этом детальная информация обо всех геометрических

и динамических характеристиках калибруемой КИМ, полученная этим способом, позволяет видеть полную картину, прогнозировать требуемый

ремонт и техническое обслуживание. Но, вероятно, не все имеют возможность воспользоваться этим способом. Иметь такое оборудование у себя очень недешевое удовольствие: необходимо обучить специалиста, который умеет пользоваться интерферометром, способен правильно анализировать полученную информацию, чтобы ввести необходимые коррекции в систему управления и дать рекомендации по ремонту машины. Как правило, подобную процедуру могут производить сервисные службы изготовителя КИМ, но цены на эти услуги сопоставимы с ценами эталонов, речь о которых пойдет ниже. Ещё один путь, если повезёт, договариваться с каким-либо крупным предприятием, у которого имеется всё необходимое

Сейчас уже уходит в прошлое контроль деталей по шаблонам либо универсальными средствами измерений. Намного быстрее и точнее измерения позволяют произвести координатно-измерительные машины

оборудование и подготовленный персонал. Тем не менее, техническое состояние КИМ в течение года может существенно меняться, особенно в случае аварии, каких либо сбоев или перестановки машины. Таким образом, помимо ежегодной калибровки координатно-измерительных машин должна производиться регулярная проверка их точностных характеристик.

Как за короткое время получить максимально полную и достоверную информацию о погрешностях КИМ, не используя лазерный интерферометр, который стоит от 100 тысяч евро? В промышленно развитых странах эта проблема уже давно решена. В частности, в Европе широко используются эталоны и приспособления компании «Kolb & Baumann» (КОВА, Германия), которая специализируется на производстве высокоточных эталонов для проверки точности измерительных машин. Обращаем Ваше внимание, что эталоны производства компании «КОВА» подходят для проверки точностных параметров фрезерных станков с ЧПУ.

Компания «КОВА» была основана более 60 лет тому назад и в начале своей деятельности специализировалась на производстве КМД. В 1985 году компания разработала и запатентовала свой первый эталон для

проверки и калибровки КИМ. В наши дни компания «КОВА» является одним из самых авторитетных в мире производителей калибров, мер и эталонов. Продукция поставляется на многие промышленные предприятия, в научно-исследовательские институты и метрологические лаборатории во всем мире. С 1979 года компания «КОВА» была аккредитована Физико-Технической лабораторией Германии (Physikalisch-Technische

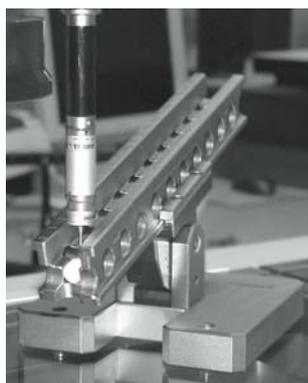
Bundesanstalt (PTB) как одна из лабораторий по калибровке в Германии. В ближайшее время и в нашей стране планируется изменить методику поверки КИМ,

привести её в соответствие с общемировыми стандартами. В настоящее время между Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС) и компанией «КОВА» ведутся переговоры об оснащении эталонной базы института.

На территории России внедрением этой высокоточной продукции занимается отдел метрологии компании ЗАО «СТ ГРУПП» (Москва), которая получила эксклюзивные права поставщика.

Рассмотрим наиболее популярные модели специальных эталонов, производимые компанией КОВА.

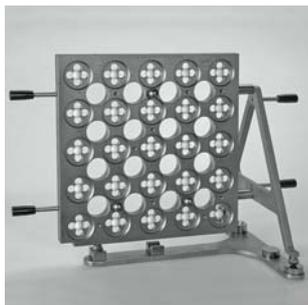
Как за короткое время получить максимально полную и достоверную информацию о погрешностях КИМ, не используя лазерный интерферометр, который стоит от 100 тысяч евро?



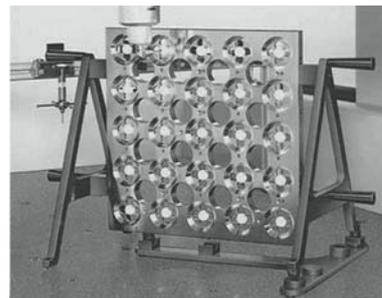
**1. KOVA-Step:** ступенчатая концевая мера длины – ряд из стальных или керамических цилиндров с шагом 20 или 10 мм. Расстояние между этими цилиндрами – строго откалиброванный размер. Эталон KOVA-Step идеально подходит для быстрой проверки линейной точности КИМ или станка с ЧПУ. Эталон изготавливается от 210 до 2050 мм. С его помощью легко выявляются неточности перемещений, люфты и погрешность датчика касания. При применении традиционных концевых мер длины (КМД) невозможно проведение такого комплексного обследования. Что особенно важно, для обработки результатов измерений ко всем представленным ниже эталонам можно заказать программное обеспечение «iti-check», которое позволяет получить единообразный протокол измерений для сравнения КИМ различных производителей.

Точность калибровки эталона  
 $U=0,12+0,6 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм





**2. КОВА-Check:** плита со встроенными керамическими сферами. Легко и быстро позволяет оценить погрешности КИМ в пространстве. За одну установку возможно получить такие параметры как: погрешность линейных перемещений, «рысканье» в двух осях, размеры по диагоналям. Измерив КОВА-Check в трех плоскостях XYZ, мы получаем все 21 параметр погрешности КИМ, и вся процедура измерения занимает не более одного часа. Размеры производимых плит от 230×230×24 до 1050×150×24 мм. Дополнительно предлагается эталон, состоящий из кольца и сферы диаметрами 30 мм, который позволяет выявить существующие погрешности датчика за счет разнонаправленного измерения кольца и сферы.



Точность калибровки КОВА-Check  $U=0,14+0,6 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм



**3. Эталон КОВА-Ball Cube-Q3:** представляет собой пространственный куб, состоящий из керамических сфер, расположенных на углах куба. Эталон применяется для экспресс оценки линейной и объемной точности КИМ. Штанги куба изготовлены из СФК углепластика, что дает минимальную температурную деформацию линейных размеров куба  $\alpha=1,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Выполняется размерами 300×300×300 до 800×800×800 мм.



Точность калибровки  $U=1,5+1,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм



**4. КОВА-Sphere beam:** эталон из жестко посаженных керамических сфер на углепластиковую основу. Температурный коэффициент линейного расширения этого материала равен  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Идеально подходит для калибровки среднегабаритных КИМ и ручных КИМ типа «рука». Изготавливается размерами от 1500 до 2500 мм с шагом между сферами 100 мм.



Точность калибровки  $U=0,7+0,9 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм



**5. КОВА-Cone Bar:** ряд конических углублений двух типоразмеров, расположенных на углепластиковой основе. Применяется эталон для проверки и калибровки КИМ типа «рука» и лазерных трекеров. Работает эталон следующим образом: измерительный



жесткий щуп КИМ базируется плотно по конусу и снимается размер. Размерная линейка эталонов от 1000 до 2500 мм.

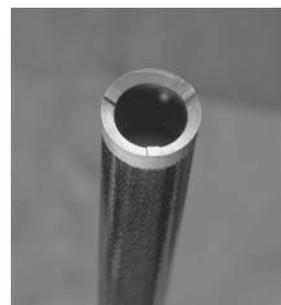
Точность калибровки  $U=1+1,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм



**6. KOVA-Ball Bar:** ряд сфер, скрепленных между собой распорными трубками строго откалиброванной длины. Базирование трубки по сфере происходит всегда по трем точкам, что определяет постоянство расстояний между сферами. Трубки изготавливаются из CFK углеродного пластика для уменьшения температурного влияния окружающей среды.

Возможные размеры эталона от 3000 до 8000 мм с шагом между сферами 300 и 400 мм, сферы диаметром 30 мм. Эталон применяется для проверки и калибровки крупногабаритных КИМ (стоечных или мостовых КИМ – измерение кузовов автомобилей и др.). Конструкция эталона разборная, собирается эталон быстро и просто без потери точности откалиброванного размерного ряда.

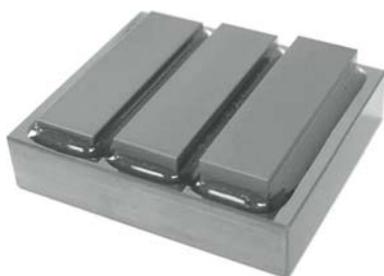
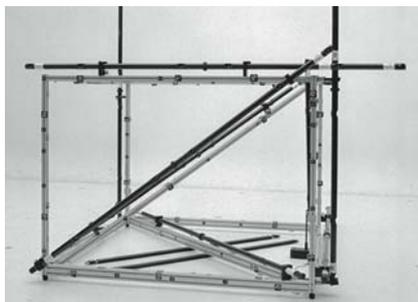
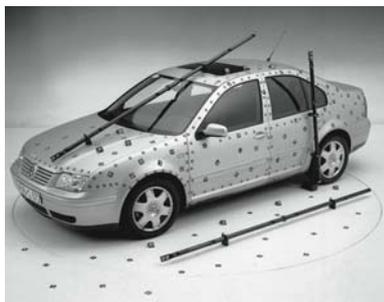
Точность калибровки  $U=0,7+0,9 \cdot 10^{-6} \cdot L$  мкм



Для оптических измерительных систем используются следующие эталоны:

**7. KOVA optima II:** два эталона длиной 2700 мм с 15 откалиброванными расстояниями на каждом эталоне – для оптических и теодолитных систем. Создание математических моделей, сравнение с математической моделью фотографическим способом и др.

Точность калибровки от  $U=8$  мкм



**8. KOVA opto-tactile Stepped Standards:** эталоны в виде брусков из специальной керамики на углеродной основе, обладающей низкой отражающей способностью. Область применения: триангуляционные лазерные сканеры, фокусные лазерные измерительные и проекционные системы и т.п.

Размеры по заказу покупателя.

**9. Sphere Standards:** высокоточные сферы из специальной керамики.



**10. 3D-Calibration standards:** набор, состоящий из различных эталонов (сфера, брусок в виде КМД, 2 сферы, скрепленные грифом).

Применение – калибровки мультисенсорных КИМ.



Полная информация о техническом состоянии КИМ или станка позволяет:

- **Свести к минимуму процент брака и повысить качество изготовления деталей.**  
Периодически проверяя и убеждаясь, что КИМ соответствует предъявляемым к нему требованиям, пользователь имеет возможность свести к минимуму долю бракованной продукции. Это также позволяет изготавливать детали высокого качества с максимально возможной точностью.
- **Свести к минимуму простои КИМ и станка.**  
Имея полную картину изменяемых во времени характеристик станка, можно прогнозировать проведение планово-предупредительных работ и ремонт станка.
- **Выигрывать тендеры на получение заказов.**  
Графики с результатами калибровки и ретроспективные отчеты об эволюции точностных характеристик станков являются наилучшим подтверждением высокого уровня организации производства, что дает дополнительное конкурентное преимущество.
- **Соответствовать требованиям стандартов серии ISO 9000.**  
Калибровка, мониторинг и контроль технического состояния обрабатывающего и измерительного оборудования – одно из требований стандартов качества серии ISO 9000.
- **Классифицировать все станки по точности обработки.**  
Производя периодическую калибровку оборудования, можно с уверенностью классифицировать его по точности обработки. Тем самым застраховаться от ошибок, связанных с погрешностями оборудования. Обработывая деталь на станке, обеспечивающем требуемую точность обработки, снижается вероятность появления бракованной продукции.
- **Увеличение срока службы оборудования.**  
Некоторые неисправности станков могут привести к чрезмерному износу систем приводов и направляющих. Выявляя и устраняя подобные неисправности на ранней стадии их возникновения, возможно увеличить срок службы станка.
- **Оценка состояния станков после перестановки.**  
Транспортировка и монтаж часто оказывают отрицательное влияние на точностные характеристики станка. Таким образом, проверка технического состояния станка после окончания установки позволит убедиться в том, что станок готов к работе.