

# Передовое 2D сканирование: решение для калибровки резьбовых калибров колец и резьбовых калибров пробок

**Ir. R. Galestien (Р. Галестиен)**  
**IAC Geometrical Engineers B.V.**  
**www.iac-instruments.com**

**Doorndistel 28 – 7891 WT KLAZIENAVEEN – НИДЕРЛАНДЫ**  
Тел. +31 591 644103 – Факс +31 591 648064 – [reginald.galestien@iac-instruments.com](mailto:reginald.galestien@iac-instruments.com)

## Резюме

Калибровка резьбовых калибров с помощью улучшенного метода двухмерного сканирования соответствует на практике самым последним требованиям Регулирования VDI 2618, часть 4.8 и 4.9<sup>1</sup>.

Такие способы калибровки, когда она осуществлялась на одной оси измерительных машин в комбинации с шариками или проволочками, давали ненадежные результаты. Измерение только расстояния между проволочками или шариками не достаточно для точного определения среднего диаметра резьбового калибра, если другие параметры резьбы принимаются с номинальным значением. Хорошо известный метод калибровки Берндта с помощью проволочек или шариков, рекомендованный Европейской организацией по аккредитации (EA), который считает самым точным для вычисления среднего диаметра, на самом деле будет неточен, если действительные значения хода, шага и углов наклона боковой стороны резьбы отличаются от значений принятых в вычислении.

Итак, очевидно, что шаг и углы наклона боковой стороны резьбы также должны быть измерены. Именно это указано в новейших стандартах по калибровке.

С обычным оборудованием калибровка резьбовых калибров становится очень затруднительной и требует значительных временных затрат. Однако, даже после выполнения всех требований, влияние отклонений прямолинейности боковой стороны резьбы по причине износа или несовершенства производства не учитывается в вычислении среднего диаметра.

Следовательно, определение среднего диаметра с помощью проволочек и шариков не может дать оптимально точный результат и не является экономически целесообразным.

По этой причине предпочтительно измерять средний диаметр, или простой средний диаметр, с помощью метода, который учитывает все упомянутые критерии. Этот метод впервые был разработан в 1992 году компанией IAC Geometrische Engineers для автоматического контроля после изготовления газовых генераторов пневмоподушек<sup>2</sup>. Одно из наиболее важных требований Союза работников технического надзора (TÜV, ФРГ) для аттестации было измерение всех параметров для каждой резьбы, включая прямолинейность боковой стороны резьбы с пропускной способностью одна пневмоподушка в 30 секунд.

Компания IAC успешно решила эту проблему с развитием тактильных 2D сканеров резьбы. Эта же технология применяется сейчас в МастерСканере для калибровки резьбовых калибров. Полное двухмерное пересечение поверхности калибра с математической проекцией через ось координат осуществляется с помощью последовательного сканирования двух противоположных контуров резьбы измерительного щупа с двумя иглами. Сразу после завершения процесса сканирования МастерСканер вычисляет и выдает следующие параметры: эффективный диаметр, простой средний диаметр, виртуальный диаметр, наружный диаметр, внутренний диаметр, шаг, углы наклона боковой стороны резьбы, отклонение от прямолинейности каждой боковой стороны, конусность и т.д. Особые методы калибровки созданы с тем, чтобы гарантировать оперативный контроль результатов.

<sup>1</sup>Союз немецких инженеров, крупнейшая организация инженеров Западной Европы, основанная в 1856.

<sup>2</sup>Системы пассивной безопасности автомобиля

## Введение

Определение простого среднего диаметра:

Диаметр канавки резьбы воображаемого цилиндра, плоскость которого проходит через сечения резьбы в таких местах, что ширина колеи резьбы была равной одной второй основного шага [4,5].

Определение среднего диаметра:

Диаметр воображаемого цилиндра, который пересекает плоскость сечения резьбы таким образом, что ширина диаметра канавки равна половине основного (номинального) шага [6].

Эффективный средний диаметр и простой средний диаметр резьбовой калибры традиционно измеряется расстоянием  $m$  между шариками или проволочками (см. Рис. 1).

Однако эффективный диаметр основывается не только на расстоянии  $m$ , что ясно следует из формул на Рис. 2. В соответствии с последними Рекомендациями 2618 (2006) Союза немецких инженеров (VDI), части 4.8 и 4.9, теперь обязательно измерять шаг и углы в первый осмотр резьбового калибра. [2,3] Наиболее точные формулы вычисления среднего диаметра  $d_2$  или  $D_2$  на основе измеряемого значения  $m$  разработаны профессором Берндтом.



Рис. 1. Внешняя резьба с проволочками и внутренняя резьба с шариками

Рекомендуется ЕА воспользоваться эти формулы. [1]

$$d_2, D_2 = m \cdot \cos \theta \mp d_D \cdot \frac{\cos \frac{\beta - \gamma}{2}}{\sin \frac{\beta + \gamma}{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2 \cdot \sin^2 \theta}{d_D^2 \cdot \cos^2 \left( \frac{\beta - \gamma}{2} \right)}} \pm \left( \frac{l}{n} - \frac{2 \cdot l \cdot \theta}{\pi} \right) \cdot \frac{\cos \beta \cdot \cos \gamma}{\sin (\beta + \gamma)}$$

$$\arcsin(\theta_k) = \frac{d_D \cdot l}{\pi \cdot m^2} \cdot \frac{\cos \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \frac{\beta - \gamma}{2}}{\cos \frac{\beta + \gamma}{2}} \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{m^2 \cdot \sin^2 \theta_{k-1}}{d_D^2 \cdot \cos^2 \left( \frac{\beta - \gamma}{2} \right)}}}{\cos \theta_{k-1} \pm \sin \left( \frac{\beta + \gamma}{2} \right) \cdot \cos \left( \frac{\beta - \gamma}{2} \right) \cdot \frac{d_D}{m} \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2 \cdot \sin^2 \theta_{k-1}}{d_D^2 \cdot \cos^2 \left( \frac{\beta - \gamma}{2} \right)}}$$

Рис. 2: Формулы Берндта

## Проблемы с двух-шариковым и трех-проволочковым измерением

Однако только значение  $m$  не является само по себе достаточным. Даже хорошо известный метод вычисления Берндта для проволочек или шариков не является точным, если действительные значения ход, шаг и углы наклона боковой стороны отличаются от значений, используемых в вычислении. Итак, ясно, что для точных результатов шаг и углов наклона боковой стороны также должны быть измерены. Более того, Берндт предполагал, что реальные поверхности имеют идеально прямые боковой стороны. В большинстве случаев это не так из-за износа оборудования и низкого качества производства.

В случае отклонения от прямолинейности боковой стороны, формулы Берндта больше не являются справедливыми.

Следовательно, измерение среднего диаметра с помощью проволочек и шариков не может дать оптимально точные результаты и больше не является экономически целесообразным. Действительная форма, включая отклонения от нормы поверхности резьбы, играет важную роль и в упомянутых определениях среднего диаметра и простого среднего диаметра и также должна учитываться.

## Решение: 2D Сканирование

Этот метод впервые был разработан в 1992 кампанией IAC Geometrical Engineers для

автоматического контроля после изготовления газовых генераторов пневмоподушек. Одно из наиболее важных требований Союза работников технического надзора (TÜV, ФРГ) для аттестации было измерение всех параметров для каждой резьбы, включая прямолинейность боковой стороны упорной резьбы с пропускной способностью одна пневмоподушка в 30 секунд. Кампания IAC успешно решила эту проблему с развитием тактильных 2D сканеров резьбы. Дальнейшее развитие этой технологии сделало возможным ее применение для калибровки резьбового калибра. Разработанный инструмент получил имя IAC МастерСканер (см. Рис. 3) IAC производит МастерСканер с 1995 года.

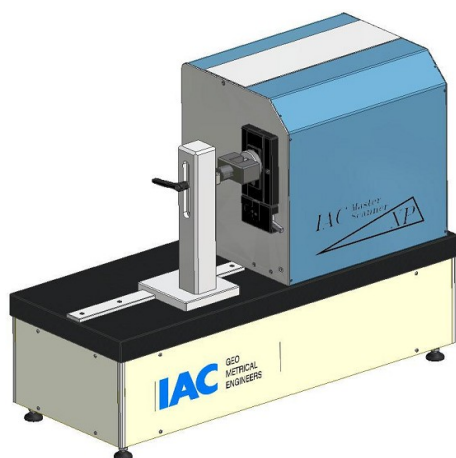


Рис. 3. IAC МастерСканер

### Последующее усовершенствование 2D Сканирования

Последующее усовершенствование 2D сканирования связано с решением некоторых проблем, присущих тактильному сканированию, что делает возможным за один автоматический цикл получать значения следующих величин с хорошо измеренными погрешностями: эффективный диаметр, простой средний диаметр, виртуальный диаметр, наружный диаметр, внутренний диаметр, шаг, углы наклона боковой стороны резьбы, отклонения прямооты каждой боковой стороны, конусность, и т.д. Визуальное изображение сканированной поверхности резьбы также очень полезно для анализа этой информации.

### Коррекция вершины иглы

В этом методе очень важно получить действительные границы между сталью и воздухом по бокам стороны резьбы. Действительная форма иглы сканирующей шуп должна быть доступна для коррекции сканеров профиля. С помощью сканирования

сертифицированных контуров Мастер Калибра (см. Рис. 4) и усовершенствованных методов подгонки влияние сканирующих иглах, включая износ вершин иглы, математически компенсируется.



Рис. 4. Мастер Калибра для коррекции шуп

Для каждого направления левой и правой боковой стороны поверхности вычисляется действительный функциональный радиус иглы с учетом влияния износа, возможных дефектов и т.д. (см. Рис. 5)

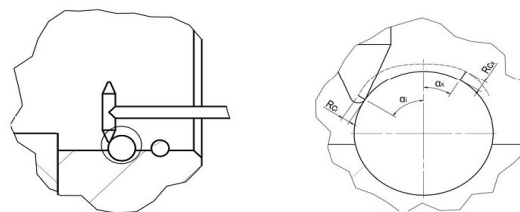


Рис 5. Изображение игла Мастер Калибра

### Закрепление и центрирование

Калибры поддерживаются самоцентрирующимися быстро заменяющимися блоками поддержки. Функция этих блоков – расположить каждый калибр в воспроизводимом смещенном от оси положении относительно области сканирования. Это делает возможным использование так называемой промежуточной калибровки (см. Рис. 6 и 7).

### Промежуточная калибровка

Промежуточная калибровка каждой поддерживающей единицы устраняет

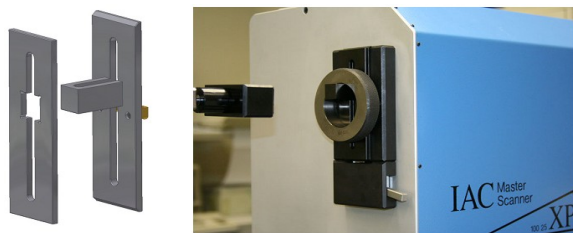


Рис. 6 Поддержки для калибра-кольца

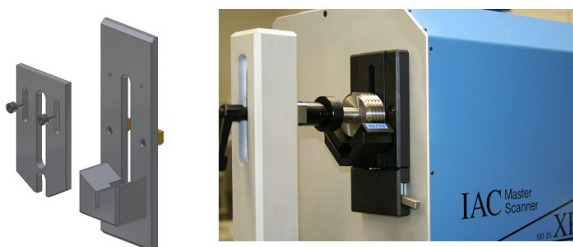


Рис.7 Поддержки для калибра-пробки

необходимость ручного центрирования с потерей точности и является сканированием сертифицированного установочного кольца или пробки.

В этой процедуре вычисляется, насколько меньший диаметр калибра, предназначенного для калибровки, отклоняется от центра блока поддержки. Точность достигается прибавлением компенсационного значения к измеряемым диаметрам (см. Рис. 8)

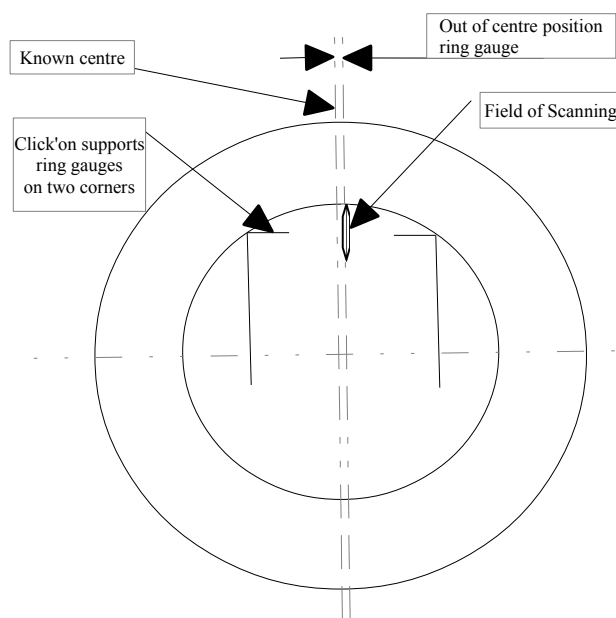


Рис. 8. Промежуточная калибровка поддержки с калиброванными установочными кольцами

Регулировка параллельности оси координат калибра с осью МастерСканера достигается изменением положения. Ось координат калибра может быть выведена от верхнего и нижнего контура.

## Источники неопределенности в измерении

В этом примере перечислены источники неуверенность измерений эффективного диаметра резьбового калибра-кольца. Калибровка резьбового калибра-кольца может быть разделена на 2 процесса:

- 1) промежуточная калибровка установочного кольца
- 2) сканирование калибра.

В случае 30 мм. установочного кольца для промежуточной калибровки и калибровки М30-6g резьбового калибра-кольца сочетание 1 и 2 процесса оценивается следующим образом: неуверенность эффективного диаметра 1,9 мкм

Эта оценка неопределенности основывается на стандартной неуверенности умноженной на коэффициент охвата  $k=2$  и на параметрах работы МастерСканера XP 10025 в нашей лаборатории.

Для МастерСканера XP 10025 мы указываем: 2,5 мкм

### **Способ 1: Промежуточная калибровка установочного кольца**

#### **1.1 Измеряется предмет образцовый стальной кольцевой калибр**

Неуверенность сертификат кольца изменение диаметра из-за изменения материала мм

#### **1.2 Измеряется предмет в внешних условиях измерения**

Отклонение температуры окружающего воздуха от 20°C

Изменение диаметра из-за среднего квадратичного отклонения коэффициента теплового расширения Миллионная доля/°C

Изменение диаметра из-за влияния температуры на температуру окружающего воздуха °C

#### **1.3 Передача информации**

Среднее квадратичное отклонение МастерСканера Параллельно некомплект коррекции иглах щупа

#### **1.4 Обработка информации**

Внутренний округление

## Способ 2: Калибровка эффективного диаметра

## Заключение

**2.1 Измеряется предмет со средним диаметром для калиброванных кольцевой калибр**  
Дефект на контактной поверхности мм

2.2 Измеряется предмет во внешних условиях измерения  
Отклонение температуры окружающего воздуха °C  
Изменение диаметра мм из-за среднего квадратичного отклонения коэффициента теплового расширения Миллионная доля/°C  
Разница номинальных диаметров  
Изменение диаметра из-за изменения температуры кольца в °C

2.3 Передача информации  
Среднее квадратичное отклонение МастерСканера  
Эксцентricность погрешность E  
Heidenhain Стеклошкала позиционирование мм  
Изменение шкалы Heidenhain из-за среднего квадратичного отклонения коэффициента теплового расширения Миллионная доля/°C  
Изменение Heidenhain Стеклошкала из-за изменение температуры °C  
Линейное отклонение Heidenhain Стеклошкала  
Верхний и нижний контур позиции боковой стороны резьбы пересекают реальное сечения со средней линией: ось X неопределенность в измерении  
Остаточная погрешность коррекции неопределенность радиуса иглы из-за Мастер Калибра

2.4 Обработка информации  
Внутренний округление

Сравнение 2D сканирования с методами измерения по сравнению с методом проводов и двух шариков, проведенное в данной статье, показывает, что 2D сканирование имеет много преимуществ перед обычными методами. 2D сканирование оценки эффективного среднего диаметра и простого эффективного диаметра находится в большем соответствии с принятыми резьбовыми стандартами. Фактически, выполнение требований новых руководящие принципы как VDI 2618, часть 4.8 и 4.9 возможно только при применении 2D сканирования.

### Ссылки

[1] EA-10/10: EA руководящие принципы по определению среднего диаметра калибров цилиндрической резьбы с механическим зондированием.

[2] VDI/VDE/DGQ 2618, часть 4.8 (Март 2006) Инструкции тестирования калибров установочной пробки и пробок калибра для цилиндрической резьбы.

[3] VDI/VDE/DGQ 2618, часть 4.9 (Апрель 2006) Инструкции тестирования калибров установочных колец и кольца калибра для цилиндрической резьбы.

[4] DIN 2244

[5] ANSI/ASME B1.7M

[6] ISO 1502, 1996-12 Метрическая резьба

### Доступные диапазоны для диаметров

В настоящий момент следующие диапазоны диаметров доступны для измерения на 2D сканерах компании IAC.

2D-Сканер	Внутренний диаметр (мм)		Наружный диаметр (мм)	
	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
МастерСканер XP	2,5	160	1	150
МастерСканер XPL	2,5	520	1	520