

Измерительные системы для калибровки резьбовых калибров. Методика координатных измерений резьбовых поверхностей

И.В. Сурков, В.А. Котов (ЗАО «ЧелябНИИконтроль»)

Большую роль в обеспечении качества промышленной продукции играют метрологические подразделения и лаборатории, осуществляющие контроль качества на всех этапах производственных процессов. Оснащение лабораторий современными автоматизированными средствами измерения и контроля позволяют значительно повысить точность и производительность операций технического контроля, снизить влияние субъективных факторов. Это особенно важно для предприятий выпускающих сложную, высокоточную продукцию. В изделиях машиностроения, металлургии, нефтегазового комплекса одним из важнейших элементов определяющим надёжность и эффективность работы, являются различные резьбовые соединения. Большую сложность представляет обеспечение качества резьбовых соединений в изделиях нефтегазового комплекса.

Существует большое число вариантов конструкций и типоразмеров резьбовых соединений на муфтах и трубах для нефте-газо добычи, а так же в оборудовании, применяемом в этой отрасли (насосы, забойные двигатели и т.д.). Для обеспечения надёжности применяется 100% контроль в таких резьбовых соединениях. В отличие от других отраслей промышленности, в которых широко используются различные системы автоматического и автоматизированного контроля (КИМ, приборы автоматического управления), для контроля резьбовых соединений в основном используют резьбовые калибры. Интенсивное использование резьбовых калибров приводит к значительному износу и потери точности. Это приводит к изменению их размеров и, соответственно, к изменению размеров контролируемых резьбовых поверхностей. Поэтому износ калибров допускается только до определенного предела, величина которого приблизительно равна допуску на его изготовление.

Следовательно, необходимо достаточно часто проводить калибровку (для некоторых типов калибров, внесённых в госреестр - поверку) рабочих и контрольных резьбовых калибров. Такой контроль производится и в процессе изготовления калибров, и при окончательном контроле у Производителя, и в процессе периодической калибровки в лаборатории Заказчика. В существующих методиках выполнения калибровки используется в основном ручные, универсальные и специализированные средства измерения. Процесс калибровки выполняется с низкой производительностью и требует высоко квалифицированного персонала.

Учитывая современные тенденции развития методов и средств контроля необходимо автоматизировать процесс измерения и обработку метрологической информации при выполнении поверочных и калибровочных работ.

Наиболее эффективно использовать приборы, основанные на координатном методе измерения, которые являются универсальными, гибкими и производительными. Программное обеспечение координатных измерительных приборов и систем позволяет автоматизировать процесс получения и обработки информации.

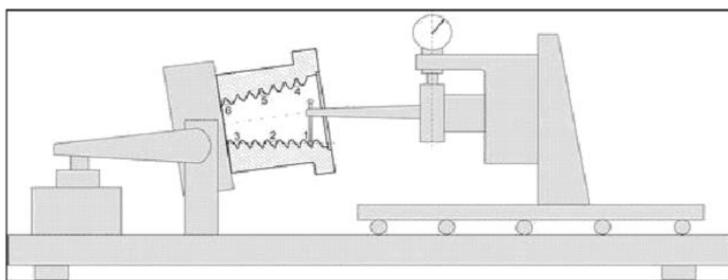
Установлено, что основной проблемой контроля резьбовых поверхностей, является проверка внутренних параметров калибров – колец. Так как поверхность внутренней резьбы имеет очень малую доступность для измерительных приборов.

Предприятием «ЧИЗ» с 1968 г. для трубных заводов выпускался прибор 481К, предназначенный для контроля резьбовых и гладких калибров – колец. Прибор имеет полностью ручное управление и позволяет контролировать следующие параметры калибров:

- Шаг резьбы;
- Отклонение от конусности по линии среднего или внутреннего диаметра резьбы
- Прямолинейность образующей конуса;

Прибор оснащён двумя индикаторами часового типа и одной окулярной линейкой по оси X.

Большим достоинством прибора является то, что методика проведения измерений включена в государственные и отраслевые стандарты.



Проектное подразделение ЗАО «ЧелябНИИконтроль» в 2006 г. возобновил производство модернизированного варианта прибора 481КМ2.

За основу прибора 481КМ2, была взята базовая конфигурация прибора 481К. За счет модернизации механической и аппаратной части, появилась возможность проведения двухкоординатных измерений. Сам цикл измерения на приборе производится в ручном режиме, но большое внимание было уделено автоматизации трудоёмких размерно–точностных расчетов. Для этого был проведен анализ существующих конструкций и типоразмеров резьбовых калибров, подготовлено информационное обеспечение как основа базы данных (БД) для хранения информации о контролируемых параметрах, схемах и методиках контроля. Для эффективной работы новой системы 481КМ2, было разработано собственный вариант специализированного метрологического ПО «ТехноКоорд-Резьба».

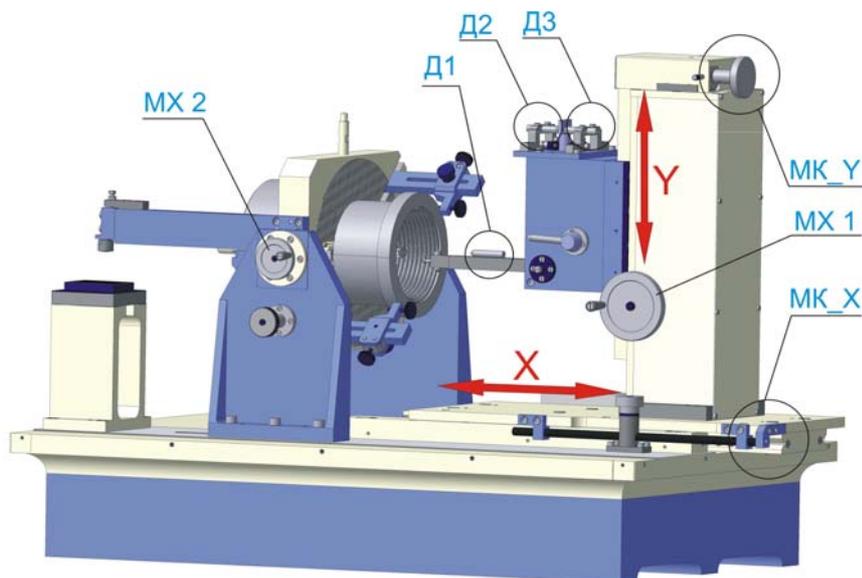


Модернизированный вариант прибора 481КМ2, для контроля резьбовых калибров (колец и пробок), предназначен для определения:

- среднего, наружного, внутреннего диаметра в измерительной плоскости,
- конусности по среднему диаметру
- прямолинейности образующей конуса (цилиндра) по линии среднего диаметра
- конусности по внутреннему и наружному диаметру
- шаг резьбы

- отклонение от перпендикулярности базового торца к оси резьбовой поверхности.
- прямолинейности образующей конуса (цилиндра) гладких калибров.

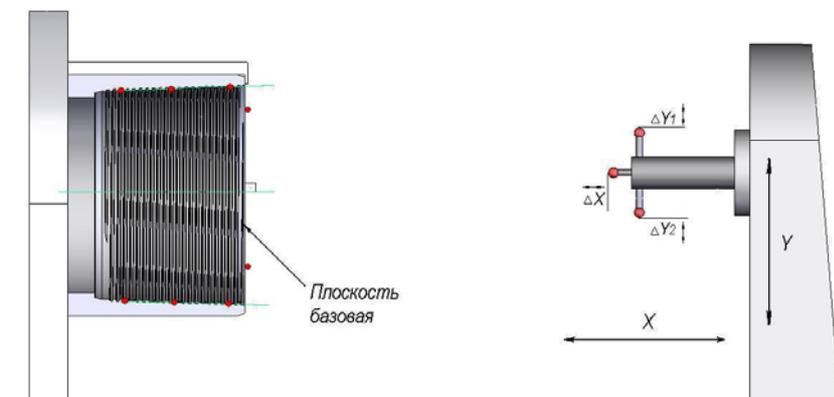
Прибор оснащён тремя индуктивными датчиками Д1(ΔX), Д2(ΔY_1), Д3 (ΔY_2) рабочий диапазон которых $\pm 0,6$ мм. (Д2 и Д3 работают отдельно (попеременно) для верхнего и нижнего сечений) Также на приборе установлены две фотометрические линейки (по координатам X, Y). Это позволяет проводить двух координатные измерения резьбовых калибров (пробок и колец).



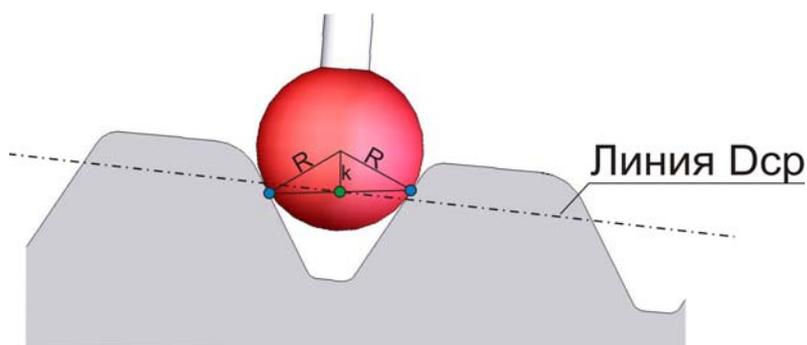
Перемещение каретки осуществляется вручную при ослабленном фиксаторе (Ф), измерительная головка (ИГ) перемещается при помощи маховика (МХ 1) по координате Y.

На подвижной каретке расположены микро подачи МК_X и МК_Y, позволяющие проводить плавный и более точный подвод измерительного наконечника (ИН) в рабочую зону.

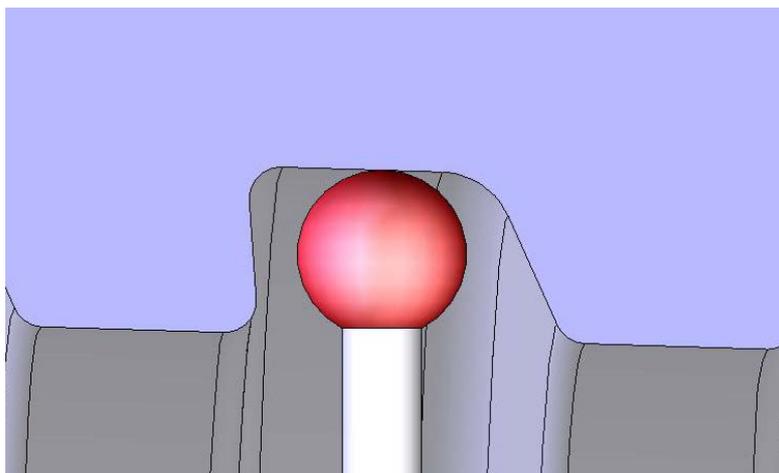
Схема координатных перемещений измерительных наконечников (ИН) при проведении измерений приведена на рисунке.



Методика контроля резьбовых калибров, на приборе 481KM2, математически моделирует методику измерения на синусном устройстве, при помощи стандартных проволочек. В этом случае диаметр ИН выбирается в зависимости от шага и угла профиля. Данная схема справедлива только для калибров с треугольным профилем резьбы, так как сопряжение треугольной резьбы происходит по Dcp.



Для измерения резьбы с трапецеидальным профилем ИН выбирается из условия свободного касания впадины резьбы. Для большинства профилей трапецеидальной резьбы подходят стандартизированные диаметры наконечников по спецификациям API 5B.

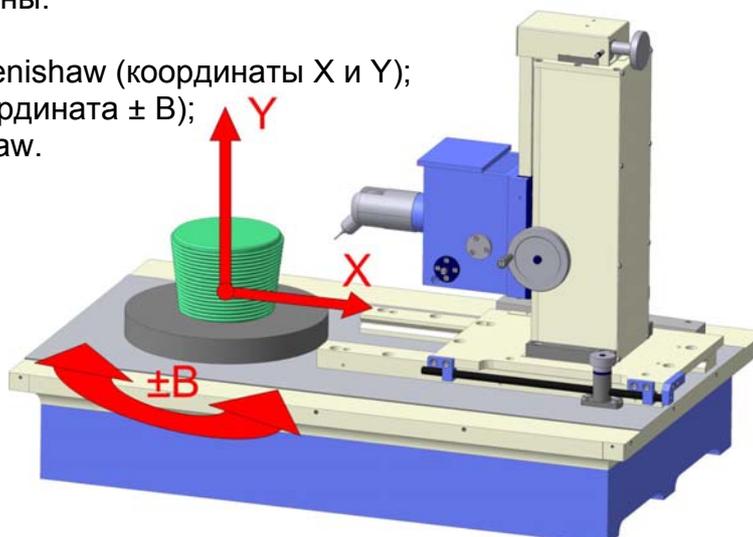


На базе уже модернизированного варианта прибора 481KM2, проводится проектировка модульной конструкции прибора НИИК-483, который обеспечивает измерения в автоматическом цикле.

В комплектацию прибора включены:

- привода Siemens;
- фотоэлектрические линейки Renishaw (координаты X и Y);
- угловой энкодер Renishaw (координата $\pm B$);
- измерительная головка Renishaw.

Модульность конструкции прибора позволяет, за счет введения дополнительных модулей, расширить технические и метрологические возможности, и достоверность измерений. Дополнительно к линейным координатам X и Y добавляется угловая координата $\pm B$ за счет применения модуля с высокоточным поворотным столом, вместо синусного устройства.



Кроме контроля калибров пробок и колец разных типоразмеров и конструкций, появляется возможность контроля тел вращения, эвольвент, цилиндрических и конических зубчатых колец, режущего инструмента. Для контроля тел вращения предусмотрены специальные наладки.

Кроме стандартного поворотного стола $\varnothing 300$ мм, имеется возможность установки поворотного стола $\varnothing 500$ мм.

Так как предприятие является разработчиком данного прибора и ПО, то возможна адаптация конструкции под пожелания Заказчика.

Для контроля резьбовых калибров используются многоточечные координатные измерения, которые проводятся с помощью универсальных наконечников (Renishaw) с малым диаметром сферы ($0,5 \div 1$ мм.) Они позволяют рассчитать большее число необходимых параметров по сравнению с упрощенной методикой. Количество измеряемых координат точек зависит от шага и угла профиля резьбы. Так, при малых типоразмерах треугольной резьбы многокоординатные измерения

не эффективны, так как очень трудно разместить на малом участке необходимое число точек.

На схемах представленных ниже, приведены типовые схемы измерения резьбовых поверхностей с треугольным и трапецеидальным профилем:

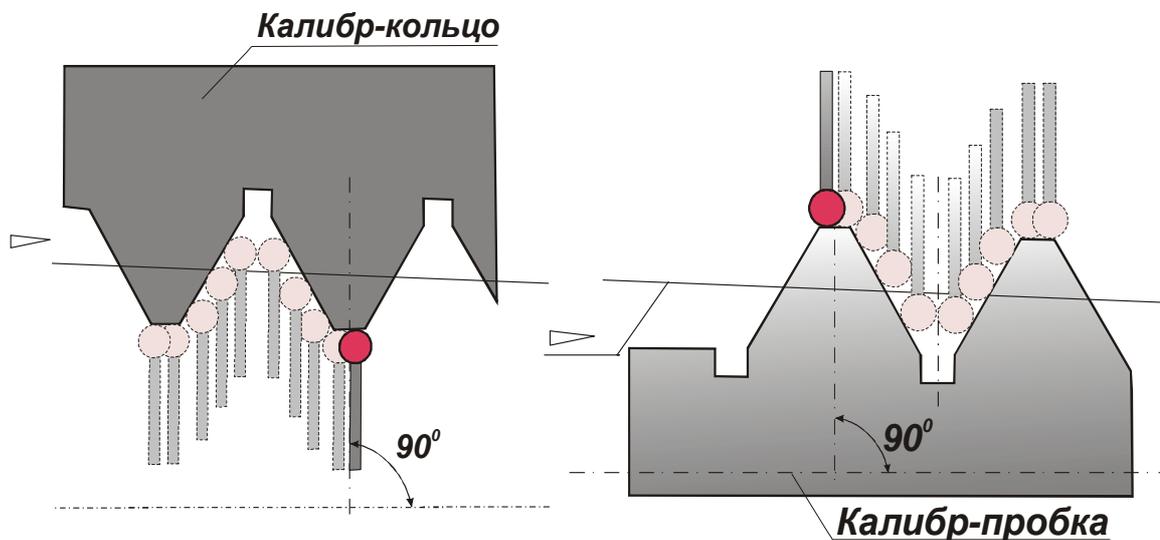


Схема измерения треугольной резьбы

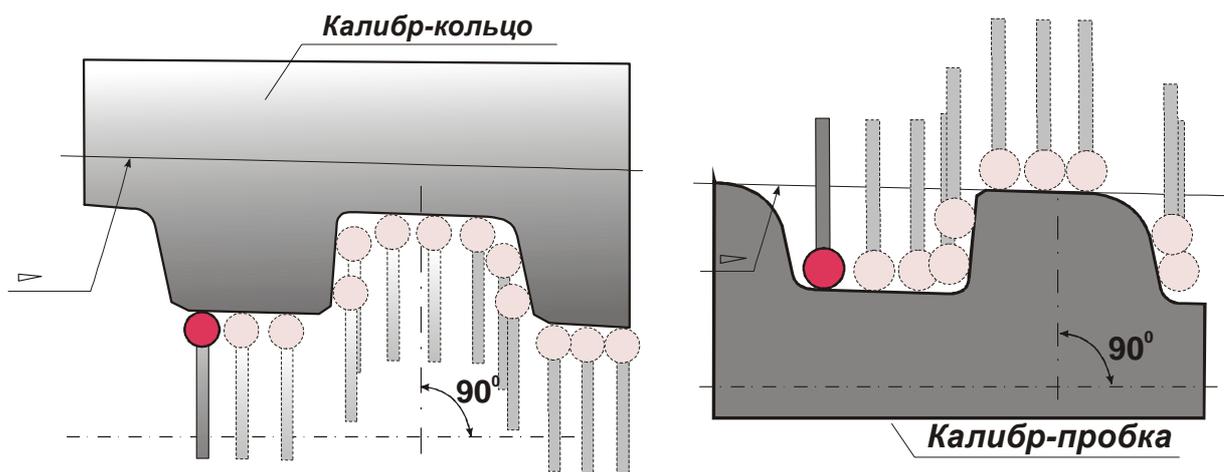
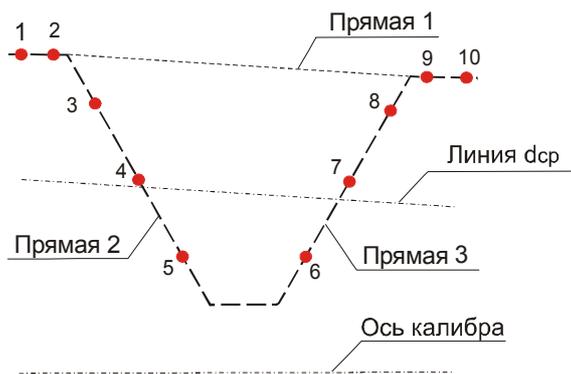
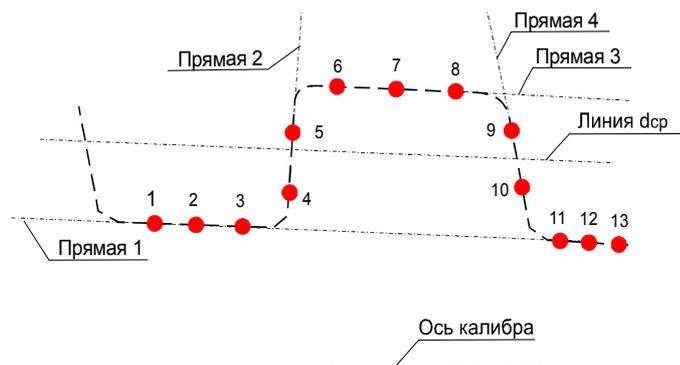


Схема измерения трапецеидальной резьбы

Основным отличием новой модификации прибора НИИК-483, является применение компьютерной системы для автоматизации процесса измерения. Для автоматизации процессов расчета и определения результатов контроля резьбовых поверхностей разработаны математические модели, в которых при помощи аналитических формул установлена взаимосвязь между координатами измеренных точек и значениями необходимых метрологических параметров резьбы (диаметров, шага, отклонения от конусности и т.д.), а для модификации прибора НИИК-483 также появилась возможность определения углов профиля резьбовых калибров.



Порядок обхода треугольного профиля резьбы (пробки (кольца))



Порядок обхода трапецидального профиля резьбы

Модульная модификация прибора НИИК-483, позволяет за счет много координатных измерений разработать методику определения натяга за счет компьютерного моделирования процесса свинчивания измеренного калибра с идеальным эталоном или с моделью реального мастер-калибра.

