

## Роль калибров в современном машиностроении

М. И. ЭТИНГОФ

ОАО «НИИИзмерения», Москва, Россия, e-mail: etingof@glasnet.ru

*Рассмотрены виды и области применения калибров в современном машиностроительном производстве.*

**Ключевые слова:** калибры, сопряжения калибров.

*The types and applications in today's caliber machine-building industry were considered.*

**Key words:** calibre, pairing calibres.

Калибры были одними из первых измерительных инструментов, применяемых при изготовлении, главным образом, сопрягаемых деталей и механизмов машин, таких как ствол ружья и пули, вал и втулка, винт и гайка и т. п. При помощи калибров определяли не размер детали, а только ее пригодность для сопряжения с другой деталью. Вначале на производстве использовали только нормальный калибр, который обеспечивал собираемость деталей. Однако качественное функционирование собранной пары такой калибр обеспечить не мог, так как не показывал, какой зазор, или натяг, получился в сопрягаемой паре деталей.

В XX веке с ростом серийного и массового производства была разработана система допусков и посадок, появилось понятие взаимозаменяемости. Также возник и новый принцип организации производства изделий на базе раздельного изготовления сопрягаемых деталей с выполнением их размеров в таких пределах, которые при произвольном сочетании собираемых деталей удовлетворяют функциональным требованиям к изделию (заданному зазору или натягу). Для выпуска деталей с заданным полем допуска стали применять предельные калибры — проходной и непроходной, соответствующие допуску на деталь. На основе системы допусков и посадок для гладких и резьбовых калибров [1, 2] были подробно разработаны теория, конструкция и соответствующие нормативные документы.

Калибры являлись доминирующим измерительным инструментом и производились инструментальными заводами, специализированными фирмами и машиностроительными заводами.

Недостаток применения калибров состоит в том, что каждый из них годен для контроля только одного размера детали, поэтому на инструментальных складах машиностроительных заводов хранились сотни, а иногда и тысячи калибров. Для проверки годности калибров требовались контракалибры. Калибры быстро изнашивались, иногда в течение одной рабочей смены, и их приходилось ремонтировать и аттестовывать. Так как калибры обеспечивали только сортировку изготовленных деталей на годные и брак, но не определяли их действительные размеры, то они были малопригодны для настройки станков.

С появлением механических, пневматических, электронных и оптических измерительных приборов и построенных на их базе контрольных приспособлений и измерительных устройств применение калибров на производстве быстро сократилось. В настоящее время калибры используют лишь в некоторых областях машиностроения, когда применение приборов затруднено, например, при контроле размеров

валов и отверстий малого диаметра (менее 10 мм), конусов и резьбовых деталей. Также все большее место в машиностроении занимают станки с ЧПУ. Автоматизация производства позволила исключить использование калибров, заменив их высокоточными приборами и координатно-измерительными машинами. Поэтому сейчас калибры для контроля гладких отверстий и валов выпускают в небольших количествах по специальным заказам.

Однако для измерений валов и отверстий малых диаметров служат наборы точно изготовленных калибров, размеры которых отличаются на очень небольшое значение, например, 1,0 или 2,0 мкм. Их выпускают фирмы Tesa (Швейцария), Mitutoyo (Япония), Mahr (Германия) и др. Для измерения отверстий диаметром 0,5—10 мм предназначены наборы предельных и прецизионных гладких калибров-пробок с шагом по диаметру 1,0; 2,0; 10,0 мкм и допуском  $\pm 0,4$  мкм; для эталонных калибров-пробок допуск составляет  $\pm 0,15$  мкм. Длина рабочей части пробок 1—50 мм, шероховатость поверхности менее 0,1 мкм [3].

Для измерений валов диаметром 0,06—30 мм выпускают калибры-кольца с шагом 1,0 мкм. Допуск на диаметр составляет  $\pm 1,25$  мкм. Калибры-пробки и калибры-кольца изготавливают из легированной стали или твердого сплава с рабочей поверхностью, закаленной до твердости 60—62 HRC. Такие наборы калибров, например, с шагом 1,0 мкм, позволяют не только забраковывать детали на годные и брак, но и достаточно точно определять их диаметр, поскольку диаметры калибра и детали можно подобрать с погрешностью 1—2 мкм. Погрешность измерений в данном случае определяется зазором между калибром и деталью, т. е. зависит от опыта контролера и погрешности изготовления калибра. Калибр вводится в контролируемую деталь без зазора с заданным небольшим усилием. При таких условиях зазор между контролируемой деталью и калибром составляет 1,0—1,5 мкм.

Однако во всех случаях при измерениях прецизионными калибрами предельно допустимая погрешность не будет превышать 2,0 мкм. Это не только точнее, чем при измерениях малых размеров универсальными средствами, например нутромерами, но значительно проще и удобнее.

Прежде большое применение имели конусные калибры [4]. С распространением современных приборов для контроля конусов, в том числе координатно-измерительных машин и кругломеров, появилась возможность точно измерять конусы по всей поверхности прилегания и использование конусных калибров существенно сократилось. Тем не менее при изготовлении шпинделей и инструментов провер-

ка конусности и припасовка конусов при помощи калибров и краски обеспечивает более высокую точность и надежность конусных соединений.

В настоящее время калибры применяют для контроля внутренней и наружной резьбы различного назначения. Существуют приборы для контроля отдельных параметров резьбы — наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы, ее шага, высоты и угла профиля, погрешности винтовой линии, конусности (для конической резьбы) и др. Эти приборы удобны при настройке станков и контроле точной резьбы (ходовые винты, микровинты и т. п.). При этом не всегда обеспечивается свинчиваемость сопрягаемых деталей, прочность и герметичность резьбового соединения. Конечно, можно провести точное измерение резьбы при помощи координатно-измерительной машины или современных оптических приборов (микроскопа или проектора), но это не всегда возможно в производственных условиях и тем более в условиях эксплуатации. Поэтому для комплексной проверки резьбовых деталей широко применяют резьбовые калибры — пробку и втулку.

Особенно важно контролировать резьбу на концах нефтегазовых труб, так как от этого зависит прочность и надежность соединений труб, в том числе опускаемых в скважину. Поэтому основным средством приемки резьбовых изделий остается контроль с использованием калибров.

Достоинство современных резьбовых калибров состоит в том, что их изготавливают на точных резьбошлифовальных станках с ЧПУ, позволяющих получить отклонение от круглости 0,5—1,0 мкм и шероховатость 0,1 мкм. Резьбовые калибры аттестуют с высокой точностью по всем параметрам резьбы на координатно-измерительных машинах.

Таким образом, в настоящее время практически не применяют гладких калибров для контроля диаметров валов и отверстий диаметром более 10—20 мм, а используют их для контроля валов и отверстий малого диаметра, конусов и резьбы.

### Литература

1. Медовой И. А., Уманский Я. Г., Журавлев Н. М. Исполнительные размеры калибров: Справ. пособие: М.: Машиностроение, 1980.
2. Медовой И. А., Дроздова Ю. И. Исполнительные размеры калибров: Справ. пособие: М.: Машиностроение, 1980.
3. ГОСТ 2789—73. Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики.
4. ГОСТ 2849—94. Калибры для контроля конусов инструментов. Технические условия.

Дата принятия 25.06.2013 г.

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

535.233.43:536.2:539.216.22

### Определение действительной температуры объекта при тепловизионных измерениях

В. П. ХОДУНКОВ, А. И. ПОХОДУН

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, С.-Петербург, Россия, e-mail: walkerearth@mail.ru

*Теоретически показана возможность экспериментального определения действительной температуры удаленного объекта при неизвестных значениях его излучательной способности и коэффициента ослабления ИК-излучения в промежуточной среде — атмосфере. Приведены некоторые экспериментальные данные.*

**Ключевые слова:** действительная температура, ИК-излучение, тепловизор, плотность потока излучения.

*The possibility of experimental determination of the real temperature of remote object with unknown values of its emittance and attenuation coefficient of IR-radiation in the intermediate environment — atmosphere — is theoretically demonstrated. Certain experimental data is presented.*

**Key words:** actual temperature, infrared, thermal imager, radiation flux density.

В методах инфракрасной (ИК) радиометрии конечный результат измерений зависит, главным образом, от температуры исследуемого объекта, а также от спектральных характеристик поверхности объекта и промежуточной среды, разделяющей объект и наблюдателя (региструющей прибор). При измерениях такого класса используется априор-

ная информация об излучательной способности поверхности объекта либо применяются специальные методики выполнения измерений, например, основанные на измерениях нескольких яркостных температур [1, 2]. Информация об одном из основных свойств промежуточной среды — коэффициенте пропускания излучения — только, как правило,