

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»**

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

САМАРА 2012

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

*Методические указания
к лабораторной работе*

САМАРА 2012

Составитель *Е.В. Бурмистров*

УДК 621.753

Измерение параметров резьбы: Метод. указания к лаб. работе / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. *Е.В. Бурмистров*. – Самара, 2012, 27 с.

Приведены сведения о допусках, посадках и методах контроля резьбовых соединений, об устройстве инструментального микроскопа и методике измерения основных параметров резьбы.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных и курсовых работ студентами дневного и вечернего отделений факультетов 1, 2, 3 и 4. Разработаны на кафедре «Механическая обработка материалов».

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета.

Рецензент *А. В. Т а р а с о в*

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Резьбовые соединения, наряду с гладкими цилиндрическими, получили широкое распространение в машиностроении. Действительно, более 60% деталей современных летательных аппаратов, их двигателей, автомобилей, станков и других изделий имеют резьбу. При этом резьбовые соединения зачастую выполняют весьма ответственные функции, например, резьбовое соединение, обеспечивающее крепление диска турбины к фланцу вала турбины.

В связи с этим к резьбовым соединениям предъявляются повышенные требования по обеспечению взаимозаменяемости и точности. Однако выполнить эти требования значительно сложнее, чем для гладких цилиндрических соединений. Это вызвано тем, что резьбовые соединения являются более сложным видом соединений и характеризуются не одним, а, по крайней мере, пятью основными параметрами: наружным, средним и внутренним диаметрами, а также шагом и углом профиля резьбы.

Для решения задачи по обеспечению взаимозаменяемости резьбовых соединений необходимо располагать достаточно точными и надёжными средствами и методами контроля и измерения указанных параметров резьбы.

Целью данной лабораторной работы является:

- знакомство с положениями стандартов, определяющих основные параметры и профиль метрических крепёжных резьб;
- изучение методов и средств измерения и контроля параметров резьбы;
- выполнение дифференцированных измерений различных параметров резьбы, например резьбы метчиков, с помощью инструментального микроскопа;
- сопоставление результатов измерений с предельно допустимыми значениями, установленными государственным стандартом, и аттестация метчиков.

1. ПРОФИЛЬ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МЕТРИЧЕСКИХ КРЕПЁЖНЫХ РЕЗЬБ

Метрические крепёжные резьбы являются наиболее распространённым видом резьбовых соединений, используемых в современных изделиях машиностроения и приборостроения. В зависимости от расположения резьбовых поверхностей резьбы подразделяются на внутренние (гайки, гнёзда, муфты, и т.д.) и наружные (болты, винты, шпильки и т.д.).

На рис.1 изображены схемы внутренней резьбы (гайки), наружной резьбы (болта) и их соединение.

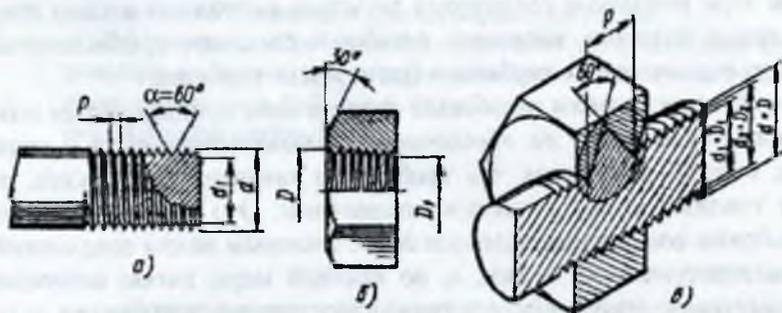


Рис. 1. Наружная (а), внутренняя (б) резьбы, соединение болта с гайкой (в)

Как видно из этого рисунка, основными параметрами метрических крепёжных резьб являются:

наружный диаметр $D(d)$;

внутренний диаметр $D_1(d_1)$;

средний диаметр $D_2(d_2)$;

шаг P ;

угол профиля α , равный 60° .

При этом номинальные значения указанных параметров для внутренней и наружной резьб, если они образуют соединение, принимаются одинаковыми.

Наружный диаметр (D для гайки и d для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг впадин внутренней резьбы или выступов наружной. Размер наружного диаметра $D(d)$ является номинальным размером резьбы.

Внутренний диаметр (D_1 для гайки и d_1 для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, вписанного в выступы внутренней резьбы или во впадины наружной.

Средний диаметр (D_2 для гайки и d_2 для болта) – это диаметр воображаемого цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы таким образом, что ширина впадины резьбы, измеренная вдоль этой образующей, равна ширине витка.

Шаг резьбы P – это расстояние между соседними одноимёнными боковыми сторонами витков резьбы по линии, параллельной её оси.

Угол профиля $\alpha = 60^\circ$ – это угол между смежными боковыми сторонами профиля резьбы в осевой плоскости. Для резьб с симметричным профилем, к каковым относятся метрические крепёжные резьбы, нормируют и измеряют половину угла профиля $\alpha/2 = 30^\circ$. Это позволяет выявить возможную несимметричность профиля из-за неточной установки инструмента и детали при нарезании резьб.

Номинальные значения наружного, среднего и внутреннего диаметров, а также шага для наиболее широко используемых резьб приведены в табл. П1 (приложение).

Профиль метрической крепёжной резьбы для диаметров от 0,25 до 600 мм регламентирует ГОСТ 9150-81 [1]. Согласно этому стандарту профиль метрической крепёжной резьбы (рис. 2) представляет собой равносторонний треугольник с плоскими срезами, выполненными на расстояниях $H/8$ и $H/4$ (соответственно по наружному и внутреннему диаметрам) от вершин исходного профиля, где H – высота исходного профиля.

Высота исходного профиля, как высота равностороннего треугольника, равна $H \approx 0,866P$. Рабочая высота профиля $H_1 \approx 0,541P$.

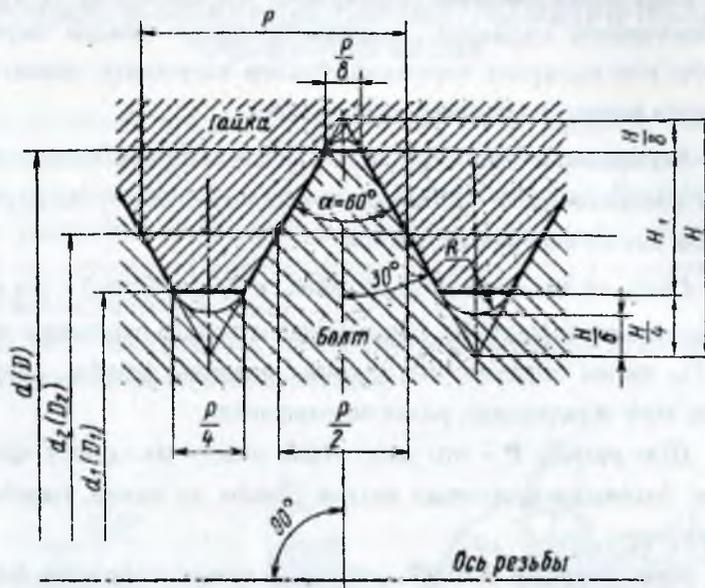


Рис. 2. Профиль и параметры метрической крепёжной резьбы

Форма впадины наружной резьбы (болта) может быть плоско-срезанной либо закруглённой с номинальным радиусом закругления $R \approx 0,144P$. Форма впадин оказывает существенное влияние на сопротивление усталости и циклическую долговечность болтов, винтов и шпилек. При наличии закруглений уменьшается концентрация напряжений, а следовательно, повышаются сопротивление усталости и циклическая долговечность резьбовых деталей.

Форма впадин внутренней резьбы (гайки) не регламентируется. Как правило, она также имеет закругление, что связано с причинами технологического характера (износом режущих лезвий инструментов или их специальной заточкой).

Метрические крепёжные резьбы бывают двух типов: с крупным шагом и с мелким шагом. У резьб с крупным шагом каждому наружному диаметру соответствует одно значение шага, определяемое зависимостью $D(d) \approx 6P^{1,3}$. У резьб с мелким шагом одному и тому же наружному диаметру соответствуют разные шаги. Так, например, при наружном диаметре резьбы $D(d) = 20$ мм крупный шаг составля-

ет $P = 2,5$ мм. У резьб с мелким шагом при том же диаметре значения шагов могут быть равны: 2; 1,5; 1; 0,75 и 0,5 мм.

На чертежах метрические крепёжные резьбы обозначаются следующим образом: М14 – резьба с наружным диаметром $D(d) = 14$ мм и крупным шагом $P = 2$ мм; М14 х 1,5 – резьба с мелким шагом; М14 х 1,5 LH – резьба с мелким шагом, левая.

2. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

2.1 Комплексный и дифференцированный методы контроля резьб

Для контроля крепёжных цилиндрических резьб, образующих посадки с зазором (обычных болтов, винтов, гаек), чаще всего используют комплексный метод, при котором одновременно проверяются все параметры резьбы. Этот контроль осуществляется с помощью предельных резьбовых калибров: резьбовых пробок для контроля внутренних резьб (рис. 3, а) и резьбовых колец или скоб для наружных резьб (рис. 3, б, в).

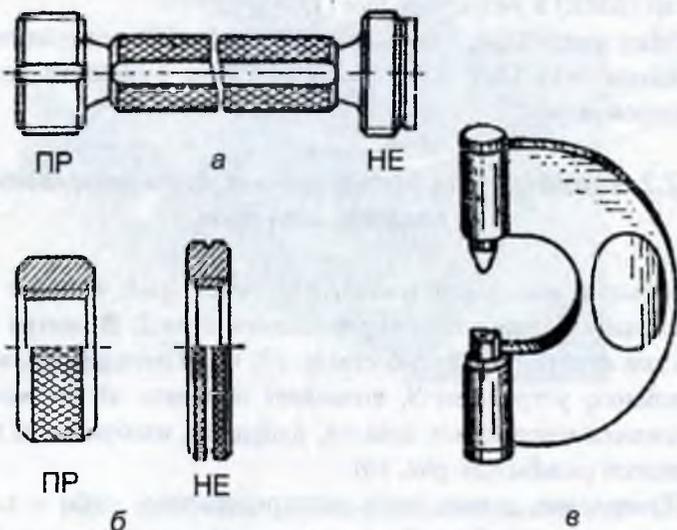


Рис. 3. Предельные резьбовые калибры: а – двусторонняя пробка; б – резьбовые кольца; в – резьбовая скоба с конической и призматической вставками

О годности резьбовой детали судят по тому, как она свинчивается с калибрами. Если деталь свинчивается с проходным калибром, но не свинчивается с непроходным, то она признаётся годной. Детали, которые не свинчиваются с проходным калибром или свинчиваются с непроходным, считаются бракованными.

Указанный метод контроля отличается простотой, не требует высокой квалификации контролёра и является достаточно производительным. Однако он не позволяет произвести оценку погрешностей отдельных параметров резьбы: среднего диаметра, шага, угла профиля и др.

Проверка внутреннего диаметра гайки D_1 и наружного диаметра болта d при комплексном методе контроля осуществляется соответственно гладкими предельными пробками и скобами.

В производстве точных резьб: ходовых винтов, резьбовых шпилек, резьбовых калибров, метчиков – используют дифференцированный метод контроля, при котором контролируется (измеряется) каждый отдельный параметр резьбы.

Наиболее широкое применение для измерения параметров резьбы получили инструментальные микроскопы: малые (ММИ), большие (БМИ) и универсальные (УИМ).

Ниже рассмотрена конструкция большого инструментального микроскопа типа БМИ и изложена методика измерения отдельных параметров резьбы.

2.2. Конструкция большого инструментального микроскопа (БМИ)

Большой инструментальный микроскоп (рис. 4) имеет массивное основание 1, на котором расположен стол 2. В центре верхней площадки стола установлено стекло 17, что, благодаря наличию осветительного устройства 3, позволяет получать чёткие контурные изображения измеряемых деталей, например, изображение профиля измеряемой резьбы (см. рис. 10).

Измеряемая деталь либо непосредственно, либо с помощью различных приспособлений, например, рамки с центрами 13, устанавливается на столе и может перемещаться вместе с ним в продольном и поперечном направлениях с помощью микрометров про-

дольного хода *14* и поперечного хода *16*. Таким образом, перемещая стол с измеряемой деталью в продольном или поперечном направлениях и производя отсчёт по шкалам соответствующих микрометров (рис. 5), можно измерять линейные размеры деталей, например, шаг резьбы и её диаметры. При этом цена одного деления шкалы *1*, нанесённой на стебле каждого микрометра, составляет 1 мм, а шкалы *2*, нанесённой на барабане, – 0,005 мм (рис. 5).

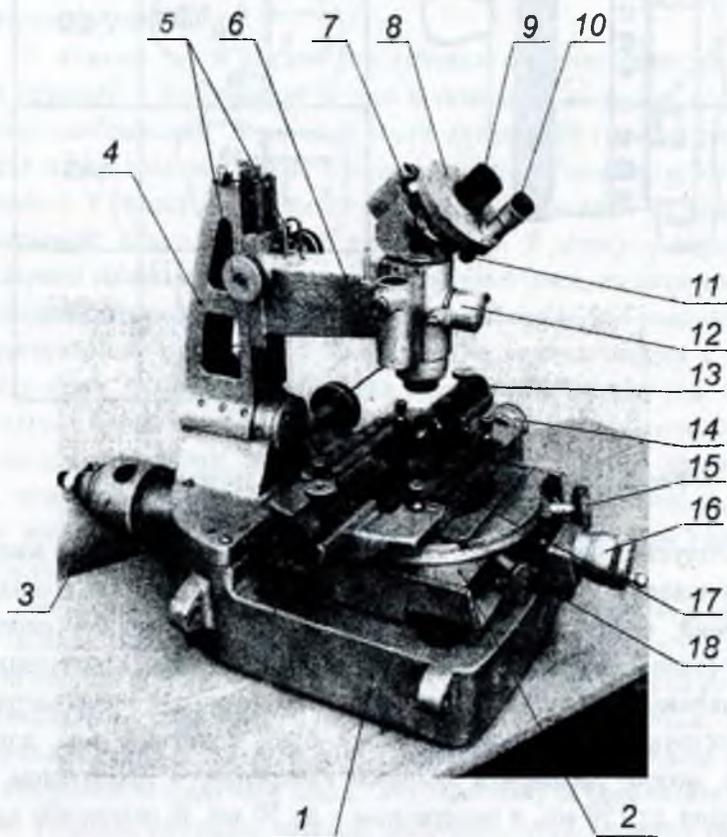


Рис. 4. Большой инструментальный микроскоп БМИ

Отсчёт по шкалам микрометров осуществляется следующим образом. По положению торца барабана относительно шкалы *1*, на-

нанесённой на стебле микрометра, определяется число целых миллиметров. Число десятых, сотых и половинных долей одной сотой миллиметра устанавливается по шкале 2, нанесённой на барабане микрометра. Примеры отсчетов по шкалам микрометра приведены на рис. 5.

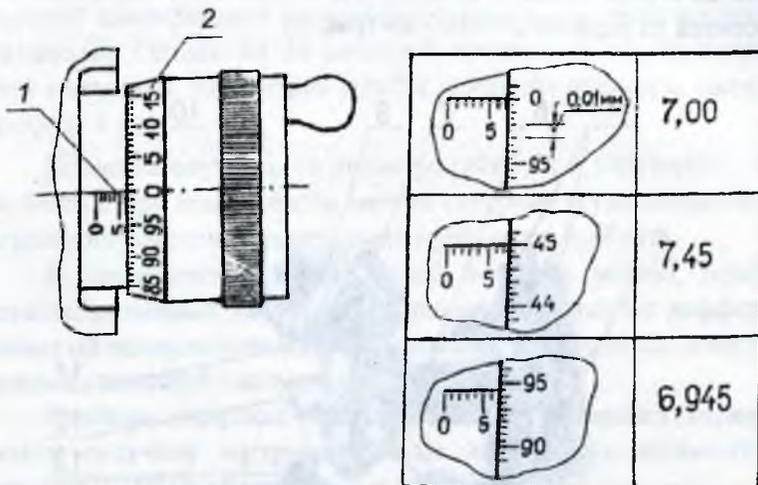


Рис. 5. Шкалы микрометров и примеры отсчётов по ним

Следует отметить, что диапазон показаний по шкалам микрометров невелик: от 0 до 25 мм. Для того чтобы расширить диапазон измерений, предусмотрена возможность дополнительного перемещения стола как в продольном, так и в поперечном направлениях. Устанавливая между измерительным наконечником микрометра и соответствующим упором на столе блок концевых мер длины (КМД), можно расширить диапазон измерений: в продольном направлении до 150 мм, в поперечном – до 50 мм. В результате часть необходимого измерительного перемещения стола с деталью осуществляется за счёт установки блока КМД, а остальная часть – за счёт поворота барабана соответствующего микрометра.

Кроме перемещений в продольном и поперечном направлениях, стол микроскопа может поворачиваться вокруг вертикальной оси с

помощью ручки 15 (рис. 4). Отсчёт угла поворота производится по градусной шкале, нанесённой на цилиндрическом пояске стола, и по шкале нониуса с точностью 3'.

Важным конструктивным элементом микроскопа является его оптическая головка, которая закреплена в кронштейне б и вместе с ним может перемещаться относительно колонки 4 с помощью спаренных ручек 5, расположенных справа и слева от кронштейна. Это перемещение используется для наводки на резкость изображения измеряемой детали.

В нижней части оптической головки имеется объектив, который обращён к измеряемой детали и позволяет получить её увеличенное изображение. В верхней части оптической головки располагается штриховая окулярная головка 8, которая имеет два окуляра: основной 9 (через него рассматривается увеличенное изображение измеряемой детали) и окуляр угламера 10. В корпусе штриховой окулярной головки располагается стеклянный диск, на котором в поле зрения основного окуляра (рис. 6, а) нанесены две взаимно перпендикулярные пунктирные линии, две сплошные линии с углом между ними, равным углу профиля метрической резьбы (т.е. 60°), и дополнительные вертикальные пунктирные линии. На этом же диске, по его периферии, нанесена угловая шкала с ценой деления 1° . Эта шкала попадает в поле зрения окуляра угламера (рис. 6, б). В поле зрения данного окуляра видна также расположенная отдельно от диска неподвижная минутная шкала.

Диск вместе с нанесённой на нём штриховой сеткой и градусной шкалой может поворачиваться относительно перекрестия штриховой сетки с помощью ручки 7 (рис. 4). При повороте этой ручки, а следовательно, стеклянного диска, будут поворачиваться линии штриховой сетки и изменяться относительное расположение штрихов градусной и минутной шкал. Это позволяет осуществлять измерение угловых размеров деталей, например, угла профиля резьбы. При этом штрих градусной шкалы, который пересекает минутную шкалу, определяет число градусов (крупные цифры), а его положение относительно минутной шкалы – число минут. Например, для положения, представленного на рис. 7, отсчёт по угловым шкалам будет составлять $29^\circ 43'$.

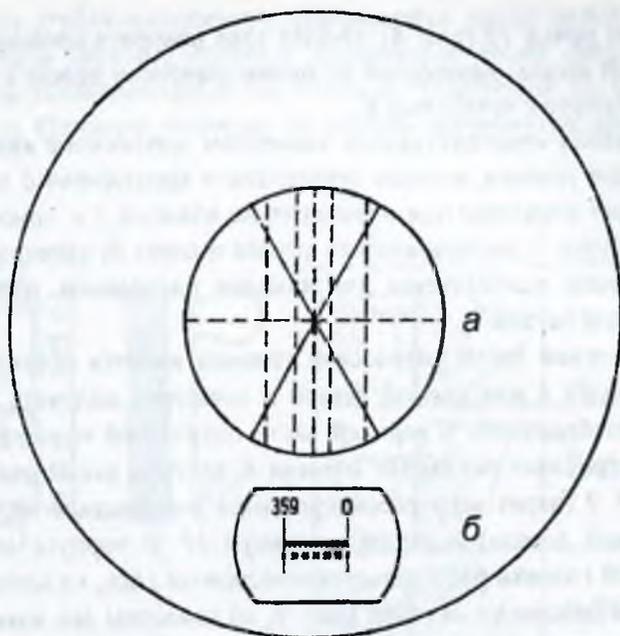


Рис. 6. Поля зрения: а – основного окуляра; б – окуляра угломера

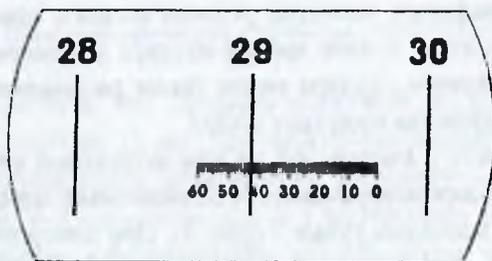


Рис. 7. Пример отсчёта по угловым шкалам

Для освещения угловых шкал используются специальное осветительное устройство 12 (рис. 4), устанавливаемое на кронштейне, и зеркальце 11, которое направляет свет в нижнее отверстие штриховой окулярной головки. Резкость изображения угловых шкал и линий штриховой сетки достигается поворотом верхних колец соответствующих окуляров.

2.3. Настройка микроскопа и методика измерения параметров резьбы метчиков

Прежде чем приступить к измерению параметров резьбы, необходимо произвести настройку микроскопа. Цель этой настройки состоит в том, чтобы обеспечить параллельность горизонтальной пунктирной линии в поле зрения основного окуляра (рис. 6, *а*) при нулевом отсчёте по угловым шкалам (рис. 6, *б*), оси центров (оси измеряемой резьбы) и направления продольного хода стола. В противном случае при измерениях параметров резьбы возникнут значительные систематические погрешности.

Для осуществления настройки диск штриховой окулярной головки, а следовательно, штриховую сетку в поле зрения основного окуляра поворотом ручки 7 (рис. 4) устанавливают так, чтобы нулевые штрихи градусной и минутной шкал совпадали (рис. 6, *б*). Затем в центрах приспособления, закреплённого на столе микроскопа, устанавливают точно изготовленный цилиндрический валик. Перемещая стол в поперечном направлении, вводят одну из образующих этого валика в поле зрения основного окуляра, добиваются резкости сѐ изображения и пытаются совместить горизонтальную пунктирную линию с изображением образующей. Если такое совмещение оказалось возможным, то горизонтальная пунктирная линия и ось центров параллельны. Если же нет (рис. 8, *а*)*, то, поворачивая стол микроскопа с помощью ручки 15 (рис. 4), добиваются положения, при котором удалось бы совместить горизонтальную пунктирную линию с изображением образующей (рис. 8, *б*).

Для того чтобы проверить, будут ли параллельны ось центров и направление продольного хода стола, необходимо быстро переместить стол в продольном направлении. Если при таком перемещении изображение образующей валика не смещается относительно горизонтальной пунктирной линии (сохраняется положение, представленное на рис. 8, *б*), то ось центров и направление продольного хода стола параллельны. Если же перемещение стола сопровождается смещением изображения образующей относительно горизонтальной пунктирной линии (рис. 8, *в*), то, вращая рукоятки 15 и 16

* На рис. 8 и в дальнейшем поле зрения основного окуляра изображено упрощенно, без дополнительных вертикальных пунктирных линий.

(рис. 4), исправляют расположение круглого столика так, чтобы при повторном опробовании указанное выше условие было выполнено. В таком положении стол микроскопа должен быть зафиксирован винтом 18.

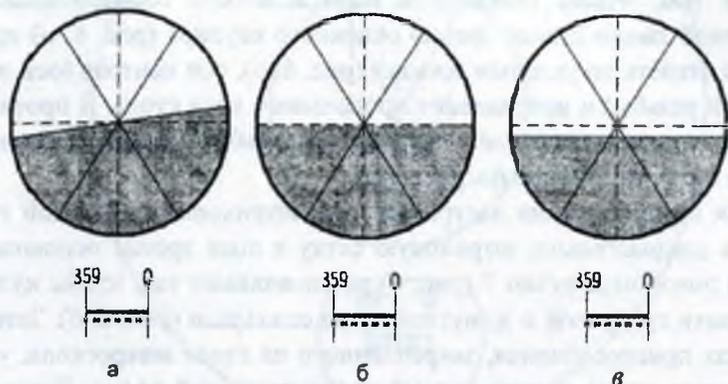


Рис. 8. Схема настройки микроскопа по валу: *а* – горизонтальная пунктирная линия и ось центров непараллельны; *б* – после настройки – горизонтальная пунктирная линия и ось центров параллельны; *в* – ось центров и направление продольного хода стола непараллельны

После настройки микроскопа валик снимается и вместо него в центрах устанавливается метчик. При этом соответствующим проворачиванием метчика в центрах добиваются такого положения, чтобы вершины профиля резьбы двух противоположащих перьев метчика располагались в горизонтальной плоскости, проходящей через ось центров (рис. 9, *а*).

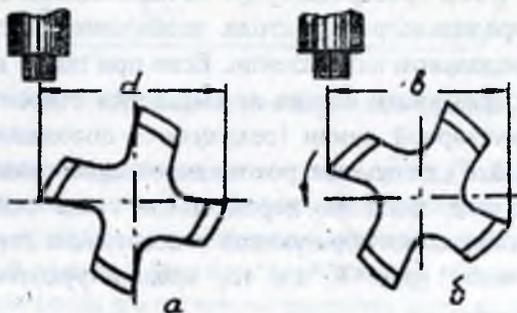


Рис. 9. Положение метчика в центрах: *а* – правильное; *б* – неправильное

В противном случае, как видно из рис. 9, б, будут измеряться не диаметры резьбы, а некоторые хорды, например, вместо наружного диаметра d , хорда b .

Для того чтобы правильно установить метчик в центрах, поступают следующим образом. Сначала метчик в требуемое положение устанавливают приблизительно и, перемещая кронштейн b (рис. 4) относительно колонки, добиваются чёткого изображения профиля резьбы какого-либо пера. Затем с помощью микрометра поперечного хода стола подводят метчик так, чтобы вершины резьбы совместились с горизонтальной пунктирной линией (рис. 10, а). Из этого положения метчик поворачивают в центрах на небольшой угол в том или ином направлении. Если при таком повороте вершины резьбы будут выходить за пределы этой линии, например, будут смещаться выше нее (при этом изображение профиля резьбы будет становиться нерезким), то после повторной наводки на резкость (рис. 10, б), метчик перемещают ещё раз до совмещения вершин резьбы с горизонтальной пунктирной линией (рис. 10, в). И так до тех пор, пока поворот метчика не будет приводить к смещению вершин резьбы за пределы горизонтальной пунктирной линии. В таком положении метчик оставляют и приступают к измерению диаметров резьбы.

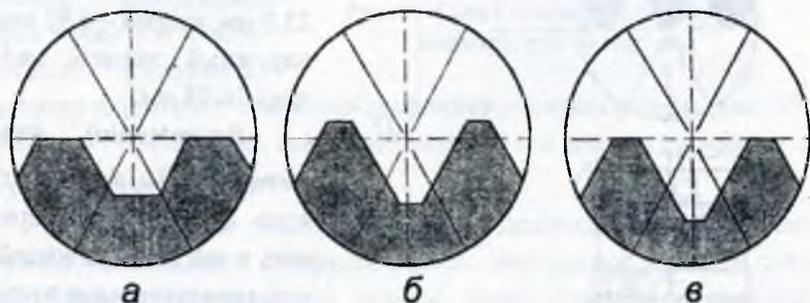
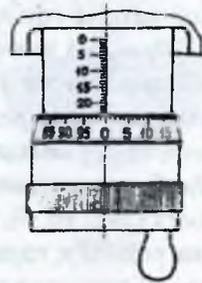
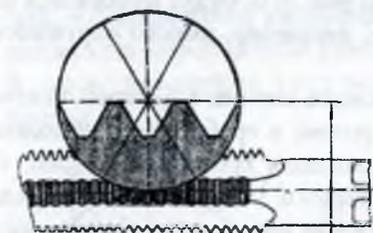
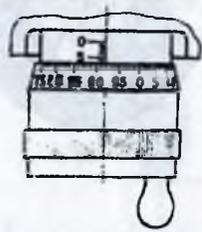
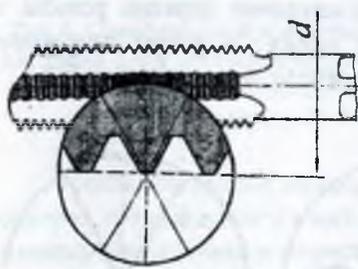


Рис. 10. Схемы, поясняющие методику установки метчика в центрах: а – предварительная установка; б – после поворота метчика в центрах; в – окончательное положение метчика в центрах

При измерении *наружного диаметра* d (рис. 11) стол вместе с метчиком перемещают в поперечном направлении так, чтобы горизонтальная пунктирная линия в поле зрения основного окуляра



I



II

Рис 11 Схема измерения наружного диаметра резьбы метчика

совместилась с линией выступов резьбы какого-либо пера (положение I), и производят первый отсчёт по шкалам микрометра поперечного хода стола. Затем метчик перемещают так, чтобы эта же линия совместилась с линией выступов резьбы на противоположном переметчика (положение II), и производят второй отсчёт по шкалам микрометра. Разность отсчётов даст действительное значение наружного диаметра резьбы. Для примера, представленного на рис. 11, первый отсчёт составит 23,0 мм, второй – 6,92 мм, наружный диаметр метчика 16,08 мм.

Внутренний диаметр резьбы d_1 измеряется аналогичным образом, с той лишь разницей, что горизонтальная пунктирная линия совмещается с линией впадин резьбы для одного пера и для противоположащего (рис.12).

Величины отсчётов по шкалам микрометра и значения диаметров d и d_1 заносятся в табл. 1 отчёта (приложение).

При измерении **среднего диаметра**

резьбы d_2 невозможно привести метчик в положение, при котором горизонтальная пунктирная линия точно совпадала бы с образующей среднего цилиндра. Поэтому фактически измеряют расстояние между параллельными сторонами двух противоположащих профилей резьбы, которое будет одинаковым в любом сечении, перпендикулярном оси резьбы, в том числе и в сечении, проходящем через точки 1 и 2 пересечения образующих

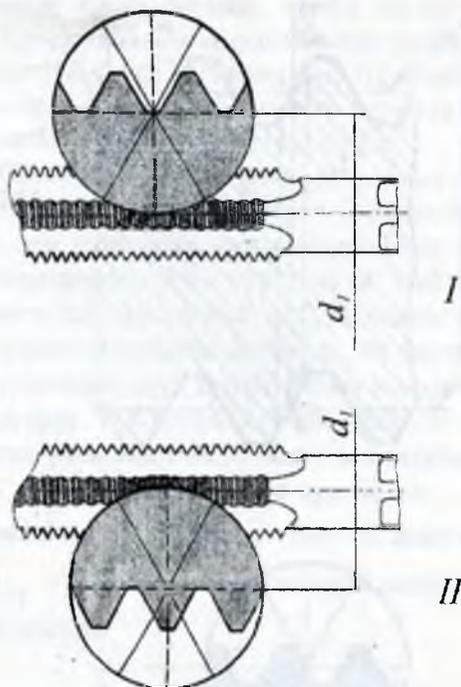


Рис. 12. Схема измерения внутреннего диаметра резьбы метчика

среднего цилиндра с боковыми сторонами профиля резьбы (рис. 13). Именно в этом сечении, как видно из рис. 13, и должен бы измеряться средний диаметр d_2 .

Таким образом, расстояние между параллельными сторонами двух противоположащих профилей резьбы, измеренное в любом сечении, перпендикулярном оси резьбы, будет определять величину среднего диаметра.

Для измерения этого расстояния метчик перемещают в поперечном направлении так, чтобы наклонная сплошная линия в поле зрения основного окуляра совместилась с боковой стороной профиля. При этом перекрестие штриховой сетки лишь приблизительно должно находиться в средней части профиля резьбы (рис. 14, положение I). Производят первый отсчёт по шкалам микрометра поперечного хода стола.

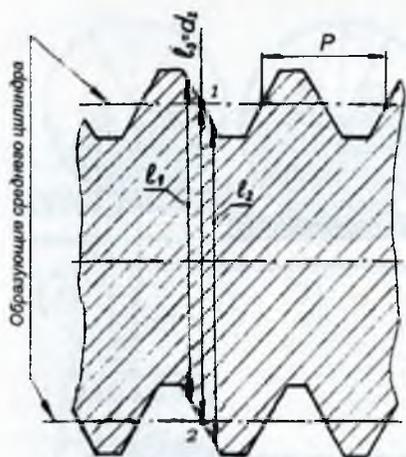
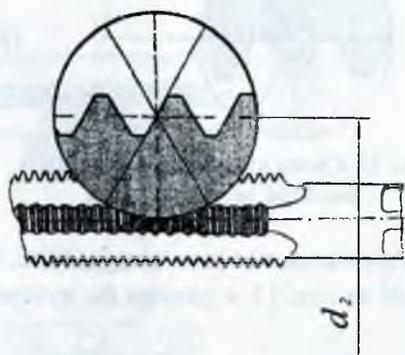
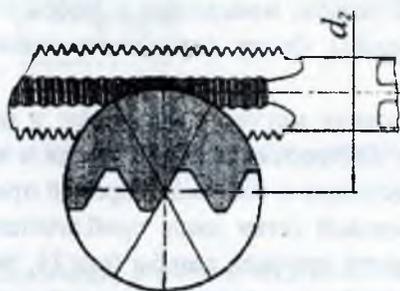


Рис. 13. Средний диаметр как расстояние между параллельными сторонами двух противоположных профилей резьбы
 $(l_1 = l_2 = l_3 = d_2)$



I

Рис. 14. Схема измерения среднего диаметра резьбы метчика



II

Затем метчик перемещают таким образом, чтобы эта же наклонная сплошная линия совместилась с параллельной стороной противоположащего профиля резьбы (рис. 14, положение II), и производят второй отсчёт по шкалам микрометра. Разность отсчётов определит действительное значение среднего диаметра резьбы.

Если при настройке микроскопа была допущена погрешность, и ось измеряемой резьбы оказывается непараллельной направлению продольного хода стола, то при измерении среднего диаметра возникнет систематическая погрешность. Для исключения этой погрешности можно использовать так называемый метод компенсации по знаку [2]. Сущность этого метода заключается в том, что расстояние между параллельными сторонами двух противоположащих профилей резьбы измеряют дважды (рис. 15). Например, один раз – по левым сторонам профилей витка, расположенного выше оси резьбы, и противоположащей впадины – $\ell_{лев}$ (точки 1 и 2), а другой раз – по правым сторонам – $\ell_{пр}$ (точки 3 и 4). Как видно из рис. 15, значение $\ell_{лев}$ окажется больше, а $\ell_{пр}$ – меньше действительной величины среднего диаметра резьбы. А именно:

$$\ell_{лев} = d_{2действ} + \Delta_{//}; \ell_{пр} = d_{2действ} - \Delta_{//}$$

где $\Delta_{//}$ – систематическая погрешность, вызванная непараллельностью оси резьбы и направления продольного хода стола.

При нахождении среднего арифметического значения систематические погрешности, как противоположные по знаку, взаимно уничтожаются и действительное значение среднего диаметра будет равно:

$$d_{2действ} = (\ell_{лев} + \ell_{пр})/2.$$

Результаты измерений заносятся в табл. 1 отчёта (приложение).

Кроме полученных в результате измерений действительных значений наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы, в табл. 1 заносятся также их номинальные величины, найденные по табл. П1 приложения.

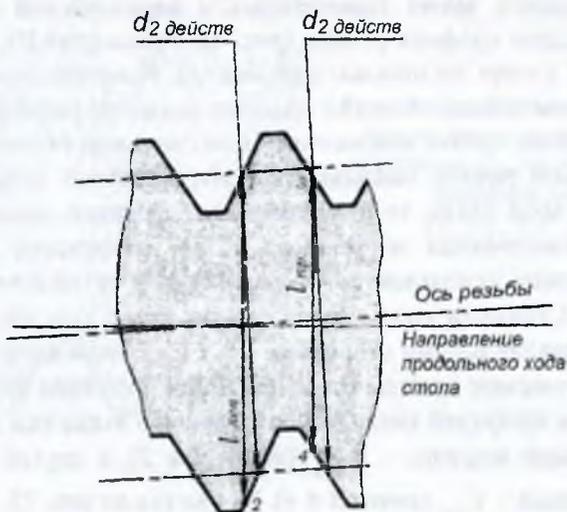


Рис. 15. Влияние непараллельности оси резьбы и направления продольного хода стола на результаты измерения среднего диаметра

Вычитая из действительных значений номинальные, находят действительные отклонения диаметров резьбы метчиков. Эти отклонения, выраженные в микрометрах, с учётом их знака также должны быть указаны в таблице отчёта.

Шаг резьбы метчика P принято измерять на длине участка резьбы L , которая равна длине определенного числа шагов n , установленного стандартом (ГОСТ 16925-93): $L = P \cdot n$.

При шаге резьбы от 0,70 до 1,25 мм длина измерения принимается равной длине 9 шагов, а при шаге резьбы 1,5 мм и более – длине 7 шагов. Например, при шаге резьбы $P = 1,5$ мм номинальное значение длины измерения составит $L_{н} = 1,5 \cdot 7 = 10,5$ мм. Найденное номинальное значение длины $L_{н}$ заносится в табл. 2 отчёта (приложение).

Действительное значение $L_{д}$ измеряется следующим образом. За счёт перемещения стола в продольном и поперечном направлениях добиваются такого же положения метчика, как при измерении

среднего диаметра (рис.16, положение I), и производят первый отсчёт по шкалам микрометра продольного хода стола (например, как показано на рисунке, 23,00 мм). Из этого исходного положения метчик перемещают в продольном направлении на n шагов, так чтобы наклонная сплошная линия в поле зрения основного окуляра совпала с параллельной стороной профиля n -го витка (для рассматриваемого примера – 7-го). Производят второй отсчёт по шкалам микрометра продольного хода стола (например, как показано на рис.16, положение II – 12,48 мм). Разность отсчётов будет соответствовать значению L_d . Сравнивая действительное значение с номинальным, находят накопленную погрешность шага: $\Delta P = L_d - L_n$. Для примера, представленного на рис. 16,

$$L_d = 23,00 - 12,48 = 10,52 \text{ мм,}$$

$$\text{а } \Delta P = 10,52 - 10,5 = 0,02 \text{ мм} = +20 \text{ мкм.}$$

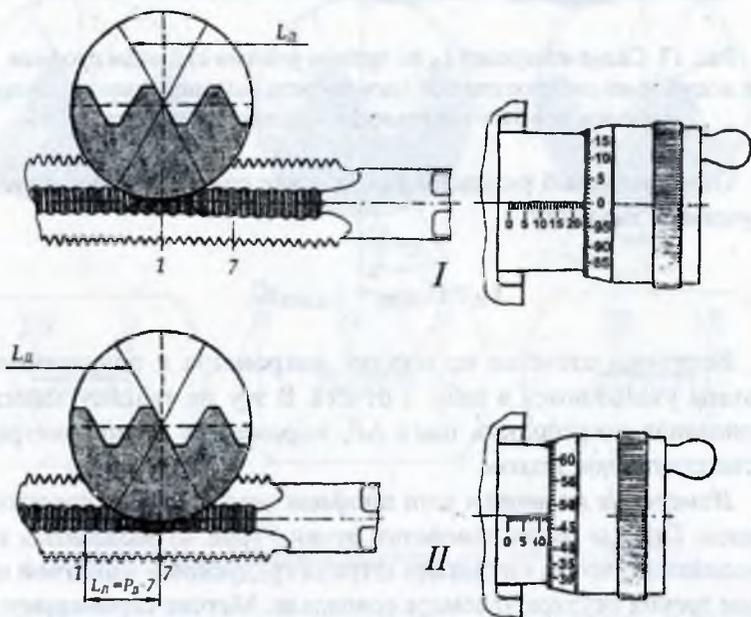


Рис. 16. Схема измерения действительного значения длины участка резьбы для определения накопленной погрешности шага ΔP

Для исключения указанной выше систематической погрешности, вызванной непараллельностью оси резьбы и направления продольного хода стола, длину L_d целесообразно измерить дважды (рис. 17): по правым сторонам профилей (точки 1 и 2) и по левым сторонам (точки 3 и 4).

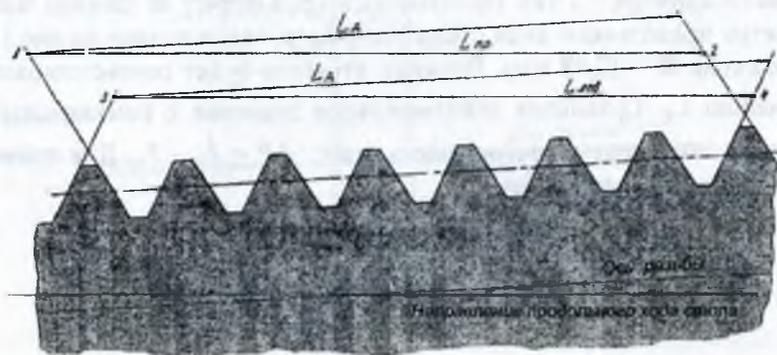


Рис. 17. Схема измерений L_d по правым и левым сторонам профиля для исключения систематической погрешности, вызванной непараллельностью оси резьбы и направления продольного хода стола

Окончательный результат находят как среднее арифметическое полученных значений:

$$L_d = (L_{д.пр} + L_{д.лев})/2.$$

Величины отсчётов по шкалам микрометра и полученные результаты указываются в табл. 2 отчёта. В эту же таблицу заносится накопленная погрешность шага ΔP , выраженная в микрометрах, с соответствующим знаком.

Измерение половины угла профиля осуществляют следующим образом. Прежде всего, поворотом ручки 7 (рис. 4) добиваются такого положения, чтобы «нулевые» штрихи градусной и минутной шкал в поле зрения окуляра угломера совпадали. Метчик перемещают так, чтобы перекрестие штриховой сетки в поле зрения основного окуляра совпало с какой-либо точкой на боковой (например, правой) стороне профиля витка резьбы (рис. 18, положение I). Затем с помощью ручки 7 поворачивают штриховую сетку таким образом, чтобы вер-

тикальная пунктирная линия совместилась с этой стороной профиля (положение II), и производят отсчёт по шкалам угломера. Разность отсчётов определит величину правой половины угла профиля. Аналогичным образом измеряют левую половину угла профиля (рис.18, положение III). При этом в зависимости от величины конечного отсчёта в качестве начального следует принимать 0° либо 360° .

Для примера, представленного на рис.18, половины угла профиля резьбы будут равны:

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{пр}} = 29^\circ 40' - 0 = 29^\circ 40'.$$

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лев}} = 360^\circ - 329^\circ 50' = 30^\circ 10'.$$

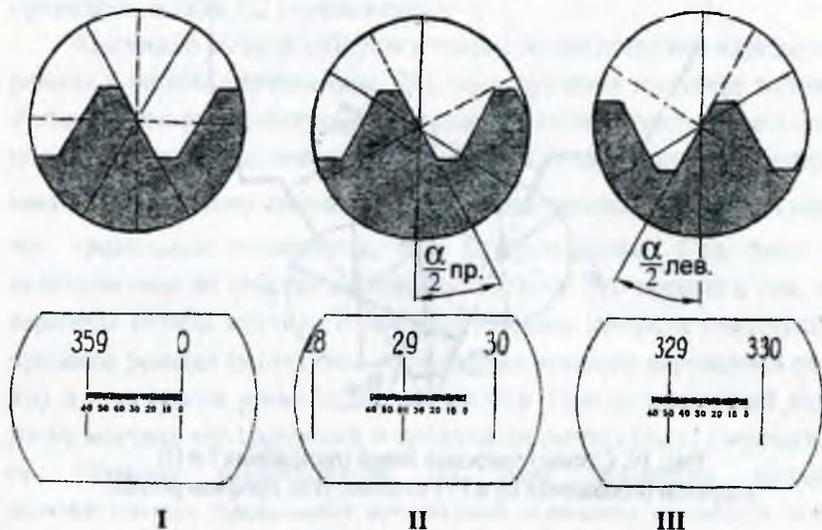


Рис. 18. Схема измерения половины угла профиля резьбы

Чтобы исключить систематические погрешности, вызванные непараллельностью оси резьбы и направления продольного хода стола, измерения следует производить по двум диаметрально противоположным сторонам профиля (рис.19, положения I и II – для левой половины угла профиля, положения III и IV – для правой половины).

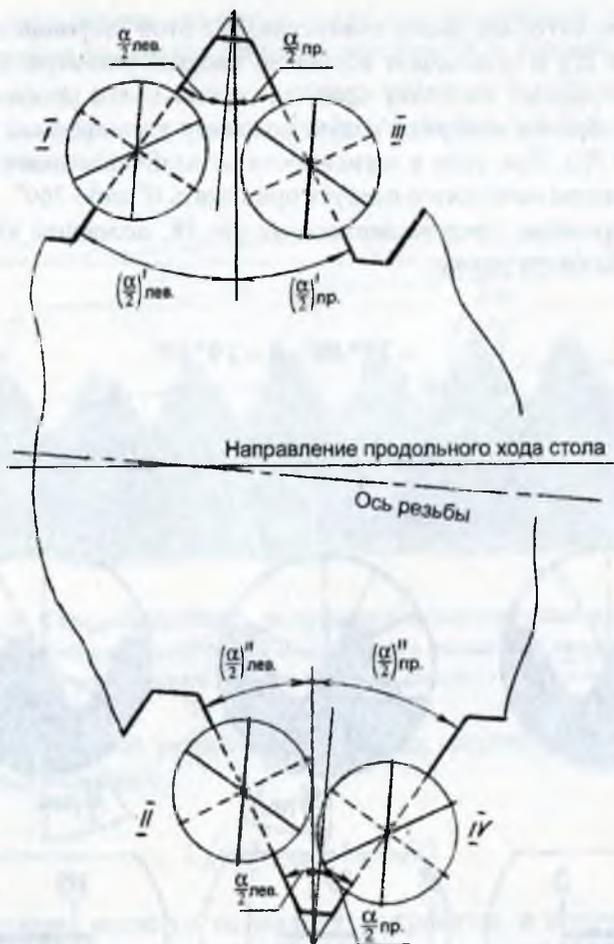


Рис. 19. Схемы измерения левой (положения I и II) и правой (положения III и IV) половин угла профиля резьбы

Действительные значения левой и правой половин угла профиля подсчитываются по формулам:

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лев}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)'_{\text{лев}} + \left(\frac{\alpha}{2}\right)''_{\text{лев}}}{2}; \quad \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{пр}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)'_{\text{пр}} + \left(\frac{\alpha}{2}\right)''_{\text{пр}}}{2}.$$

Отсчёты по угловым шкалам и результаты измерений заносятся в табл. 3 отчёта (приложение). Сравнивая полученные результаты с номинальным значением $\alpha/2 = 30^\circ$, находят действительные отклонения левой и правой половин угла профиля резьбы метчика. Величины этих отклонений, выраженные в угловых минутах, с учётом их знака также указываются в табл. 3.

3. СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ И АТТЕСТАЦИЯ МЕТЧИКОВ

Действительные отклонения параметров резьбы метчиков сопоставляются с предельными отклонениями, установленными ГОСТ 16925-93 [3], которые также записываются в табл. 1-3 отчёта (приложение). Предельные отклонения параметров резьбы метчиков приведены в табл. П2 (приложение).

Как видно из этой таблицы и схемы полей допусков нарезаемой резьбы и резьбы метчика (рис. 20), по наружному диаметру метчика d стандартом регламентируется только нижнее предельное отклонение j_S , причём положительное, а верхнее отклонение не ограничивается. По среднему диаметру d_2 устанавливаются и нижнее и верхнее предельные отклонения, оба положительные. При этом их величина зависит от класса точности метчика. Это связано с тем, что вершины резьбы метчика и боковые стороны профиля участвуют в процессе резания (в процессе образования впадины нарезаемой резьбы) и с течением времени изнашиваются. При последующей переточке метчика его наружный и средний диаметры будут уменьшаться. Поэтому нормирование по этим диаметрам метчика положительных предельных отклонений позволяет увеличить количество возможных переточек и повысить срок службы метчика.

Впадины резьбы метчика никакого участия в процессе резания не принимают. Внутренний диаметр резьбы формируется при подготовке отверстия под резьбу (например, будет зависеть от диаметра сверла). Поэтому величина допуска на внутренний диаметр резьбы метчика d_1 не регламентируется, наибольшая величина внутреннего

диаметра метчика не должна превышать номинального значения внутреннего диаметра резьбы D_1 . Это позволяет обеспечить достаточный зазор между поверхностью отверстия под резьбу и впадинами резьбы метчика и избежать заклинивания метчика при нарезании резьбы.

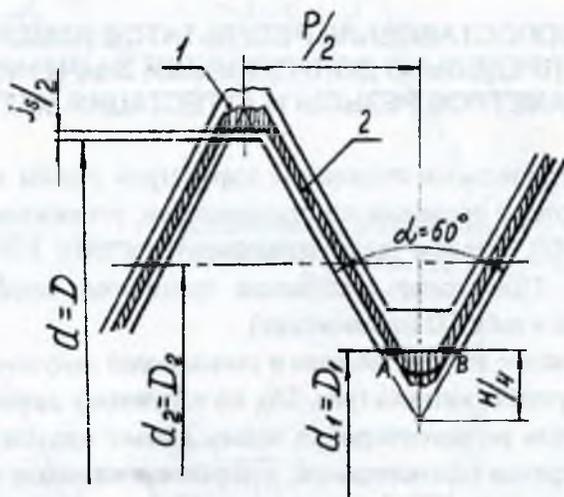


Рис. 20. Схемы полей допусков нарезаемой резьбы и резьбы метчика:
1 – поле допуска нарезаемой резьбы; 2 – поле допуска метчика

Форма впадины резьбы метчиков всех классов точности может быть произвольной (плоскосрезанной или закругленной), но не должна располагаться выше линии AB , соответствующей внутреннему диаметру нарезаемой резьбы D_1 .

Предельные отклонения на шаг резьбы и половину угла профиля, как видно из табл. П2, устанавливаются симметричными относительно номинальных значений.

Сопоставляя действительные отклонения параметров резьбы метчика с предельными отклонениями, аттестуют метчик на предмет его соответствия стандарту.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой профиль метрической резьбы?
2. Назовите параметры метрической резьбы и приведите их обозначения.
3. В чём сущность комплексного метода контроля резьбы?
4. В чём сущность дифференцированного метода контроля резьбы? Методы и средства его осуществления.
5. Назовите основные узлы большого инструментального микроскопа (БМИ) и охарактеризуйте их назначение.
6. Штриховая окулярная головка. Её устройство и назначение.
7. Как измеряются с помощью БМИ линейные размеры деталей?
8. Как измеряются с помощью БМИ угловые размеры деталей?
9. Как осуществляется настройка микроскопа и какова её цель?
10. Опишите методику измерения наружного и внутреннего диаметров резьбы.
11. Опишите методику измерения среднего диаметра резьбы.
12. Опишите методику измерения накопленной погрешности шага резьбы.
13. Опишите методику измерения половины угла профиля резьбы.
14. Как исключить систематическую погрешность измерений, вызванную непараллельностью оси резьбы и направления продольного хода стола микроскопа?
15. Изобразите схемы полей допусков нарезаемой резьбы и резьбы метчика и дайте их описание.
16. Как осуществляется аттестация метчика на предмет его соответствия стандарту?

Библиографический список

1. ГОСТ 9150-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль.
2. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под ред. А.К. Кутая. – Л.: Машиностроение, 1974.
3. ГОСТ 16925-93. Метчики. Допуски на изготовление резьбовой части.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Номинальные размеры резьб

Наружный диаметр $D(d)$	Шаг резьбы P	Средний диаметр $D_2(d_2)$	Внутренний диаметр $D_1(d_1)$
1	2	3	4
6	1	5.350	4.918
7	1	6.350	5.918
8	<u>1.25</u>	7.350	6.918
	1	7.350	6.918
9	<u>1.25</u>	8.350	7.918
	1	8.350	7.918
10	<u>1.5</u>	9.026	8.376
	1.25	9.188	8.647
	1	9.350	8.918
11	<u>1.5</u>	10.026	9.376
	1	10.350	9.918
12	<u>1.75</u>	10.863	10.106
	1.5	11.026	10.376
	1.25	11.188	10.647
	1	11.350	10.918
14	<u>2</u>	12.701	11.835
	1.5	13.026	12.376
	1.25	13.188	12.647
	1	13.350	12.918
16	2	14.701	13.835
	1.5	15.026	14.376
	1	15.350	14.918
18	<u>2.5</u>	16.376	15.294
	2	16.701	15.835
	1.5	17.026	16.376
	1	17.350	16.918
20	<u>2.5</u>	18.376	17.294
	2	18.701	17.835
	1.5	19.026	18.376
	1	19.350	18.918

1	2	3	4
22	<u>2.5</u>	20.376	19.294
	2	20.701	19.835
	1.5	21.026	20.376
	1	21.350	20.918
24	<u>3</u>	22.051	20.752
	2	20.701	19.835
	1.5	23.026	22.376
	1	23.350	22.918
27	<u>3</u>	25.051	23.752
	2	25.701	24.835
	1.5	26.026	25.376
	1	26.350	25.918
30	<u>3.5</u>	27.727	26.211
	3	28.051	26.752
	2	28.701	27.835
	1.5	29.026	28.376
	1	29.350	28.918
33	<u>3.5</u>	30.727	29.211
	3	31.051	29.752
	2	31.701	30.835
	1.5	32.026	31.376
	-	32.350	31.918
36	<u>4</u>	33.402	31.670
	3	34.051	32.752
	2	34.701	33.835
	1.5	35.026	34.376
	1	35.350	34.918

Примечание: Подчеркнутые величины шагов соответствуют резьбам с крупным шагом.

Предельные отклонения параметров резьбы метчиков
для нарезания метрических резьб

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	На- руж- ный ди- аметр d	Средний диаметр d_2								Шаг резьбы P , мм		Поло- вина угла про- филя $\frac{\alpha}{2}$		
			Предельные отклонения, мкм												
			ниж- нее JS	1 кл.		2 кл.		3 кл.		4 кл.		Дли- на изме- рения в ко- личе- стве ша- гов n		1,2,3 кл.	4 кл.
				нижес	верхнее	нижес	верхнее	нижес	верхнее	нижес	верхнее				
Св. 5,6 до 11,2	1,00	+47	+12	+35	+35	+59	+59	+83	+35	+83	9	±35	±25'		
	1,25	+50	+13	+38	+38	+63	+63	+88	+38	+88					
	1,50	+56	+14	+42	+42	+70	+70	+98	+42	+98	7	+8		±45	
Св. 11,2 до 22,4	1,00	+50	+13	+38	+63	+63	+63	+88	+38	+88	9	±35		±20'	
	1,25	+56	+14	+42	+42	+70	+70	+98	+42	+98					
	1,50	+60	+15	+45	+45	+75	+75	+105	+45	+105	7	±10			
	2,00	+68	+17	+51	+51	+85	+85	+119	+51	+119					
	2,50	+72	+18	+54	+54	+90	+90	+126	+54	+126					
Св. 22,4 до 45	1,00	+53	+13	+40	+40	+66	+66	+92	+40	+92	9	±8	±35	±25'	
	1,50	+64	+16	+48	+48	+80	+80	+112	+48	+112					
	2,00	+72	+18	+54	+54	+90	+90	+126	+54	+126	7	±10			
	3,00	+85	+21	+64	+64	+106	+106	+148	+64	+148			±12		±45

ОТЧЕТ
по лабораторной работе

Измерение параметров резьбы с помощью инструментального микроскопа

I. Схемы и результаты измерений наружного, среднего и внутреннего диаметров.

d

d_2

d_1

Таблица 1

Измеряемая величина	Номинальное значение	Показания микрометра		Результаты измерений	Отклонения		
		I	II		действительные	предельные по ГОСТ	
						нижнее	верхнее
		мм			мкм		
d							
d_2							
d_1							

II. Схема и результаты измерений накопленной погрешности шага на длине участка резьбы L с числом витков n .

Таблица 2

Шаг резьбы P	Число витков n	Длина участка измерения L	Показания микрометра		Результаты измерений	Отклонения	
			I	II		действительные	предельные по ГОСТ

III. Схемы и результаты измерений половин угла профиля резьбы.

Таблица 3

Измеряемая величина	Отсчет по угловым шкалам		Результаты измерений		Номинальное значение	Отклонения половины угла профиля	
	I	II				действительные	предельные
$\alpha/2$ пр.							
$\alpha/2$ лев.							

IV. Заключение о соответствии параметров резьбы метчика стандарту.

V. Индивидуальное задание.

Преподаватель _____

Оглавление

Вводная часть.....	3
1. Профиль и основные параметры метрических крепёжных резьб.....	4
2. Измерение и контроль основных параметров резьбы.....	7
2.1. Комплексный и дифференциальный методы контроля резьб.....	7
2.2. Конструкция большого инструментального микроскопа (БМИ).....	8
2.3. Настройка микроскопа и методика измерения параметров резьбы метчиков.....	13
3. Сопоставление результатов измерений с предельно допустимыми значениями параметров резьбы и аттестация метчиков.....	25
4. Контрольные вопросы.....	27
Библиографический список.....	27
Приложение.....	28

Учебное издание

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

Составитель *Бурмистров Евгений Васильевич*

Редактор **Н. С. Купринова**

Компьютерная верстка **Т. Е. Половнева**

Подписано в печать 29.06.2012 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,09. Усл. кр.-отт. 2,21. Уч.-изд.л. 2,25.

Тираж 1000 экз. Заказ 62. Арт. С-3(Д1)/2012.

Самарский государственный аэрокосмический
университет им. академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.