

ВВЕДЕНИЕ

В производственных условиях соблюдение качества резьбовых изделий обычно обеспечивается комплексным методом проверки, основанным на применении предельных резьбовых калибров: резьбовых пробок – для проверки внутренней резьбы, резьбовых колец и скоб – для проверки наружной резьбы. Однако наряду с комплексным может осуществляться и дифференцированный контроль резьб, заключающийся в проверке отдельных или всех основных элементов профиля резьбы. Дифференцированный контроль применяют для оценки качества резьбовых калибров – пробок, резьбообразующего инструмента. Его применяют также и для резьбовых изделий при исследовании причин брака, наладке и переналадках оборудования. Тогда в выборочном порядке измеряются отдельно средний диаметр, шаг резьбы, угол или половина угла ее профиля и т. д.

В цехах и измерительных лабораториях для дифференцированного контроля резьб применяются универсальные оптические приборы, в том числе и инструментальные микроскопы.

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы инструментального микроскопа; усвоить методику замеров и измерить на инструментальном микроскопе наружный, внутренний и средний диаметры, шаг и половину угла профиля резьбы; рассчитать погрешность шага и половины угла профиля; определить приведенный средний диаметр и установить годность контролируемой резьбы.

Лабораторная работа выполняется в два этапа – подготовительный и исполнительный.

Подготовительный этап включает:

- повторение (изучение) по учебнику темы «Средства для контроля основных параметров резьбовых соединений»;
- изучение содержания данных методических указаний;
- оформление отчета, в котором указываются наименование лабораторной работы, ее цель, общие сведения об устройстве и приемы измерения основных параметров наружных метрических резьб на малом инструментальном микроскопе;
- построение необходимых схем и таблиц для записи исходных данных и результатов измерений.

Исполнительный этап включает практическую работу по измерению параметров резьбы и определению годности контролируемой резьбы.

Оборудование рабочего места: инструментальный микроскоп модели ММИ-2, штангенциркуль, резьбовые шаблоны, резьбовые калибры и детали с наружной резьбой, справочная литература.

1. МАЛЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП ММИ-2

1.1. Описание малого инструментального микроскопа ММИ-2

Малый инструментальный микроскоп типа ММИ-2 предназначен для выполнения линейных измерений в прямоугольных координатах. Его устройство позволяет измерять элементы профиля наружных резьб, плоские углы, конусы, рабочие размеры различных шаблонов и точных деталей.

Прибор (рис. 1) состоит из основания *1*, на направляющих которого установлен предметный стол *4*, перемещающийся в двух взаимно перпендикулярных (поперечном и продольном) направлениях с помощью микрометрических устройств *3* и *13*.

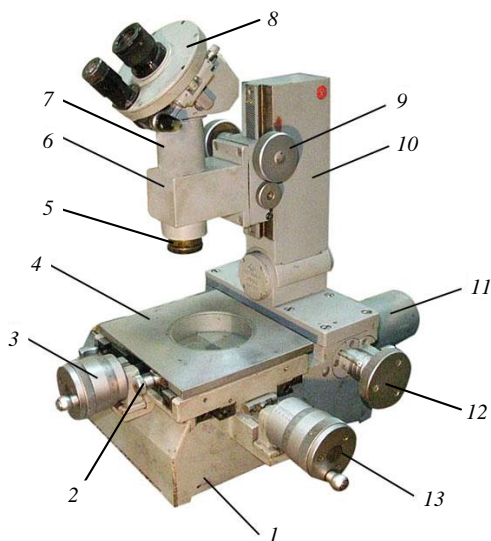


Рис. 1. Малый инструментальный микроскоп типа ММИ-2:
1 – основание; *2* – регулировочный винт; *3, 13* – микрометрический винт; *4* – предметный стол; *5* – объектив; *6* – кронштейн; *7* – микроскоп; *8* – окулярная угломерная головка; *9, 12* – маховичок; *10* – колонка; *11* – осветительное устройство

Поперечное перемещение стола отсчитывается по микрометрическому устройству 3, а продольное – по микрометрическому устройству 13. Пределы измерения обоих микрометрических устройств равны 0–25 мм, цена деления шкалы на барабанах – 0,005 мм.

В продольном направлении пределы измерения могут быть расширены до 75 мм. Для этой цели независимо от микрометрического устройства 13 предметный стол может перемещаться в продольном направлении дополнительно на длину до 50 мм. Измерение этого дополнительного перемещения стола осуществляется с помощью плоскопараллельных концевых мер, укладываемых на специальную шлифованную площадку основания прибора.

Стол находится под действием пружин, что при его движении в продольном направлении обеспечивает постоянный надежный контакт между торцом винта микрометрического устройства 13 и упором стола. Во избежание ударов продольное движение стола слева направо замедляется специальным тормозным механизмом, который посредством ряда шестерен вызывает вращение крыльчатки. Крыльчатка при этом испытывает сопротивление воздуха, что и создает равномерное перемещение стола.

Подвергаемые измерениям изделия, при наличии центровых отверстий, устанавливаются в центрах специальной рамки, закрепляемой на верхней рабочей плите предметного стола. Изделия без центровых отверстий могут устанавливаться в призме рамки или специальных, входящих в комплект прибора, призмах. Плоские же изделия размещаются непосредственно на столе, и их фиксация осуществляется с помощью специальных прихватов. Для достижения точного положения измеряемых объектов на приборе (например, для совмещения линии центров с направлением продольного перемещения стола) верхняя рабочая плита стола с помощью винта 2 может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол $\pm 5^\circ$.

Тубус микроскопа 7, в верхнюю часть которого вставляется окулярная угломерная головка 8, а в нижнюю – один из сменных объективов 5, через кронштейн 6 соединен с поддерживающей колонкой прибора 10. Поддерживающая колонка имеет возможность поворота относительно вертикальной плоскости вправо и влево на угол, равный 10° . Наклон колонки с помощью маховичка 12 производится для получения резких изображений резьбовых и других профилей, наблюдаемых под углом их подъема. Необходимый угол наклона устанавливается по шкале барабана с ценой деления $30'$. Для точной фокусировки на измеряемый объект кронштейн 6 с микроскопом может перемещаться по

колонке вверх и вниз с помощью кремальберного механизма, приводимого в действие маховичком 9.

Оптическая схема прибора и ход лучей показаны на рис. 2.

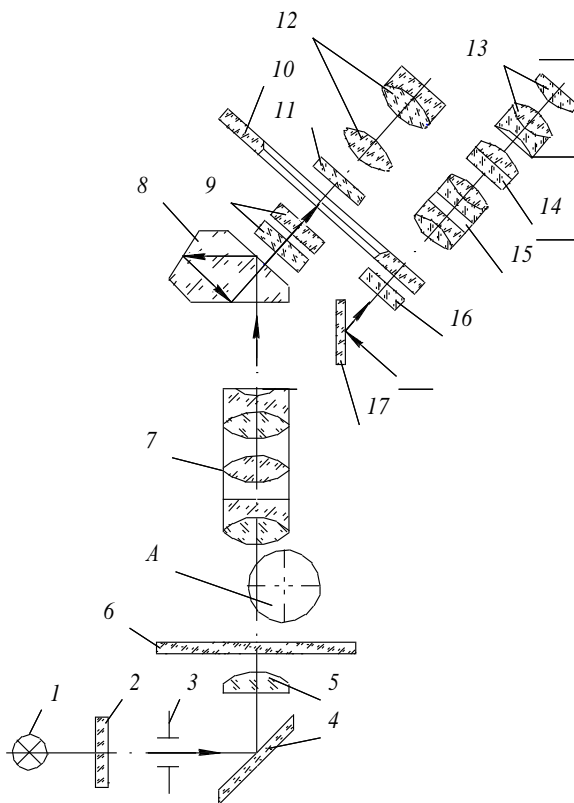


Рис. 2. Оптическая схема малого инструментального микроскопа ММИ-2: 1 – источник света; 2 – светофильтр; 3 – диафрагма; 4 – зеркало; 5 – конденсор; 6 – стекло предметного стола; 7 – объектив; 8 – призма; 9 – защитные стекла; 10 – лимб; 11 – сетка; 12 – окуляр визирного микроскопа; 13 – окуляр отсчетного микроскопа; 14 – неподвижная шкала; 15 – объектив; 16 – светофильтр; 17 – зеркало для подсветки шкал; А – измеряемый объект

Пучок лучей от источника света 1, пройдя светофильтр 2 и диафрагму 3, попадает на зеркало 4, изменяющее его направление на 90°.

Затем проходит конденсор 5, стекло 6 предметного стола и освещает измеряемый объект *A*. Если объект прозрачный, то пучок, освещающий отдельные его элементы, полностью поступает в визирный микроскоп. Если же измеряемый объект непрозрачный, то в микроскоп попадают лишь лучи, идущие касательно к боковым поверхностям объекта, вследствие чего в поле зрения микроскопа наблюдается теневой контур объекта.

От измеряемого объекта лучи попадают в объектив 7, проходят его линзы, затем призму 8, защитные стекла 9, сетку 11 и окуляр 12 визирного микроскопа. Изображение измеряемого объекта, получаемое в фокальной плоскости окуляра, в результате преломления лучей в системе линз объектива рассматривается в увеличенном виде. Благодаря наличию призмы изображение объекта видно через окуляр в прямом (не перевернутом) виде, и все перемещения его воспринимаются соответственно действительным направлениям перемещений объекта.

Кроме визирного микроскопа прибор снабжен и отсчетным микроскопом, предназначенным для снятия отсчетов при измерении углов. Отсчетный микроскоп расположен в окулярной угломерной головке и состоит из лимба 10, окуляра 13, неподвижной шкалы 14, объектива 15, светофильтра 16, зеркала для подсветки шкал 17. Лимб 10 разделен по окружности на 360 равных частей и является подвижной шкалой отсчетного микроскопа. Он жестко связан со стеклянной пластинкой 11, на которой нанесена штриховая сетка, и имеет с ней общий центр вращения, расположенный на оптической оси визирного микроскопа. Штриховая сетка наблюдается в окуляр визирного микроскопа. Ее вид изображен на рис. 3.

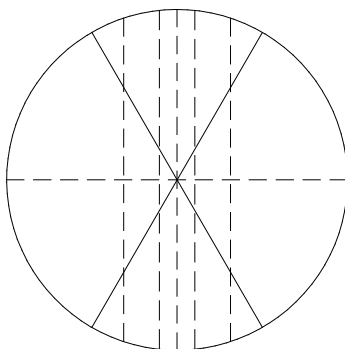


Рис. 3. Вид поля зрения визирного микроскопа

Подвижная шкала лимба *10* и неподвижная шкала *14* наблюдаются в окуляр отсчетного микроскопа. При этом освещенная часть лимба проецируется на неподвижную шкалу, 60 делений которой соответствуют одному делению шкалы лимба. Следовательно, цена деления неподвижной шкалы равна $1'$. Вид поля зрения отсчетного микроскопа изображен на рис. 4.

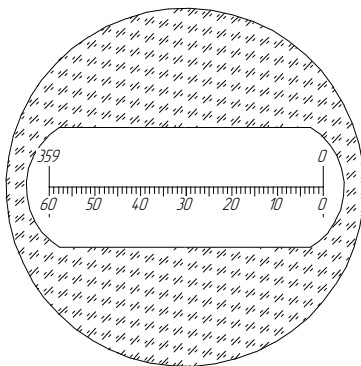


Рис. 4. Вид поля зрения отсчетного микроскопа

Прибор комплектуется тремя сменными объективами визирного микроскопа: $1\times$, $3\times$ и $5\times$. Учитывая, что увеличение окуляра этого микроскопа равно $10\times$, его общее увеличение можно получить соответственно $10\times$, $30\times$ и $50\times$.

1.2. Подготовка прибора к работе

Подготовка прибора заключается в фокусировке визирного микроскопа на осевую плоскость измерения и проверке положения оси центров. Фокусировка микроскопа на осевую плоскость измерения осуществляется при закрепленной рамке с центрами с помощью прилагаемой к прибору установочной оправы. В средней части оправы выполнено отверстие, в диаметральной плоскости которого (вдоль оси оправы) установлено лезвие.

Фокусировка на осевую плоскость измерения достигается путем совмещения горизонтальной нити штриховой сетки с лезвием оправы. При этом должны быть совмещены нулевые штрихи подвижной и неподвижной шкал отсчетного микроскопа. В случае перекоса горизон-

тальной нити штриховой сетки относительно лезвия оправы необходимо отрегулировать положение верхней рабочей плиты предметного стола винтом 2 (см. рис. 1).

Проверка положения оси центров производится совмещением перекрестия штриховой сетки с образующей изображения контура оправы и перемещением предметного стола в осевом направлении на 75 мм. При правильном положении оси центров относительно микроскопа перекрестие штриховой сетки не должно отклоняться от образующей контура оправы более чем на 3 мкм. При наличии видимого отклонения дополнительно регулируется положение верхней рабочей плиты предметного стола.

2. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ

При дифференцированном контроле наружной резьбы на малом инструментальном микроскопе независимо измеряют ее наружный d , внутренний d_1 и средний d_2 диаметры, шаг P и половину угла профиля $0,5\alpha$.

2.1. Измерение наружного и внутреннего диаметров резьбы

В центрах или в призме (в зависимости от наличия центровых отверстий) устанавливается изделие с тщательно очищенной от грязи и пыли резьбой.

Перемещением предметного стола в обоих направлениях с одновременным поднятием или опусканием визирного микроскопа необходимо добиться, чтобы в поле зрения был четко виден профиль верхней части контура резьбы.

Далее следует совместить нулевые штрихи подвижной и неподвижной шкал отсчетного микроскопа.

Перемещая затем предметный стол в поперечном направлении и совмещая горизонтальную нить штриховой сетки последовательно с вершинами выступов и впадинами профиля резьбы, необходимо произвести отсчеты по микрометрическому устройству поперечной подачи стола.

Разность отсчетов, полученных при совмещении нити с вершинами выступов, дает величину наружного d , а отсчетов, полученных при совмещении нити с впадинами профиля, – внутреннего d_1 диаметров резьбы (рис. 5).

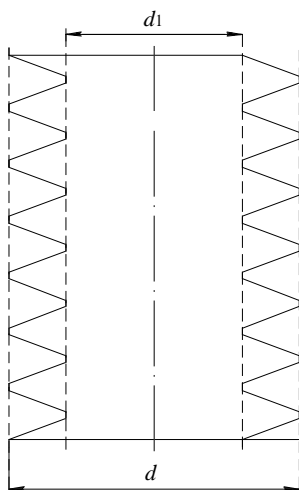


Рис. 5. Схема замеров наружного и внутреннего диаметров резьбы

2.2. Измерение среднего диаметра резьбы

При измерении среднего диаметра резьбы, как бы точно не устанавливалось изделие, ошибка, связанная с несовпадением оси центров и направления продольного перемещения стола, неизбежна. Чтобы компенсировать эту ошибку, за действительное значение среднего диаметра принимают среднее арифметическое значение из измерений, выполненных отдельно по правой и левой сторонам профиля резьбы (рис. 6).

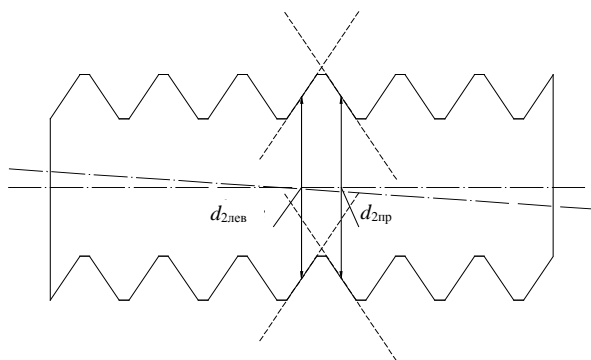


Рис. 6. Схема замеров среднего диаметра резьбы

Измерение среднего диаметра d_2 необходимо вести следующим образом. Колонку прибора следует наклонить на угол, равный углу подъема резьбы, и, перемещая стол в обоих направлениях, вывести центральное перекрестие штриховой сетки на середину правой стороны профиля верхней части контура, а его вертикальную нить направить строго по профилю, как показано на рис. 6.

В этом положении необходимо произвести первый отсчет по микрометрическому устройству поперечного перемещения стола. Затем, не меняя положения нити перекрестия, а произведя лишь наклон колонки прибора на тот же угол, но в другую сторону, следует перемещать стол в поперечном направлении до тех пор, пока нить перекрестия не совместится с правой стороной профиля противоположной нижней части контура, снять второй отсчет и определить средний диаметр правой стороны $d_{2\text{пр}}$ как разность полученных отсчетов.

Описанные операции в той же последовательности необходимо повторить для левой стороны профиля и найти значение ее диаметра $d_{2\text{лев}}$. Тогда действительное значение среднего диаметра контролируемой резьбы

$$d_{2д} = 0,5 (d_{2\text{пр}} + d_{2\text{лев}}). \quad (1)$$

Угол подъема контролируемой резьбы β определяют по формуле

$$\text{tg}\beta = P/\pi d_2, \quad (2)$$

где P – номинальный шаг резьбы, мм;

d_2 – номинальный средний диаметр резьбы, мм (определяется из прил. 1).

По вычисленному тангенсу из прил. 2 находится угол β .

2.3. Измерение шага резьбы

В целях компенсации ошибок от перекоса оси изделия относительно горизонтальной и вертикальной плоскостей и выявления накопленной ошибки измерения по шагу этого параметра на инструментальном микроскопе ведутся поочередно между одноименными сторонами профиля обеих частей контура резьбы на определенном числе ее витков (рис. 7).

Искомое значение размера P_n при этом определяется, как среднее арифметическое из результатов произведенных замеров, т. е.

$$P_n = 0,25(P_{n\text{ пр}} + P'_{n\text{ пр}} + P_{n\text{ лев}} + P'_{n\text{ лев}}). \quad (3)$$

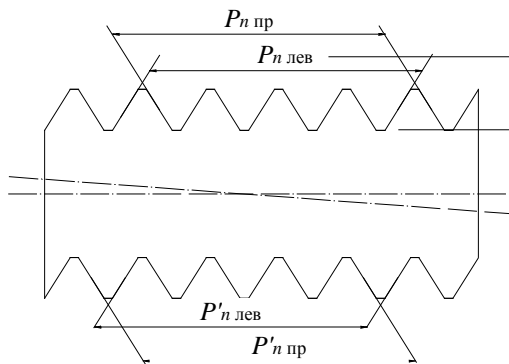


Рис. 7. Схема замеров шага резьбы

Действительное же значение шага контролируемой резьбы определяется по формуле

$$P_d = P_n / n, \quad (4)$$

где n – принятое число витков резьбы.

Измерения шага должны вестись следующим образом.

После наклона колонки прибора на угол подъема резьбы перемещением предметного стола в поперечном и продольном направлениях центральное перекрестие штриховой сетки выводится на середину правой стороны профиля верхней части контура резьбы, а вертикальная нить перекрестия совмещается с профилем. В данном положении производится первый отсчет по микрометрическому устройству продольного перемещения стола.

Перемещением стола в продольном направлении нить перекрестия совмещается со стороной профиля, одноименной первой и отстоящей от нее на n витков. По микрометрическому устройству продольного перемещения стола производится второй отсчет и определяется величина $P_{n\text{ пр}}$, как разность произведенных отсчетов.

Затем центральное перекрестие штриховой сетки выводится на середину левой стороны профиля резьбы с одновременным совмещением с ним вертикальной нити перекрестия. Производится отсчет по микрометрическому устройству продольного перемещения стола, после чего последний перемещается в этом направлении на n витков до совмещения нити перекрестия с одноименной стороной профиля. Производится второй отсчет и определяется величина $P_{n\text{ лев}}$.

Меняется в обратную сторону наклон колонки, и описанные операции в той же последовательности повторяются для нитей части контура резьбы. По результатам измерений определяются величины $P'_{n\text{ пр}}$ и $P'_{n\text{ лев}}$.

Затем по формулам (3) и (4) подсчитываются соответственно величина P_n и действительное значение шага контролируемой резьбы P_d . Полученное значение шага сравнивается с его номинальным значением и таким образом определяется абсолютное отклонение (погрешность) шага:

$$\Delta P = P_d - P, \quad (5)$$

где P – номинальный шаг контролируемой резьбы, мм.

2.4. Измерение половины угла профиля резьбы

При дифференцированном контроле измеряют не полный угол профиля резьбы, а половину угла профиля, что необходимо для выявления наклона последнего к оси резьбы.

Различают правую ($0,5\alpha'_{\text{пр}}$) и левую ($0,5\alpha'_{\text{лев}}$) половины угла профиля. Для компенсации ошибок, вызываемых несовпадением оси изделия с направлением продольного перемещения стола, обе половины угла профиля измеряются как по верхней, так и по нижней частям контура резьбы (рис. 8).

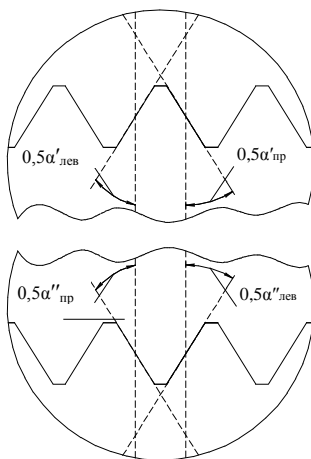


Рис. 8. Схема замеров половины угла профиля резьбы

Измерения ведутся в следующем порядке.

Совмещаются нулевые штрихи подвижной и неподвижной шкал отсчетного микроскопа и производится наклон колонки прибора на угол подъема резьбы.

Затем перемещением предметного стола в обоих направлениях центральное перекрестие штриховой сетки выводится на середину правой стороны профиля верхней части контура резьбы, вертикальная нить перекрестия направляется строго по профилю и производится отсчет по отсчетному микроскопу. Полученный результат в данном случае будет являться значением правой половины угла профиля $0,5\alpha'_{\text{пр}}$.

Перекрестие перемещается на середину левой стороны профиля с одновременным совмещением с ней вертикальной нити, производится новый отсчет по отсчетному микроскопу и определяется значение левой половины угла $0,5\alpha'_{\text{лев}}$, которое будет равно разности между углом в 360° и величиной произведенного отсчета.

Таким же образом, но только после изменения в обратную сторону наклона колонки прибора ведутся измерения половины угла профиля и на нижней части контура резьбы, в ходе которых определяются величины $0,5\alpha''_{\text{пр}}$ и $0,5\alpha''_{\text{лев}}$.

По результатам измерений подсчитываются средние значения измеренных половин угла профиля:

$$0,5\alpha_{\text{прн}} = 0,5(0,5\alpha'_{\text{пр}} + 0,5\alpha''_{\text{пр}}); \quad (6)$$

$$0,5\alpha_{\text{левн}} = 0,5(0,5\alpha'_{\text{лев}} + 0,5\alpha''_{\text{лев}}). \quad (7)$$

Измеренные значения половин угла профиля меньше их действительных значений вследствие наклона колонки микроскопа (особенно при измерении резьб с углом подъема свыше 4°).

Поэтому для получения более точных результатов необходимо тангенс измеренных значений половин угла профиля разделить на косинус угла подъема контролируемой резьбы:

$$\text{tg}\beta(0,5\alpha_{\text{пр}}) = \text{tg}(0,5\alpha_{\text{прн}})/\cos\beta; \quad (8)$$

$$\text{tg}\beta(0,5\alpha_{\text{лев}}) = \text{tg}(0,5\alpha_{\text{левн}})/\cos\beta, \quad (9)$$

где $0,5\alpha_{\text{пр}}$ и $0,5\alpha_{\text{лев}}$ – искомые, более точные значения половин угла (половин угла профиля в осевом сечении резьбы);

$0,5\alpha_{\text{пр}}$ и $0,5\alpha_{\text{лев}}$ – измеренные значения половин угла (половин угла профиля в сечении, расположенном под углом к осевому сечению резьбы).

Далее определяются погрешности половины угла профиля по правой и левой сторонам, как разность между его действительным и номинальным значениями по формулам (для метрических резьб):

$$\Delta 0,5\alpha_{\text{пр}} = 0,5\alpha_{\text{пр}} - 30^\circ; \quad (10)$$

$$\Delta 0,5\alpha_{\text{лев}} = 0,5\alpha_{\text{лев}} - 30^\circ. \quad (11)$$

Окончательно действительное значение погрешности половины угла профиля будет равно:

$$\Delta 0,5\alpha = \frac{|\Delta 0,5\alpha_{\text{пр}}| + |\Delta 0,5\alpha_{\text{лев}}|}{2}. \quad (12)$$

2.5. Определение годности контролируемой резьбы

Дифференцированный контроль резьбы заканчивается определением ее годности. Годность устанавливается по приведенному среднему диаметру $d_{2\text{пр}}$, величина которого, кроме собственного среднего диаметра, включает в себя значения диаметральных компенсаций погрешностей шага и половины угла профиля.

Для метрических наружных резьб приведенный средний диаметр

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{д}} + 0,00173 \cdot \Delta P + 0,00036P \cdot \Delta 0,5\alpha, \quad (13)$$

где $d_{2\text{д}}$ – собственно средний диаметр, полученный измерением, мм;

ΔP – накопленная погрешность шага резьбы, мкм;

P – шаг резьбы, мм;

$\Delta 0,5\alpha$ – погрешность половины угла профиля, мин.

При вычислении приведенного среднего диаметра по формуле (13) результат получается в миллиметрах.

Резьба считается годной, если выполняется следующее условие:

$$d_{2\text{мин}} \leq d_{2\text{пр}} \leq d_{2\text{макс}},$$

где $d_{2\text{мин}}$ и $d_{2\text{макс}}$ – соответственно минимальное и максимальное стандартные значения среднего диаметра контролируемой резьбы.

Пример. Установить годность наружной метрической резьбы M16×1,5–6h, если при ее контроле получены следующие результаты: действительный средний диаметр $d_{2д} = 14,890$ мм, накопленная погрешность шага $\Delta P = 0,015$ мм, действительная погрешность половины угла профиля $\Delta 0,5\alpha = 14'$.

Устанавливаем предварительно предельные значения среднего диаметра данной резьбы, для чего по прил. 1 находим номинальный средний диаметр, а по прил. 3, 4 или 5 – его предельные отклонения.

Имеем: номинальный средний диаметр резьбы $d_2 = 15,026$ мм, верхнее отклонение $es = 0$, нижнее отклонение $ei = -140$ мкм. Тогда $d_{2\min} = 14,886$ мм и $d_{2\max} = 15,026$ мм.

Определяем приведенный средний диаметр резьбы:

$$d_{2пр} = d_{2д} + 0,00173 \cdot \Delta P + 0,00036P \cdot \Delta 0,5\alpha = \\ = 14,890 + 0,00173 \cdot 15 + 0,00036 \cdot 1,5 \cdot 20 = 14,924 \text{ мм.}$$

Данная резьба годна, так как полученное значение приведенного среднего диаметра ее лежит в допустимых пределах:

$$14,886 < 14,924 < 15,026.$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Результаты измерений основных элементов профиля наружной метрической резьбы следует представить в виде схем и соответствующих таблиц.

1. Измерение наружного и внутреннего диаметров резьбы.

Нарисовать схему замеров наружного и внутреннего диаметров резьбы.

Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений диаметров резьбы

Отсчеты на микроскопе при измерении диаметров, мм				Действительные значения диаметров, мм	
наружного d		внутреннего d_1		наружного d	внутреннего d_1
1-й отсчет	2-й отсчет	1-й отсчет	2-й отсчет		

2. Измерение среднего диаметра резьбы.

Представить схему замеров среднего диаметра резьбы.

Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2. Результаты измерений среднего диаметра резьбы

Отсчеты на микроскопе при измерении среднего диаметра, мм по правой стороне профиля		по левой стороне профиля		Действительное значение среднего диаметра резьбы $d_{2л}$, мм
$d_{2пр}$		$d_{2лев}$		
1-й отсчет	2-й отсчет	1-й отсчет	2-й отсчет	

3. Измерение шага резьбы.

Представить схему замеров шага резьбы.

Результаты измерений занести в табл. 3.

Таблица 3. Результаты измерений шага резьбы

Принятое число витков резьбы n	Накопленные значения шага, измеренные на принятом числе витков резьбы по правым и левым сторонам ее профиля, мм				Накопленные значения шага P_n , мм	Действительное значение шага P_d , мм	Накопленная погрешность шага ΔP , мм
	$P_{л пр}$	$P_{л лев}$	$P'_{л пр}$	$P'_{л лев}$			

4. Измерение половины угла профиля.

Представить схему замеров половины угла профиля резьбы.

Результаты измерений занести в табл. 4.

Таблица 4. Результаты измерений половины угла профиля резьбы

Значения половин угла, измеренных по правым и левым сторонам профиля резьбы				Действительные значения половин угла профиля		Погрешности правой и левой половин угла профиля		Действительная погрешность половины угла
$0,5\alpha'_{пр}$	$0,5\alpha'_{лев}$	$0,5\alpha''_{пр}$	$0,5\alpha''_{лев}$	$0,5\alpha_{пр}$	$0,5\alpha_{лев}$	$\Delta 0,5\alpha_{пр}$	$\Delta 0,5\alpha_{лев}$	
								$\Delta 0,5\alpha$

5. Определение годности контролируемой резьбы.

Результаты свести в табл. 5.

Таблица 5. Определение годности контролируемой резьбы

Приведенный средний диаметр резьбы $d_{2пр}$, мм	Предельные отклонения среднего диаметра резьбы d_2 по ГОСТу, мм		Предельные стандартные значения среднего диаметра резьбы, мм	
	верхнее es	нижнее ei	d_{2min}	d_{2max}

Сделать вывод о годности наружной метрической резьбы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите описание устройства малого инструментального микроскопа модели ММИ-2.
2. Как подготовить микроскоп типа ММИ-2 к работе?
3. Перечислите основные элементы профиля наружной метрической резьбы.
4. Как измерить наружный и внутренний диаметры резьбы?
5. Как измерить средний диаметр резьбы?
6. Изложите методику измерения шага резьбы.
7. По каким параметрам определяют годность резьбы?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серый, И. С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / И. С. Серый. – М. : Машиностроение, 1979. – 367 с.
2. Соломахо, В. Л. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения : учеб. пособие / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович. – Минск : Оракул, 2004. – 216 с.
3. Белкин, И. М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя / И. М. Белкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.
4. Ганевский, Г. М. Лабораторно-практические работы по предмету «Допуски и технические измерения» : учеб. пособие / Г. М. Ганевский. – М. : Высш. шк., 1988. – 64 с.
5. Васильев, А. С. Основы метрологии и технические измерения : учеб. пособие / А. С. Васильев. – М. : Машиностроение, 1988. – 240 с.
6. Палей, М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – СПб. : Политехника, 2001. – 576 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**Размеры среднего и внутреннего диаметров метрических резьб, мм,
по ГОСТ 9150–81, ГОСТ 24705–81, ГОСТ 24706–81**

Шаг резьбы	Номинальные диаметры резьбы	
	Средний d_2	Внутренний d_1
0,5	$d_2 = d - 1 + 0,675$	$d_1 = d - 1 + 0,459$
0,6	$d_2 = d - 1 + 0,610$	$d_1 = d - 1 + 0,350$
0,7	$d_2 = d - 1 + 0,545$	$d_1 = d - 1 + 0,242$
0,75	$d_2 = d - 1 + 0,513$	$d_1 = d - 1 + 0,188$
0,8	$d_2 = d - 1 + 0,480$	$d_1 = d - 1 + 0,134$
1	$d_2 = d - 1 + 0,350$	$d_1 = d - 2 + 0,917$
1,25	$d_2 = d - 1 + 0,188$	$d_1 = d - 2 + 0,647$
1,5	$d_2 = d - 1 + 0,026$	$d_1 = d - 2 + 0,376$
1,75	$d_2 = d - 2 + 0,863$	$d_1 = d - 2 + 0,106$
2	$d_2 = d - 2 + 0,701$	$d_1 = d - 3 + 0,835$
2,5	$d_2 = d - 2 + 0,376$	$d_1 = d - 3 + 0,294$

Приложение 2

Натуральные значения тригонометрических функций

Градусы	Минуты						
	0	10	20	30	40	50	60
Косинусы							
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9998
1	0,9998	0,9998	0,9997	0,9997	0,9996	0,9995	0,9994
2	0,9994	0,9993	0,9992	0,9990	0,9989	0,9988	0,9986
3	0,9986	0,9985	0,9983	0,9981	0,9880	0,9978	0,9976
4	0,9976	0,9974	0,9971	0,9969	0,9967	0,9964	0,9962
Тангенсы							
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875
–	–	–	–	–	–	–	–
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494

Предельные отклонения диаметров метрической наружной резьбы в посадках с зазором для диаметров 1–600 мм по ГОСТ 16093–2004

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Поля допусков наружной резьбы											
		4h		5h4h		5h6h		6h		7h6h		8h	
		Предельные отклонения*, мкм											
		ei		ei		ei		ei		ei		ei	
		Диаметры резьбы											
		d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d
Свыше 2,8 до 5,6	0,5	-48	-67	-60	-67	-60	-106	-75	-106	-95	-106	-118	-106
	0,6	-53	-80	-67	-80	-67	-125	-85	-125	-106	-125	-132	-125
	0,7	-56	-90	-71	-90	-71	-140	-90	-140	-112	-140	-140	-140
	0,75	-56	-90	-71	-90	-71	-140	-90	-140	-112	-140	-140	-140
	0,8	-60	-95	-75	-95	-75	-150	-95	-150	-118	-150	-150	-236
Свыше 5,6 до 11,2	0,5	-53	-67	-67	-67	-67	-106	-85	-106	-106	-106	-132	-106
	0,75	-63	-90	-80	-90	-80	-140	-100	-140	-125	-140	-160	-140
	1	-71	-112	-90	-112	-90	-180	-112	-180	-140	-180	-180	-280
	1,25	-75	-132	-95	-132	-95	-212	-118	-212	-150	-212	-190	-335
Свыше 11,2 до 22,4	1,5	-85	-150	-106	-150	-106	-236	-132	-236	-170	-236	-212	-375
	0,5	-56	-76	-71	-67	-71	-106	-90	-106	-112	-106	-140	-106
	0,75	-67	-90	-85	-90	-85	-140	-106	-140	-132	-140	-170	-140
	1	-75	-112	-95	-112	-95	-180	-118	-180	-150	-180	-190	-280
	1,25	-85	-132	-106	-132	-106	-212	-132	-212	-170	-212	-212	-335
	1,5	-90	-150	-112	-150	-112	-236	-140	-236	-180	-236	-224	-375
	1,75	-95	-170	-118	-170	-118	-265	-150	-265	-190	-265	-236	-425
	2	-100	-180	-125	-180	-125	-280	-160	-280	-200	-280	-250	-450
2,5	-106	-212	-132	-212	-132	-335	-170	-335	-212	-335	-265	-530	

* Верхнее отклонение es для всех диаметров равно нулю.

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Поля допусков наружной резьбы								
		4g			5g6g			6g		
		Предельные отклонения, мкм								
		es	ei		es	ei		es	ei	
		Диаметры резьбы								
		d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d
Свыше 2,8 до 5,6	0,5	-20	-68	-87	-20	-80	-126	-20	-95	-126
	0,6	-21	-74	-101	-21	-88	-146	-21	-106	-146
	0,7	-22	-78	-112	-22	-93	-162	-22	-112	-162
	0,75	-22	-78	-112	-22	-93	-162	-22	-112	-162
	0,8	-24	-84	-119	-24	-99	-174	-24	-119	-174
Свыше 5,6 до 11,2	0,5	-20	-73	-87	-20	-87	-126	-20	-105	-126
	0,75	-22	-85	-112	-22	-102	-162	-22	-122	-162
	1	-26	-97	-138	-26	-116	-206	-26	-138	-206
	1,25	-28	-103	-160	-28	-123	-240	-28	-146	-240
	1,5	-32	-117	-182	-32	-138	-268	-32	-164	-268
Свыше 11,2 до 22,4	0,5	-20	-76	-87	-20	-91	-126	-20	-110	-126
	0,75	-22	-89	-112	-22	-107	-162	-22	-128	-162
	1	-26	-101	-138	-26	-121	-206	-26	-144	-206
	1,25	-28	-113	-160	-28	-134	-240	-28	-160	-240
	1,5	-32	-122	-182	-32	-144	-268	-32	-172	-268
	1,75	-34	-129	-204	-34	-152	-299	-34	-184	-299
	2	-38	-138	-218	-38	-163	-318	-38	-198	-318
	2,5	-42	-148	-254	-42	-174	-377	-42	-212	-377

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Поля допусков наружной резьбы								
		7g6g			8g			9g8g		
		Предельные отклонения, мкм								
		es	ei		es	ei		es	ei	
		Диаметры резьбы								
	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	
Свыше 2,8 до 5,6	0,5	-20	-115	-126	-	-	-	-	-	-
	0,6	-21	-127	-146	-	-	-	-	-	-
	0,7	-22	-134	-162	-	-	-	-	-	-
	0,75	-22	-134	-162	-	-	-	-	-	-
	0,8	-24	-142	-174	-24	-174	-260	-24	-214	-260
Свыше 5,6 до 1,2	0,5	-20	-126	-126	-	-	-	-	-	-
	0,75	-12	-147	-162	-	-	-	-	-	-
	1	-26	-166	-206	-26	-206	-306	-26	-250	-306
	1,25	-28	-178	-240	-28	-218	-363	-28	-264	-363
	1,5	-32	-202	-268	-32	-244	-407	-32	-297	-407
Свыше 11,2 до 22,4	0,5	-20	-132	-126	-	-	-	-	-	-
	0,75	-22	-154	-162	-	-	-	-	-	-
	1	-26	-176	-206	-26	-216	-306	-26	-262	-306
	1,25	-28	-198	-240	-28	-240	-363	-28	-293	-363
	1,5	-32	-212	-268	-32	-256	-407	-32	-312	-407
	1,75	-34	-224	-299	-34	-270	-459	-34	-334	-459
	2	-38	-238	-318	-38	-288	-488	-38	-353	-488
	2,5	-48	-254	-377	-42	-307	-572	-42	-377	-572

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Поля допусков наружной резьбы											
		6f			6e			7e6e			6d		
		Предельные отклонения, мкм											
		es	ei		es	ei		es	ei		es	ei	
		Диаметры резьбы											
		d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d
Свыше 2,8 до 5,6	0,5	-36	-111	-142	-50	-125	-156	-50	-145	-156	-	-	-
	0,6	-36	-121	-161	-53	-138	-178	-53	-159	-178	-	-	-
	0,7	-38	-128	-178	-56	-146	-196	-56	-168	-196	-	-	-
	0,75	-38	-128	-178	-56	-146	-196	-56	-168	-196	-	-	-
	0,8	-38	-133	-188	-60	-155	-210	-60	-178	-210	-	-	-
Свыше 5,6 до 11,2	0,5	-36	-121	-142	-50	-135	-156	-50	-156	-156	-	-	-
	0,75	-38	-138	-178	-56	-156	-196	-56	-181	-196	-	-	-
	1	-40	-152	-220	-60	-172	-240	-60	-200	-240	-90	-202	-270
	1,25	-42	-160	-254	-63	-181	-275	-63	-213	-275	-95	-213	-307
	1,5	-45	-177	-281	-67	-199	-303	-67	-237	-303	-95	-227	-331
Свыше 11,2 до 22,4	0,5	-36	-126	-142	-50	-140	-156	-50	-162	-156	-	-	-
	0,75	-38	-144	-178	-56	-162	-196	-56	-188	-196	-	-	-
	1	-40	-158	-220	-60	-178	-240	-60	-210	-240	-90	-208	-270
	1,25	-42	-174	-254	-63	-195	-275	-63	-233	-275	-95	-227	-307
	1,5	-45	-185	-281	-67	-207	-303	-67	-247	-303	-95	-235	-331
	1,75	-48	-198	-313	-71	-221	-336	-71	-261	-336	-100	-250	-365
	2	-52	-212	-332	-71	-231	-351	-71	-271	-351	-100	-260	-380
2,5	-58	-228	-393	-80	-250	-415	-80	-292	-415	-106	-276	-441	

Предельные отклонения диаметров метрической наружной резьбы в посадках с натягом по ГОСТ 4608–81

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Поля допусков наружной резьбы											
		2r				3r				3n			
		Предельные отклонения, мкм											
		<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
		Диаметры											
		d_2		d		d_2		d		d_2		d	
Свыше 2,8 до 5,6	0,8	+109	+71	-60	-210	+96	+48	-60	-210	+82	+34	-60	-210
Свыше 5,6 до 11,2	1	+125	+80	-60	-240	+109	+53	-60	-240	+94	+38	-60	-240
Свыше 5,6 до 11,2	1,25	+130	+85	-	-	+116	+56	-	-	+102	+42	-	-
Свыше 11,2 до 22,4	1,25	+138	+85	-63	-275	+123	+56	-63	-275	+109	+42	-63	-275
Свыше 5,6 до 11,2	1,5	+148	+95	-	-	+130	+63	-	-	+112	+45	-	-
Свыше 11,2 до 22,4	1,5	+151	+95	-140	-376	+134	+63	-140	-376	+116	+45	-140	-376
Свыше 11,2 до 22,4	1,75	+165	+105	-145	-410	+142	+67	-145	-410	+125	+50	-145	-410
Свыше 11,2 до 22,4	2	+173	+110	-	-	+155	+75	-	-	+134	+53	-	-
Свыше 22,4 до 22,4	2	+177	+110	-150	-430	+160	+75	-150	-430	+139	+53	-150	-430
Свыше 11,2 до 22,4	2,5	+197	+130	-160	-505	+170	+85	-160	-505	+147	+63	-160	-505

Предельные отклонения диаметров метрической наружной резьбы в переходных посадках по ГОСТ 24834–81

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Предельные отклонения, мкм									
		d_2 для полей допусков								d для полей допусков 4jh, 4j, 4jk, 2m	
		4jh		4j		4jk		2m			
		<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
Свыше 2,8 до 5,6	0,8	–	–	–	–	+52	–9	+62	+24	–24	–174
Свыше 5,6 до 11,2	1	–	–	–	–	+60	–11	+71	+26	–26	–206
Свыше 5,6 до 11,2	1,25	–	–	–	–	+61	–14	+75	+28	–28	–240
Свыше 11,2 до 22,4	1,25	–	–	–	–	+71	–14	+81	+28	–	–
Свыше 5,6 до 11,2	1,5	–	–	–	–	+69	–16	+85	+32	–32	–268
Свыше 11,2 до 22,4	1,5	+49	–41	–	–	+74	–16	+88	+32	–	–
Свыше 11,2 до 22,4	1,75	–	–	–	–	+76	–19	+94	+34	–34	–299
Свыше 11,2 до 22,4	2	+53	–47	–	–	+78	–22	+102	+38	–38	–318
Свыше 22,4 до 45	2	+59	–47	–	–	–	–	+106	+38	–	–
Свыше 11,2 до 22,4	2,5	–	–	+54	–52	–	–	+110	+42	–42	–377

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Малый инструментальный микроскоп ММИ-2.....	4
1.1. Описание малого инструментального микроскопа ММИ-2.....	4
1.2. Подготовка прибора к работе.....	8
2. Методика измерений элементов профиля резьбы.....	9
2.1. Измерение наружного и внутреннего диаметров резьбы.....	9
2.2. Измерение среднего диаметра резьбы.....	10
2.3. Измерение шага резьбы.....	11
2.4. Измерение половины угла профиля резьбы.....	13
2.5. Определение годности контролируемой резьбы.....	15
3. Порядок выполнения работы.....	16
Контрольные вопросы.....	18
Библиографический список.....	19
Приложения.....	20