

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра систем управления и информационных технологий в строительстве

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине

«Методы и средства измерений, испытаний и контроля»

**для студентов очного и заочного отделения, направления 27.03.02 Управление
качеством профиль: «Энергетический менеджмент в строительстве и
промышленности»**

Часть 2

Воронеж 2021

УДК 53.083:338.4(07)
ББК 30.607я723

Составители:

канд. техн. наук И.В. Поцебнева

Методы и средства измерений, испытаний и контроля: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы и средства измерений, испытаний и контроля» для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль: «Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: И.В. Поцебнева. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 27 с.

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы и средства измерений, испытаний и контроля» разрабатывались на основе требований ФГОС с опорой на научные принципы формирования содержания образования. Данное пособие отражает актуальные направления 27.03.02 Управление качеством профиль: «Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ЛР_МиСИиКч2

Ил. 26. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.

УДК 53.083:338.4(07)

ББК 30.607я723

Рецензент - И. В. Фатеева, канд. экон. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суровцева Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Измерения – это способ познания окружающего мира. Средства и методы измерений постоянно развивались и продолжают развиваться. По мере развития цивилизации измерения совершенствовались как в качественном, так и в количественном отношении. Повсеместное внедрение компьютерной и микропроцессорной техники и всесторонняя автоматизация производственного процесса увеличили поток ежедневно выполняемых измерений до нескольких миллиардов. В таких современных отраслях промышленности, как радиоэлектронное приборостроение, авиакосмическая, химическая и других на измерения затрачивается значительная часть общественного труда и материальных ресурсов (до 40% от общих трудозатрат).

Измерения в настоящее время оказывают существенное влияние на качество производимой продукции и товаров, на технологические возможности производства того или иного продукта. С другой стороны, развитие измерительной техники, ее состояние в той или иной стране или на каком-либо предприятии свидетельствуют об уровне их технического и экономического состояния. Если обратиться к стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», то там вопросам измерения уделяется большое внимание. Процессный подход и непрерывное улучшение означают, что все процессы должны быть измеряемыми. Там, где необходимо обеспечить имеющие законную силу результаты, измерительное оборудование должно быть откалибровано или поверено в установленные периоды или перед его применением по образцовым эталонам».

В названии курса фигурируют три ключевые слова: измерение, контроль и испытание. При измерении какую-то величину сравнивают с единицей измерения. Например, если единица длины – метр, то при измерении определяют длину стены в метрах. Контроль по существу – это проверка. При контроле необходимо сделать заключение – соответствуют ли количественные или качественные показатели изделия установленным требованиям. При испытаниях определяют, обеспечивается ли нормальное функционирование изделия в условиях эксплуатации в течение установленного времени. В предлагаемом методическом издании будут рассмотрены вопросы, касающиеся инструментальных методов и технических средств для выполнения измерений, испытаний и контроля качества продукции, услуг и производства.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИНДИКАТОРНЫМИ ПРИБОРАМИ

Цель работы:

1. Изучить устройство, принцип действия и метрологические характеристики индикатора часового типа и индикаторных приборов.

2. Получить навыки самостоятельной работы с приборами, измерив детали индикаторной скобой и индикаторным нутромером.

Измерительные головки с зубчатым механизмом или индикаторы часового типа

Измерительными головками называются отсчетные устройства, преобразующие малые перемещения измерительного стержня в большие перемещения стрелки по шкале (индикаторы часового типа, рычажно-зубчатые индикаторы, многооборотные индикаторы, рычажно-зубчатые головки).

В качестве отдельного измерительного устройства головки использоваться не могут и для измерения их устанавливают на стойках, штативах или оснащают приборы и контрольно-измерительные приспособления.

Измерительные головки предназначены в основном для относительных измерений. Если размеры деталей меньше диапазона показаний прибора, то измерения могут быть выполнены абсолютным методом.

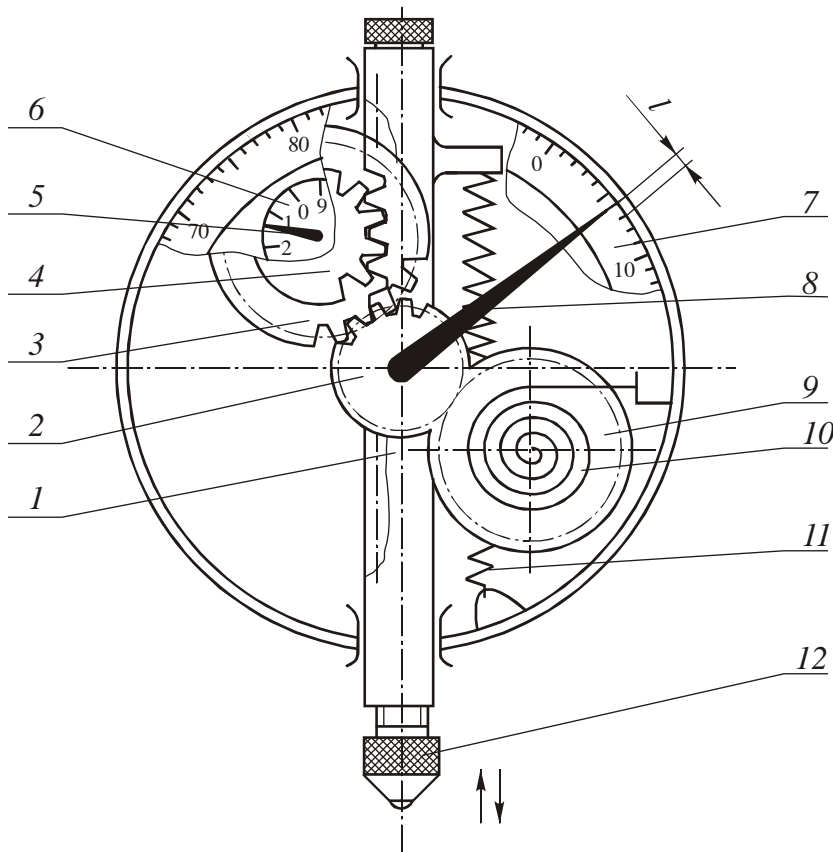


Рис. 5.1. Индикатор часового типа ИЧ-10

Наиболее распространенными измерительными головками с зубчатой передачей являются индикаторы часового типа.

Принцип действия индикатора часового типа состоит в следующем (рис. 4.1):

Измерительный стержень *1* перемещается в точных направляющих втулках. На стержне нарезана зубчатая рейка, находящаяся в зацеплении с

трибом 4 ($z=16$). Трибом в приборостроении называют зубчатое колесо малого модуля с числом зубьев $z \leq 18$. На одной оси с трибом 4 установлено зубчатое колесо 3 ($z=100$), которое передает вращение трибу 2 ($z=10$). На одной оси триба 2 закреплена большая стрелка 8, которая движется по шкале 7, отсчитывая десятые и сотые доли миллиметра перемещения измерительного стержня с наконечником 12.

При перемещении измерительного стержня в диапазоне показаний большая стрелка совершает несколько оборотов, поэтому в конструкции индикатора часового типа установлена дополнительная стрелка 5 на оси триба 4 и колеса 3. При перемещении измерительного стержня на 1 мм большая стрелка 8 совершает один оборот, а стрелка 5 перемещается на одно деление малой шкалы 6.

Число делений малой шкалы определяет диапазон показаний индикаторов часового типа в мм.

С трибом 2 находится в зацеплении второе зубчатое колесо 9 ($z=100$). К оси этого колеса одним концом присоединена спиральная пружина 10, второй конец которой закреплен в корпусе индикатора. Пружина обеспечивает работу зубчатых колес в режиме однопрофильного зацепления, уменьшая тем самым влияние зазоров в зубчатых парах на погрешность измерений.

В индикаторе часового типа предусмотрена винтовая пружина 11, один конец которой укреплен на измерительном стержне, а другой – на корпусе индикатора. Эта пружина создает измерительное усилие на стержне $P=150 \pm 60$ сН.

Все индикаторы часового типа имеют цену деления большой шкалы равную 0,01 мм. Большинство индикаторов имеет диапазон показаний 2 мм (ИЧ-2), 5 мм (ИЧ-5), 10 мм (ИЧ-10) и реже выпускаются индикаторы с диапазоном показаний 25 мм (ИЧ-25) и 50 мм (ИЧ-50).

Погрешность измерений индикатором часового типа зависят от перемещения измерительного стержня. Так в диапазоне показаний $1 \div 2$ мм погрешность измерения находится в пределах $10 \div 15$ мкм, а в диапазоне $5 \div 10$ мм погрешность находится в пределах $18 \div 22$ мкм.

Измерение индикатором часового типа

Индикатор 1 крепится на индикаторной стойке 2 винтом 3 (рис. 4.2,а). Ослабляя винт 5, опускаем индикатор до касания наконечником измерительного столика 4, после чего опускаем дополнительно еще на 1...2 мм (создаем «натяг»). Фиксируем это положение затягиванием винта 5. Поворачиваем за ободок 6 круговой шкалы индикатора до совмещения «0» шкалы с большой стрелкой. Записываем показания индикатора (например, 1,00 мм при натяге 1 мм).

Не изменяя положение корпуса индикатора, поднимаем измерительный наконечник и кладем на измерительный столик деталь. Отпускаем стержень (рис.4.2,б) и записываем показание индикатора (например, 2,15 мм) Разница между показанием индикатора при измерении и при настройке дает значение

перемещения стержня относительно столика при измерении ($b=2,15-1,00=1,15$ мм). Это и будет размер b . Таким способом производят измерения абсолютным методом.

В тех случаях, когда размер детали больше диапазона показаний прибора, пользуются относительным методом. Для этого определяем приблизительно размер детали (например, около 42 мм), набираем блок из плоскопараллельных концевых мер длины (тоже 42 мм) настраиваем прибор на «0» относительно плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД) (рис. 4.2,в) аналогично настройке при абсолютном методе. Записываем показания индикатора (например, 1,00 мм), убираем блок ПКМД и ставим деталь. Записываем показания индикатора (например, 2,15 мм). Определяем перемещение стержня при измерении относительно ПКМД ($\Delta=2,15-1,00=1,15$ мм) (рис. 4.2,з). Действительный размер детали $d=ПКМД+\Delta$ (например, $d=42+1,15=43,15$ мм). При сложении необходимо учитывать знак относительного перемещения: если размер детали окажется меньше блока ПКМД, то Δ получится отрицательным. Например, если индикатор показывал при настройке 1,00 мм, а при измерении 0,42 мм, то $\Delta=0,42-1,00=-0,58$ мм.

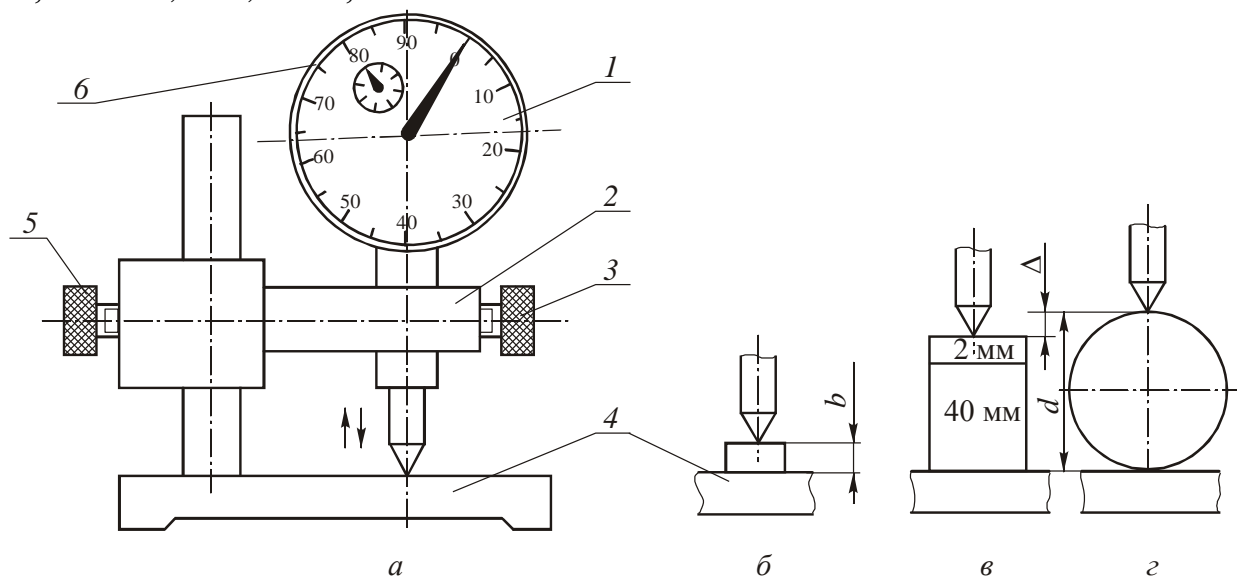


Рис. 5.2. Измерение индикатором

Относительным методом пользуются и в тех случаях, когда необходимо уменьшить погрешность измерения, т.е. уменьшить измерительное перемещение с тем, чтобы избавиться от накапливающейся погрешности прибора.

Индикаторная скоба

В корпусе скобы (рис. 4.3) установлены индикатор часового типа, подвижная пятка 2 и сменная переставная пятка 3.

Подвижная пятка 2 постоянно отжимается в сторону изделия измерительным стержнем индикатора и специальной пружиной. Переставная пятка 3 при освобожденном винте 4 и снятом колпачке может перемещаться в

пределах до 50 мм. Диапазоны измерений индикаторных скоб составляют: 0÷50 мм, 50÷100 мм, 100÷200 мм, ..., 600÷700 мм, 700÷850 мм, 850÷1000 мм.

Основная погрешность прибора (в зависимости от типоразмера скобы) изменяется от 5 до 20 мкм.

Измерение индикаторной скобой

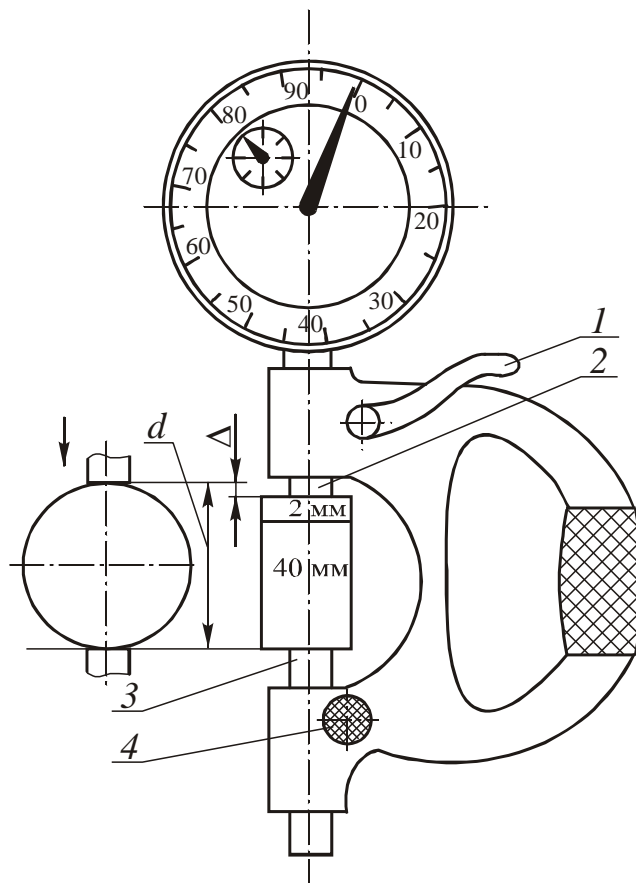


Рис. 5.3. Индикаторная скоба

1. Измеряем штангенциркулем деталь. Например, получаем размер $d=42,15$ мм.
2. Набираем блок плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД= $40+2=42$ мм)
3. Ослабляем винт 4, ставим блок ПКМД между подвижной пяткой 2 и переставной пяткой 3 (рис.4.3). Перемещением пятки 3 создаем натяг 1...2 мм по шкале индикатора. Закрепляем винтом 4 положение переставной пятки 3. Поворачиваем шкалу индикатора до совмещения «0» деления с большой стрелкой. Записываем показание индикатора при настройке (индикатор при настройке 1,00 мм).
4. Убираем блок ПКМД, отводим подвижную пятку 2 нажатием на ручку арретира 1 и ставим измеряемую деталь. Записываем показания индикатора (индикатор при измерении 1,18 мм).
5. Определяем относительное перемещение (относительное перемещение $\Delta=1,18-1,00=0,18$ мм).

6. Рассчитываем действительный размер детали ($d = \text{ПКМД} + \Delta = 42 + 0,18 = 42,18$).

Индикаторный нутромер

Индикаторные нутромеры предназначены для измерения внутренних размеров и диаметров отверстий относительным методом.

Наиболее часто применяют нутромеры типоразмеров из следующего ряда диапазонов измерения: 6-10; 10-18; 18-50; 50-100; 100-160; 160-250; 250-450; 450-700; 700-1000 мм.

Устройство и работу индикаторных нутромеров рассмотрим на примере нутромера модели НИ-100 (рис.4.4).

В корпусе нутромера вставлена втулка-вставка 2, в которую с одной стороны ввернут сменный неподвижный измерительный стержень 3, а с другой стороны находится подвижный измерительный стержень 4, воздействующий на двухплечий рычаг 5, закрепленный на оси 6.

Внутри корпуса размещен шток 8, поджимаемый к рычагу 5 измерительным стержнем индикатора часового типа и спиральной пружиной 10. Последние создают измерительное усилие в пределах от 200 до 500 сН.

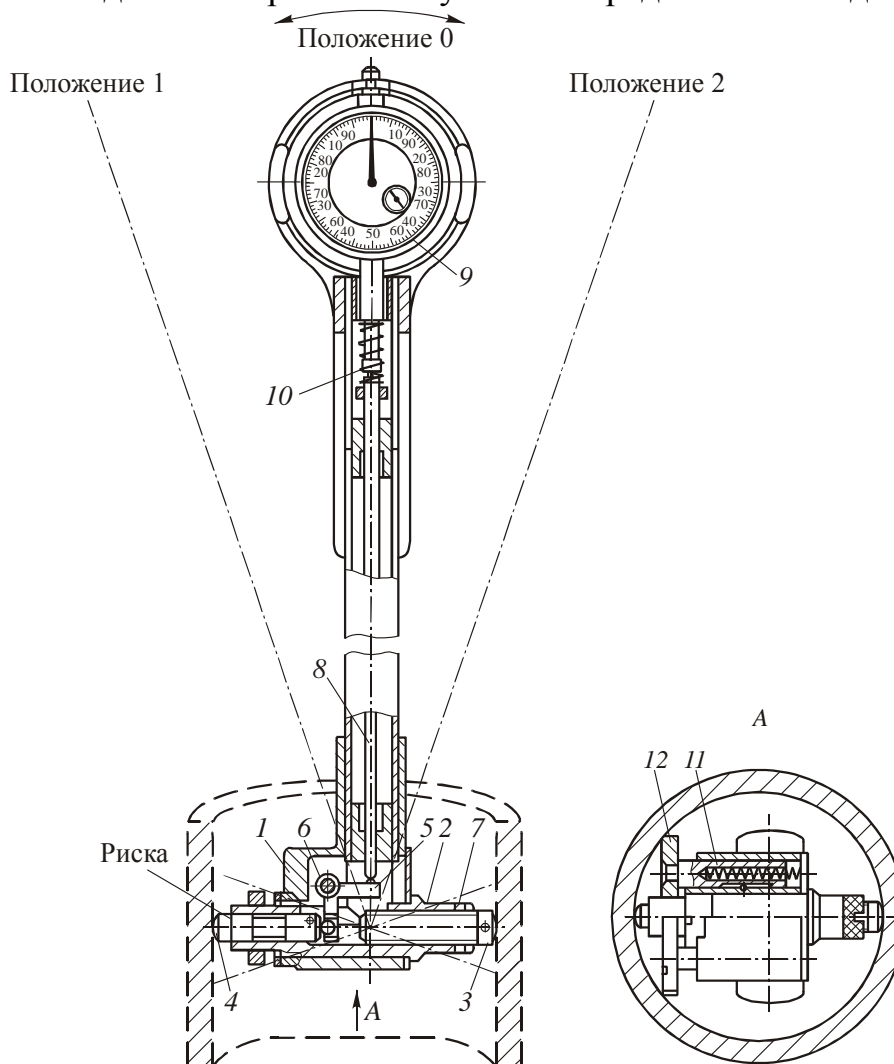


Рис. 5.4. Нутромер модели НИ-100

В пределах диапазона измерений нутромеры снабжаются комплектом сменных измерительных стержней. Положение неподвижного измерительного стержня после настройки фиксируется гайкой 7. Подвижный измерительный стержень 4 под воздействием измерительного усилия находится в крайнем исходном положении. Центрирующий мостик 12, поджимаемый двумя пружинами 11 к поверхности контролируемого отверстия, обеспечивает совмещение линии измерения с диаметром отверстия.

Настройку нутромера на требуемый номинальный размер осуществляют по блокам ПКМД с боковиками, установленными в державках-струбцинах, или по аттестованным кольцам. Погрешность нутромеров обычно нормируется равной $1,5 \div 2,5$ цены деления отсчетной головки.

Измерение индикаторным нутромером

Подсчитать по номинальному размеру отверстия измеряемой детали номинальные размеры ПМДК. Подготовить установочный комплект (рис. 4.5) из блока ПКМД, двух боковиков 2 и струбцины 1. Из комплекта сменных регулируемых стержней (прилагаются к нутромеру) выбрать стержень с диапазоном размеров, в котором находится номинальный размер измеряемого отверстия. Ввинтить сменный регулируемый стержень 3 в корпус нутромера 5.

Ввести нутромер измерительными стержнями в установочный комплект между боковиками и создать для индикатора часового типа натяг $1 \div 2$ мм (рис. 4.5).

Покачивая нутромер от себя на себя, поворачивая его влево - вправо вокруг вертикальной оси, нужно установить ось измерительных стержней (ось измерения) в положение, совпадающее с наименьшим расстоянием между измерительными поверхностями боковиков. Это положение покажет большая стрелка индикатора, когда дойдет до самого дальнего (при ее движении по часовой стрелке) деления шкалы и начнет движение обратно. Придав правильное положение индикатору, нужно зажать контргайку 4 сменного измерительного стержня 3 и установить нулевое деление шкалы индикатора до совпадения с большой стрелкой.

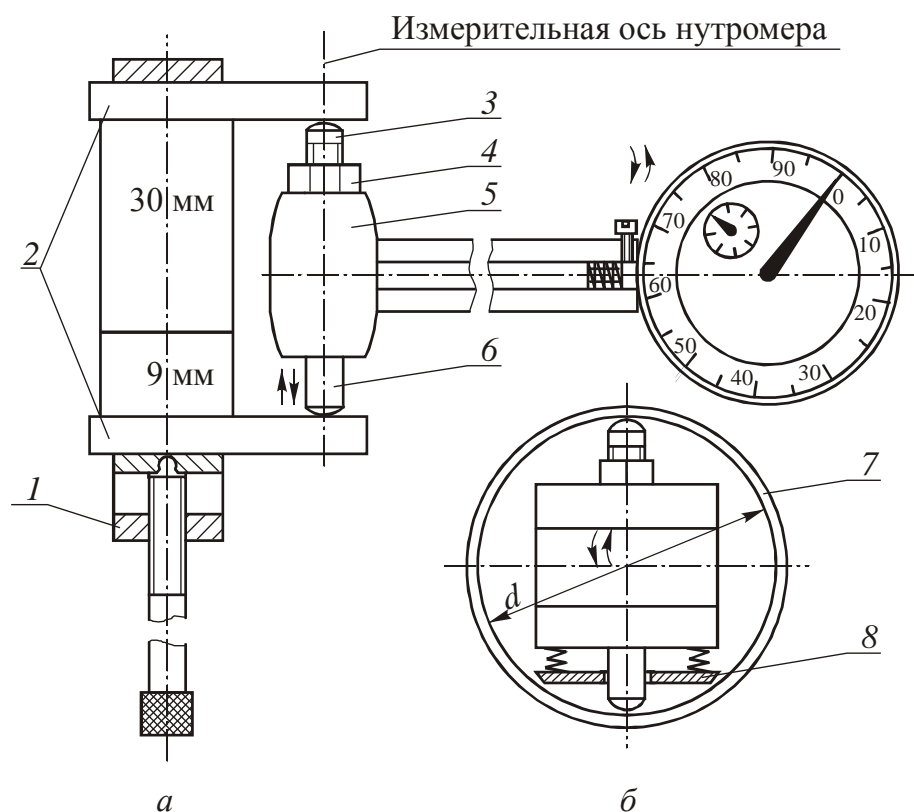


Рис. 5.5. Индикаторный нутромер при настройке (а) (центрирующий мостик не показан) и при измерении (б)

После настройки нутромера на «0» можно приступить к измерению отклонений размера отверстия детали от номинала.

Вводим в отверстие измеряемой детали измерительную головку нутромера. Подпружиненный центрирующий мостик 8 ориентирует измерительную ось нутромера строго в диаметральной плоскости измеряемого отверстия (рис.4.5, б).

Покачивая нутромер в вертикальной плоскости, определяем показания индикатора при крайнем правом положении большой стрелки.

При определении действительных отклонений размеров отверстий от номинала руководствуются следующим правилом: отклонение принимают со знаком минус («-»), если большая стрелка индикатора отклонилась от «0» деления шкалы по часовой стрелке, а отклонение против часовой стрелки показывает увеличение диаметра отверстия о номинального размера и действительное отклонение принимают со знаком плюс («+»).

Значение действительного отклонения подсчитывают умножением числа делений шкалы индикатора (указанное большой стрелкой от «0») на цену деления 0,01 мм.

Действительный размер диаметра отверстия будет равен номинальному диаметру отверстия плюс («+») или минус («-») действительное отклонение.

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Виды индикаторных приборов, используемых в работе и их метрологические характеристики. Метод измерения.

3. Эскизы измеряемых деталей с действительными размерами.

4. Оценка годности деталей.

Контрольные вопросы

1. Конструкция индикаторов часового типа.

2. Метрологические характеристики индикаторных приборов. Метод измерения.

3. Как читают показания при измерениях индикаторными приборами?

4. Индикаторная скоба. Настройка скобы для измерений.

5. Как называется величина, которую фиксирует прибор?

6. Индикаторный нутромер. Настройка нутромера.

7. Измерение нутромером.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИЗМЕРЕНИЕ КАЛИБРА-ПРОБКИ

Цель работы:

1. Изучить устройство, принцип действия и метрологические характеристики пружинных измерительных головок ИГП – микрокаторов (ГОСТ 6933-81).

2. Получить навыки самостоятельной работы с приборами для точных измерений относительным методом.

3. Научиться строить схемы полей допусков на калибры.

4. Измерить калибр-пробку с помощью ИГП, установленной на стойке С-1 или С-2.

5. Определить годность калибра-пробки.

Пружинные измерительные головки-микрокаторы

Эти приборы относятся к точным измерительным приборам с механическим преобразованием малых перемещений измерительного наконечника в большие перемещения стрелки относительно шкалы прибора. Эта группа приборов получила название «пружинных», так как в качестве чувствительного элемента используется завитая от середины в разные стороны пружина из тонкой бронзовой ленты.

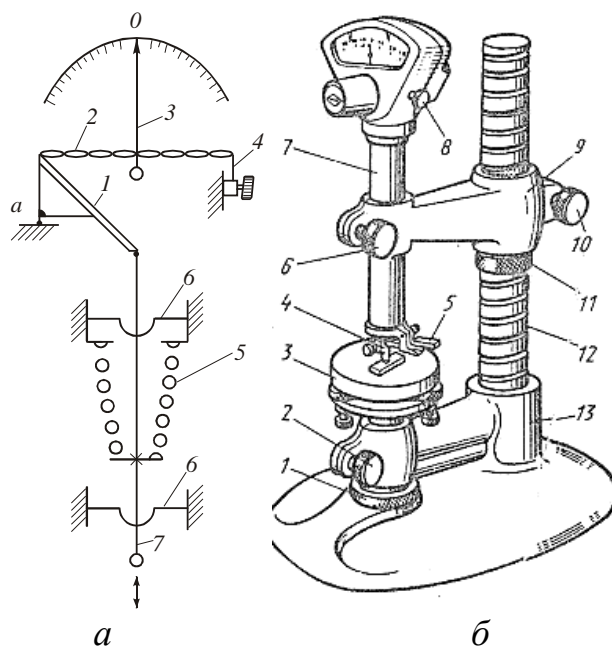


Рис. 6.1. Пружинные измерительные головки-микроскопы

Ленточная пружина 2 закреплена на угольнике 1 и консольной плоской положение пружины 4, установленной на жестком выступе (рис.6.1,а). Изменяя с помощью винтов регулируют натяжение ленточной пружины. Измерительный стержень 7 подвешен на мембранах 6 и жестко связан с угольником 1. Перемещение измерительного стержня вызывает поворот угольника вокруг точки «а» и растяжение пружины 2. Измерительное усилие создается конической пружиной 5. К средней части бронзовой закрученной ленты приклеена кварцевая стрелка 3. Растяжение пружины 2 вызывает поворот стрелки 3 относительно шкалы.

Пружинные измерительные головки применяют для высокоточных относительных измерений размеров изделий, а также отклонений формы и расположения поверхностей. Точность контролируемых изделий может быть от 2^{го} до 6^{го} качества.

Для измерений приборы крепятся в стойках (рис.6.1,б) типа С-1 и С-2 или в специальных приспособлениях за трубку 7 диаметром 28 мм. При настройке на нулевое положение по блоку концевых мер используется микроподача стола стойки.

Во время транспортировки измерительный стержень зажимается поворотом фиксатора в основание трубки.

Пружинные измерительные головки выпускаются следующих модификаций: 01ИГП; 02ИГП; 05ИГП; 1ИГП; 2ИГП; 5ИГП; 10ИГП и имеют цену деления шкалы прибора соответственно: 0,0001; 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; и 0,01 мм.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип измерения и метрологические характеристики микрометра на стойке С-1 или С-2. Записать в отчет основные

метрологические характеристики прибора (цена деления шкалы прибора, диапазон измерения по шкале прибора).

2. Получить у преподавателя калибр-пробку для измерений.

3. По маркировке на калибре определить, для проверки какого отверстия он предназначен (номинальный диаметр отверстия, отклонение поля допуска отверстия и квалитет).

4. По ГОСТ-25347-82 (СТ СЭВ 144-75) определить предельные отклонения размера отверстия, а затем построить схему расположения поля допуска отверстия (рис.6.2)

5. По ГОСТ-24853-81 (СТ СЭВ 157-75) для заданного калибра-пробки найти допуски, предельные отклонения и построить схему расположения поля допуска на калибр.

6. Подсчитать предельные размеры калибра и проставить эти размеры на схему.

7. Выбрать по схеме размер, относительно которого прибор настраивается на ноль с помощью концевых мер длины.

8. Из набора плоскопараллельных концевых мер длины взять меру или несколько мер для составления блока, размер которых равен размеру, выбранному по схеме.

9. Концевые меры, столик прибора промыть бензином, протереть мягкой тканью. Протертые меры притереть друг к другу и к столику.

10. Настроить прибор на ноль. Для этого (рис.6.1,б), освободив стопорный винт 2 столика 3 вращением микрометрической гайки 1, опускается предметный столик с притертым блоком концевых мер в нижнее положение. Затем, освободив стопорный винт 10 кронштейна 9, вращением кольца-гайки 11 опускается кронштейн 9 с микрокатером до касания наконечника с поверхностью концевой меры или блока. О моменте касания судят по началу движения стрелки. В этом положении кронштейн 9 стопорится винтом 10.

Окончательная установка прибора на ноль осуществляется при помощи гайки 1; столик 3 поднимается до тех пор, пока стрелка микрокатера не совместится с нулевым делением шкалы. В этом положении стол стопорится винтом 2 и проверяется установка на ноль путем подъема и опускания измерительного наконечника 4 с помощью арретира 5.

Точная установка прибора на ноль осуществляется винтом 8, который может смещать шкалу относительно стрелки в пределах ± 5 делений.

11. Нажав на арретир, поднять измерительный наконечник и убрать концевую меру или блок (блок концевых мер не разбирать).

12. Поместить на предметный столик калибр-пробку и, плотно прижимая калибр двумя пальцами к столику, медленно прокатывать его под наконечником и следить за движением стрелки. Наибольшее отклонение стрелки в «плюс» или «минус» по шкале определяет действительное отклонение размера пробки в данном сечении относительно настроенного размера концевой меры или блока. Чтобы убедиться в правильности

полученного отклонения, измерения повторяют два-три раза. Каждый раз должна быть четкая повторяемость показаний прибора. Такие измерения следует провести в трех сечениях по длине пробки и в двух плоскостях (рис.6.3). Результаты измерений занести в таблицу отчета.

13. Определить действительные размеры пробки в контролируемых сечениях, которые равны алгебраической сумме размера концевой меры или блока и показания прибора. Результат занести в таблицу отчета.

14. Проверить нулевое показание прибора. Для этого, нажав на арретир, убирается со столика калибр и под измерительный наконечник вновь устанавливается концевая мера или блок. Приподнимая и опуская два-три раза наконечник, убеждаются в установке стрелки на ноль.

Отклонения стрелки от нулевого штриха не должно превышать половины деления шкалы прибора, если отклонение больше, то нужно повторить настройку прибора на ноль и измерения калибра.

Полученные данные по результатам измерений заносятся в отчет.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Название измерительного прибора и его основные метрологические характеристики (пределы измерения по шкале прибора, цена деления шкалы).
3. Тип калибра, который контролируется, и его маркировка.
4. Схема полей допусков на изделие и калибр с простановкой предельных размеров в мм и отклонений в мкм (рис. 6.2).
5. Выбор концевой меры или блока концевых мер для настройки прибора на ноль.
6. Схема измерений калибра (рис.6.3) и результаты измерений с заполнением таблицы.

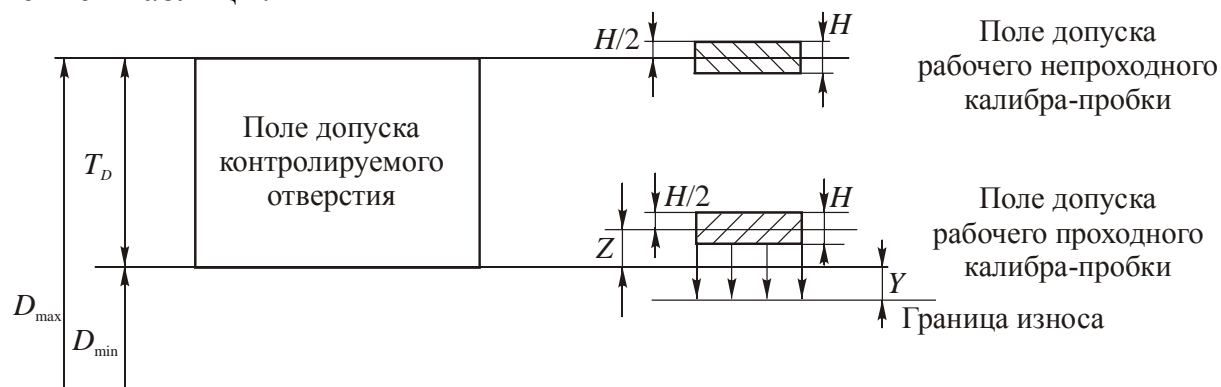


Рис. 6.2. Схема полей допусков на изделие и калибр с простановкой предельных размеров в мм и отклонений в мкм

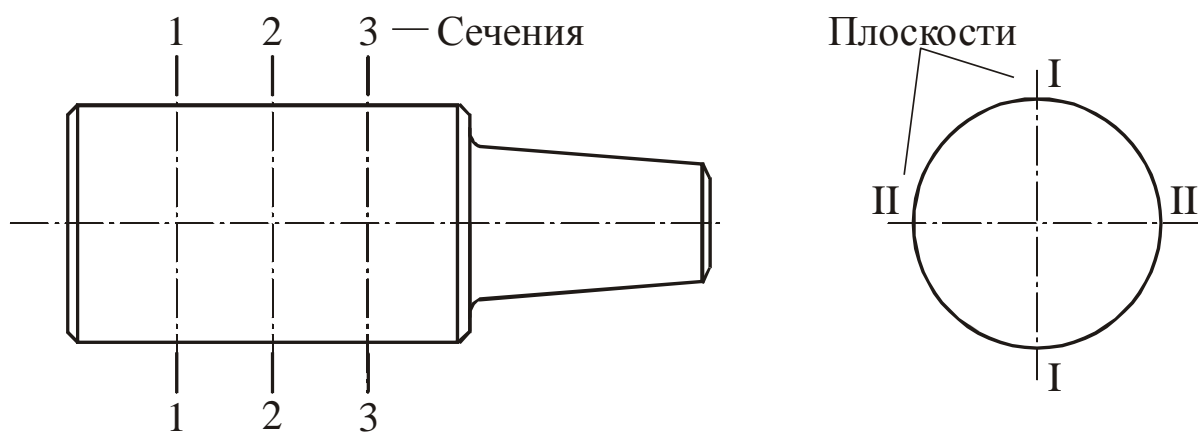


Рис. 6.3. Схема измерений калибра

Результаты измерений необходимо занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

Результаты измерений

Размеры концевой меры или блока			Проходная сторона Р-ПР			Непроходная сторона Р-НЕ		
			Сечения			Сечения		
			1	2	3	1	2	3
Показания прибора в мкм	Плоскость	I-I						
		II-II						
Действительные размеры калибра в мм	Плоскость	I-I						
		II-II						

7. Заключение о годности калибра.

Контрольные вопросы

1. Устройство, принцип действия и метрологические характеристики пружинных головок-микрокаторов.
2. Какую область применения имеют микрокаторы.
3. Метод измерения и настройка микрокатора для измерений.
4. Как располагаются на схемах поля допусков гладких предельных калибров-пробок и калибров-скоб?
5. Почему для оценки годности калибра-пробки надо пользоваться измерительными приборами типа микрокатор?
6. Как формулируется заключение о годности калибра?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы:

1. Изучить основные параметры шероховатости и обозначение шероховатости на чертежах.

2. Познакомиться со способами измерения и приборами для оценки шероховатости поверхности деталей машин.

Основные понятия

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины (ГОСТ 25142-82).

Базовая длина l - длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Числовые значения шероховатости поверхности определяют от единой базы, за которую принята средняя линия профиля m , т. е. базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально. Длина оценки l_n - длина, на которой оценивается реальный профиль. Она может содержать одну или несколько базовых длин l (рис. 7.1).

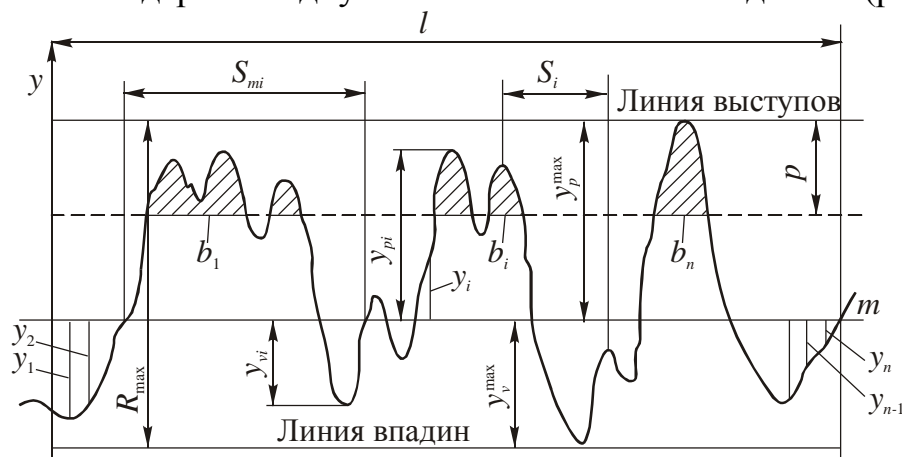


Рис. 7.1. Профилограмма и основные параметры шероховатости поверхности

Нормируемые параметры шероховатости

Параметры шероховатости в направлении высоты неровностей. Среднее арифметическое отклонение профиля Ra - среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \text{ или приблизительно } Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где l — базовая длина; n — число выбранных точек профиля на базовой длине; y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией. Нормируется от 0,008 до 100 мкм.

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right], \quad (7.1)$$

где y_{pi} — высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} — глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Наибольшая высота неровностей профиля R_{\max} — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины l . Нормируются от 0,025 до 100 мкм.

Параметры шероховатости в направлении длины профиля. Средний шаг неровностей профиля S_m — среднеарифметический шаг неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (7.2)$$

где n — число шагов в пределах базовой длины l ; S_{mi} — шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках и ограниченной двумя крайними точками. Нормируется от 0,002 до 12,5 мм.

Средний шаг местных выступов профиля S — среднеарифметический шаг местных выступов профиля в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (7.3)$$

где n — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины l ; S_i — шаг неровностей профиля по вершинам выступов. Нормируется от 0,002 до 12,5 мм.

Числовые значения параметров шероховатости Ra , Rz , R_{\max} , S_m и S приведены в ГОСТ 2789-73, а в Приложении 1 указаны значения базовой длины l , рекомендуемые для параметров Ra , Rz , R_{\max} .

Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей профиля. Опорная длина профиля η_p — сумма длин отрезков b_i , отсекаемых на заданном уровне p % в материале профиля линией, эквидистантной средней линии $m-m$ и в пределах базовой длины.

Относительная опорная длина профиля t_p — отношение опорной длины профиля к базовой длине:

$$t_p = \eta_p / l \cdot 100\%. \quad (7.4)$$

Опорную длину профиля η_p определяют на уровне сечения профиля p , т.е. на заданном расстоянии между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля. Линия выступов профиля — линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины. Значение уровня сечения профиля p отсчитывают по линии выступов и выбирают из ряда: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% от R_{\max} . Относительная опорная длина профиля t_p назначается из ряда 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90%.

Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации в ГОСТ 2.309-73 «Обозначения шероховатости поверхностей» внесены изменения и установлен срок введения изменений – с 1 января 2005 г.

Изменения касаются как обозначения шероховатости поверхностей, так и правил их нанесения на чертеж.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.309 полностью соответствует стандарту ИСО 1302.

Обозначение шероховатости поверхностей

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

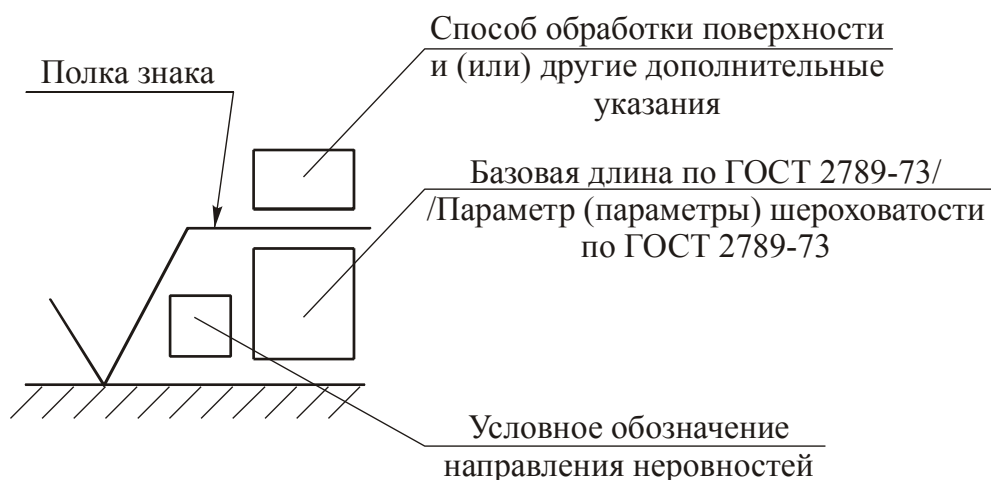


Рис. 7.2. Структура обозначения шероховатости поверхности

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 6.2. При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рис. 7.3. Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота H равна $(1,5...5)h$. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже. В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак по рис. 7.3,а. В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак по рис. 7.3,б. В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак по рис. 6.3,в с указанием значения параметра шероховатости.

Поверхности детали, изготавливаемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком по рис. 7.3,в без указания

параметров шероховатости. Состояние поверхности, обозначенной таким знаком, должно соответствовать требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, или другим документом, причем на этот документ должна быть приведена ссылка, например, в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104-68.

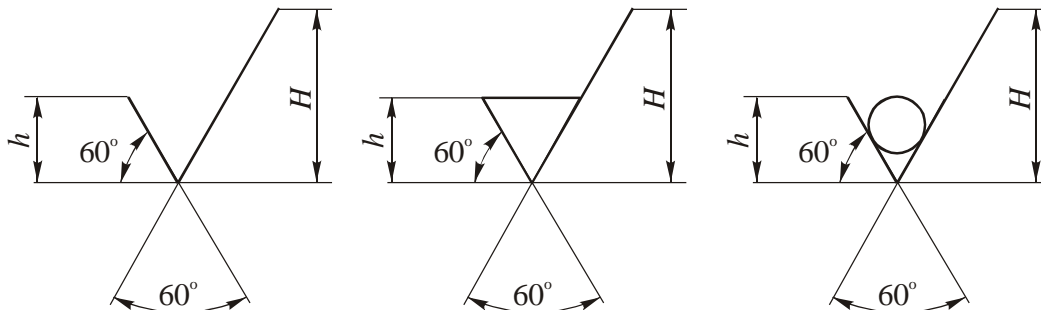


Рис. 7.3. Знаки обозначения шероховатости

Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например: $R_a 0,4$; $R_{\max} 6,3$; $S_m 0,63$; $t_{50} 70$; $S 0,032$; $S_z 50$. В примере $t_{50} 70$ указана относительная опорная длина профиля $t_p = 70\%$ при уровне сечения профиля $p = 50\%$.

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{Ra 0,4}$; $\sqrt{Rz 50}$.

При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например: $\sqrt{Ra 3,2 \min}$; $\sqrt{Rz 50 \min}$.

При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

$Ra 0,8$;	$Rz 0,10$;	$R_{\max} 0,80$;	$t_{50} 70$
0,4	0,5	0,32	50

В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости.

Параметр высоты неровностей профиля	√	$Ra 0,1$
Параметр шага неровностей профиля		$0,8/S_m 0,06$
Относительная опорная длина профиля		$0,04$
		$0,25/t_{50} 80 \pm 1$

Рис. 7.4.

√	Полировать
	$M Ra 0,025$

Рис. 7.5

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789-73, например: $Ra\ 1\div 20\%$; $Rz\ 100_{-10\%}$; $Sm\ 0,63^{+20\%}$; $t_{50}\ 70\pm 40\%$.

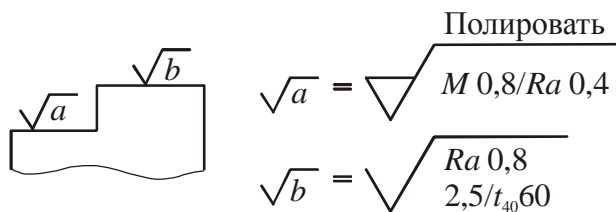


Рис. 7.6

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в порядке, представленном на рис. 7.4 (см. также рис. 7.2).

При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами Ra , Rz , R_{max} базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует ГОСТ 2789-73 для выбранного значения параметра шероховатости.

Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать приведенным в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Условные обозначения направления неровностей

Типы направления неровностей	Обозначение	Типы направления неровностей	Обозначение
Типы направления неровностей	Обозначение		

Условные обозначения направления неровностей приводят на чертеже при необходимости.

Высота знака условного обозначения направления неровностей должна быть приблизительно равна h . Толщина линий знака должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии.

Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности (рис. 7.5).

Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа по примеру, указанному на рис. 7.6.

Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию (рис. 7.7).

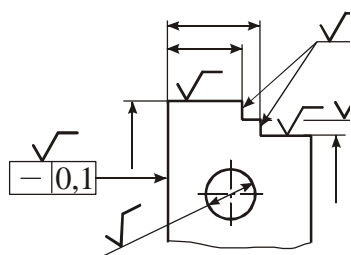


Рис. 7.7

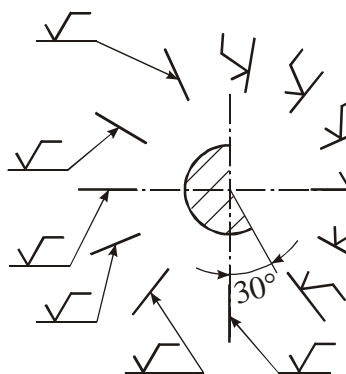


Рис. 7.8

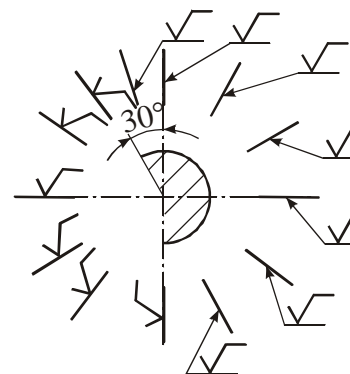


Рис. 7.9

Обозначения шероховатости поверхности, в которой знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 7.8 и 7.9. При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии выноски.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 7.10). Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа (рис. 7.11, 7.12) вместе с условным обозначением ($\sqrt{\quad}$). Это означает, что все поверхности, на

которые на изображении не нанесены обозначения или знак $\sqrt{\text{Ra}}$, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением ($\sqrt{\text{Ra}}$), соответствующим слову «остальное». Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков.

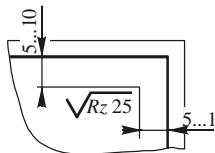


Рис. 7.10

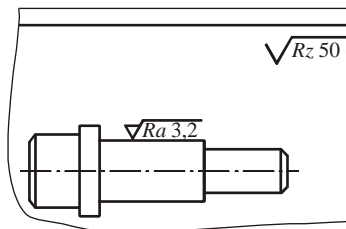


Рис. 7.11

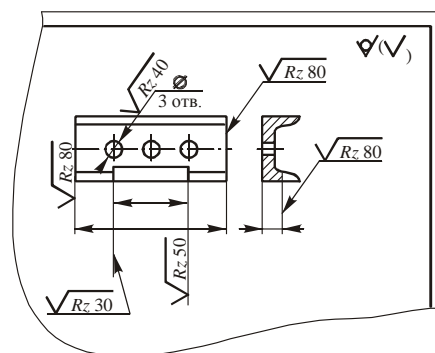


Рис. 7.12

Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис. 7.13,а). Через заштрихованную зону линии границы между участками не проводят (рис. 7.13,б).

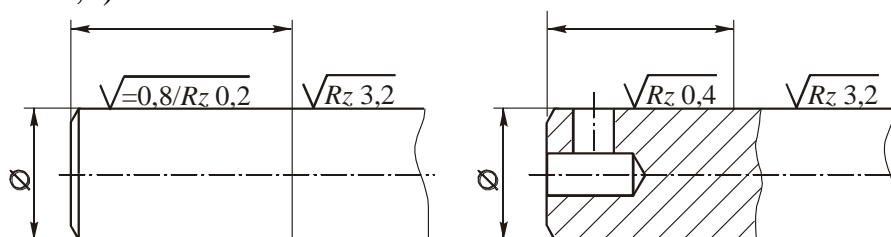


Рис. 7.13

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т.п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 7.14, а-в), а для глобoidных червяков и сопряженных с ними колес – на линии расчетной окружности (рис. 7.14,з).

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (рис. 7.15,а), или условно на выносной линии для указания размера резьбы (рис. 7.15, б - д), на размерной линии или на ее продолжении (рис. 7.15,е).

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз в соответствии с рис.16. Диаметр вспомогательного знака \bigcirc - 4...5 мм. В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак \bigcirc не приводят (рис. 7.17).

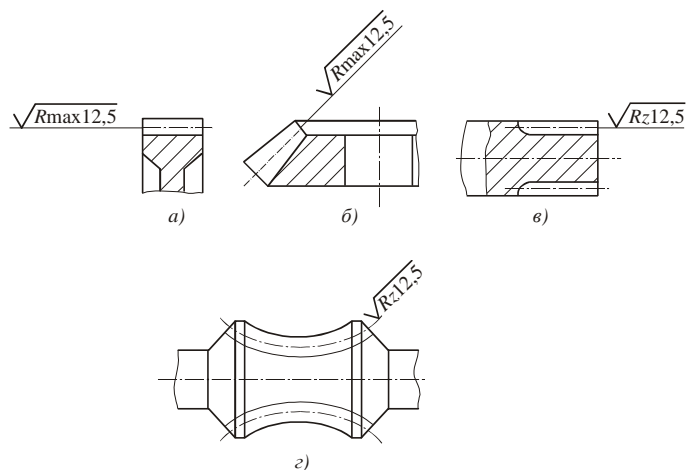


Рис. 7.14

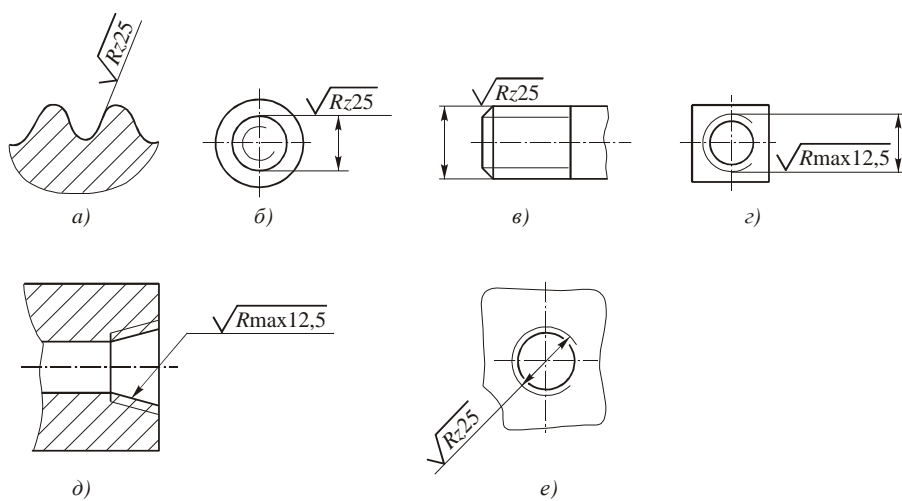


Рис. 7.15

Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например:

«Шероховатость поверхности $A - \sqrt{Ra} 1,6$ ».

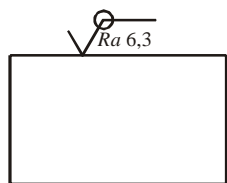


Рис. 7.16

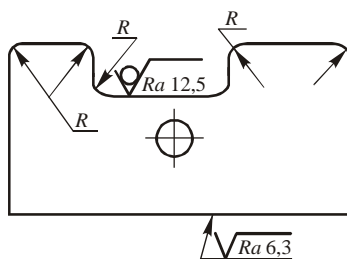


Рис. 7.17

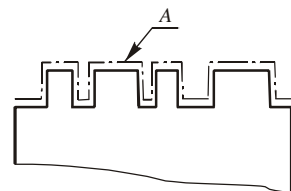


Рис. 7.18

При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии $0,8 \dots 1,0$ мм от линии контура (рис. 7.18).

Измерение и контроль шероховатости поверхности

Аттестация шероховатости поверхности проводится по двум видам контроля: качественному и количественному.

Качественный контроль параметров шероховатости поверхности осуществляют путем сравнения с образцами или образцовыми деталями визуально или на ощупь. ГОСТ 9378-75 устанавливает образцы шероховатости, полученные механической обработкой, снятием позитивных отпечатков гальванопластикой или нанесением покрытий на пластмассовые отпечатки. Наборы или отдельные образцы имеют прямолинейные, дугообразные или перекрещивающиеся дугообразные расположения неровностей поверхности. На каждом образце указаны значение параметра Ra (в мкм) и вид обработки образца. Для повышения точности используют щупы и микроскопы сравнения.

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют бесконтактными и контактными средствами измерения.

Для количественной оценки шероховатости поверхности бесконтактным методом используются два способа - увеличение их с помощью оптической системы или использованием отражательных способностей обработанной поверхности.

Приборами, основанными на оценке поверхностных неровностей при увеличении их с помощью оптической системы, являются «приборы светового сечения». Приборами, основанными на отражательной способности, являются микроинтерферометры.

Принцип действия приборов светового сечения заключается в получении увеличенного изображения профиля измеряемой поверхности с помощью лучей, направленных наклонно к этой поверхности, и измерении высоты неровностей в получаемом изображении. Наиболее распространенным является двойной микроскоп типа МИС-11, который позволяет определять три параметра шероховатости Rz , R_{max} и S в плоскости, нормальной к направлению неровностей поверхности. Rz , R_{max} в пределах $0,5 \div 40$ мкм и S в пределах $0,002 \div 0,5$ мм.

Принцип действия микроинтерферометра такой же, как и обычного, но отличается тем, что в качестве одной из поверхностей, которая создает интерференционную картину, используется измеряемая поверхность. А это значит, что прибор предназначен для измерения поверхностей с малыми неровностями, так как на грубых поверхностях интерференцию получить невозможно. В принципе микроинтерферометр представляет сочетание интерферометра и микроскопа. Наиболее типичным является прибор ММИ-4, который также позволяет определять Rz , R_{max} и S , но в более узком диапазоне. Rz , R_{max} в пределах $0,05 \div 0,8$ мкм.

Для количественной оценки шероховатости поверхности контактными средствами измерения используют профилографы-профилометры и профилометры.

Профилограф-профилометр состоит из двух приборов в зависимости от характера выдаваемой измерительной информации - профилографа и профилометра. Объединяются они вместе для расширения возможностей измерения поверхностных неровностей и в связи с тем, что многие функциональные узлы у них совпадают. Эти приборы предназначены в основном для работы в лаборатории. Отечественная промышленность изготавливает несколько моделей приборов (201, 202, 252), основанных на индуктивном методе преобразования колебаний иглы в колебание напряжений.

Профилограф — прибор для записи величин неровностей поверхности в нормальном к ней сечении в виде профилограммы, обработкой которой определяются все параметры, характеризующие шероховатость и волнистость поверхности.

Профилометр — прибор для измерения поверхностных неровностей в нормальном к ней сечении и представлении результатов измерения на шкале прибора в виде значения одного из параметров» используемых для оценки этих неровностей. Большинство профилометров дают оценку поверхностных неровностей по параметру Ra и используются в качестве цеховых приборов. Оценка шероховатости по параметру Rz связана с трудностями обработки сигнала.

Содержание отчета

1. Рисунок профиля поверхностных неровностей с основными параметрами.
2. Оценка параметров шероховатости по заданному профилю.
3. Приборы для оценки шероховатости поверхности на деталях машин.
4. Пример обозначения шероховатости на чертеже детали.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры используют для оценки шероховатости поверхности?
2. Чем и как контролируют шероховатость поверхности?
3. Какой параметр шероховатости измеряет прибор МИС-11?
4. Как обозначается шероховатость на чертежах?
5. Для чего на ответственных деталях машин добиваются малой шероховатости?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калиниченко, Н. П. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций: атлас фотографий дефектов опасных производственных объектов: учебное пособие для СПО / Н. П. Калиниченко, А. Н. Калиниченко. — Саратов: Профобразование, 2019. — 143 с. — ISBN 978-5-4488-0035-1. —

Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].
— URL: <http://www.iprbookshop.ru/83120.html>

2. Зацепин, А. Ф. Современные компьютерные дефектоскопы для ультразвуковых исследований и неразрушающего контроля: учебно-методическое пособие / А. Ф. Зацепин, Д. Ю. Бирюков. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 120 с. — ISBN 978-5-7996-1939-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68295.html>

3. Неразрушающий контроль. В 2 частях. Ч.2. Неразрушающий контроль в управлении качеством с применением мехатронных систем : учебное пособие / К. П. Латышенко, А. А. Чуриков, С. В. Пономарев [и др.]. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 81 с. — ISBN 978-5-8265-1679-9. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85965.html>

4. Секацкий, В. С. Методы и средства измерений и контроля: учебное пособие / В. С. Секацкий, Ю. А. Пикалов, Н. В. Мерзликина. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. — 316 с. — ISBN 978-5-7638-3612-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/84241.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	
ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИНДИКАТОРНЫМИ ПРИБОРАМИ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6	
ИЗМЕРЕНИЕ КАЛИБРА-ПРОБКИ.....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7	
ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ.....	15
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	25

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Методы и средства измерений, испытаний и контроля»
для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль:
Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности

Часть 2

Составители:

Поцбнева Ирина Валерьевна

В авторской редакции

Подписано к изданию 03.06. 2021.

Объем данных

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект 14