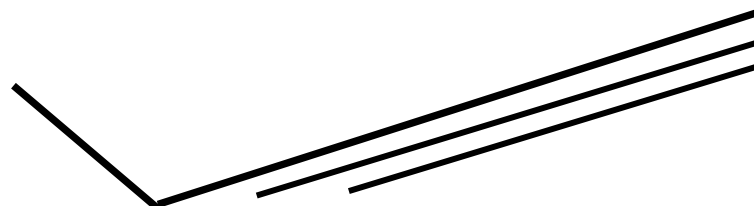


ЕГОРКИН О.В.

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗА-
ЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ.**

**МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗА-
ЦИЯ**

Учебное пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению подго-
товки 15.03.05 всех форм обучения



УДК 621.317

Егоркин О.В.

Метрология, стандартизация и сертификация. Метрология и стандартизация: учебное пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 всех форм обучения / О.В. Егоркин, АПИ (филиал) НГТУ им. Р.Е.Алексеева.- г. Арзамаса, 2019. – 71 с.

В пособии представлены методики выполнения четырех лабораторных работ: измерение размеров гладких калибров, измерение элементов резьбы на инструментальном микроскопе, измерение внутренних размеров, определение параметров кинематической точности цилиндрических зубчатых колес.

Рис.25, Табл.4, Библиогр.: 13 назв.

Содержание

1. Лабораторная работа № 1	
Измерение размеров гладких калибров.....	4
2. Лабораторная работа № 2	
Измерение внутренних размеров.....	16
3. Лабораторная работа № 3	
Измерение элементов резьбы на инструментальном микроскопе.....	25
4. Лабораторная работа №4	
Определение параметров кинематической точности зубчатых колес... ..	49
5. Приложение А.....	60
6. Приложение Б.....	62
7. Приложение В.....	66
8. Приложение Г.....	68

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ

Цель работы: освоить методику определения годности калибра-пробки на вертикальном длиномере и вертикальном оптиметре и определить погрешность измерения для обоснования соответствия выбранного метода измерения.

Задание. Данная работа содержит 2 самостоятельные части:
а) определение действительного размера калибра-пробки и отклонения от правильной геометрической формы;
б) определение соответствия выбранного метода измерения по погрешности измерения.

Необходимые приборы и принадлежности.

1. Вертикальный длиномер TRIMOS Vectra-Touch 600.
2. Вертикальный оптиметр.
3. Плоско-параллельные концевые меры длины 5 класса, 5 разряда.
4. Калибр-пробка.

Отчет выполняется на бланке (приложение А).

1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вертикальный длиномер относится к группе высокоточных приборов и предназначен для измерения точных наружных и внутренних размеров. Метод измерения – контактный.

Вертикальный оптиметр относится к группе приборов с рычажно-оптической передачей и предназначен только для измерения точных наружных размеров. Метод измерения – относительный, контактный.

1.1.1. Метрологические характеристики длинномера

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Диапазон измерения | 1524 мм |
| 2. Максимально допустимые ошибки | $2,5+L(\text{мм})/300$ |
| 3. Максимальная скорость перемещения вручную | 1 м/с |
| 4. Измерительное усилие | от 0,5 до 1,8 Н |

1.1.2. Метрологические характеристики оптиметра

- | | |
|---|----------------|
| 1. Цена деления шкалы прибора | 0,001 мм |
| 2. Пределы измерения по шкале прибора | + 0,1 мм |
| 3. Пределы измерения прибора: | |
| при измерении длин | от 0 до 180 мм |
| при измерении диаметров | от 0 до 150 мм |
| 4. Предельная погрешность показаний оптиметра | + 0,3 мкм |
| 5. Величина измерительного усилия | 200 г ± 2 г |

1.1.3. Описание вертикального оптиметра

Внешний вид оптиметра показан на рисунке 1.1. Трубка оптиметра 1, в которой смонтирована вся оптическая система прибора, вставляется в кронштейн 2 и закрепляется винтом 3. Кронштейн может перемещаться вместе с трубкой вдоль вертикальной колонки 4 при помощи рифленной гайки 6 и закрепляется на ней винтом 5, колонка прибора оканчивается внизу большим, массивным основанием, придающим прибору достаточную устойчивость.

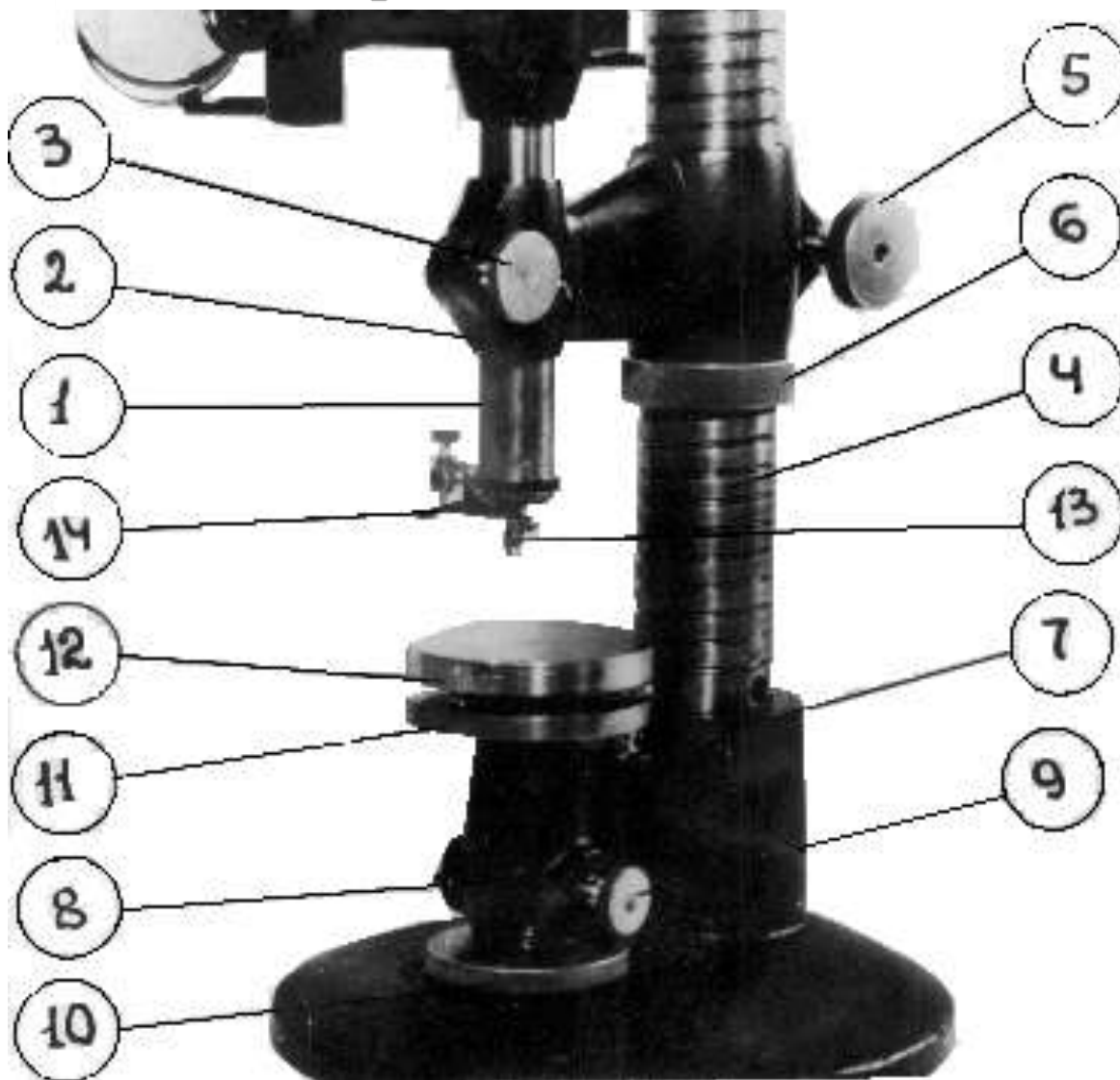
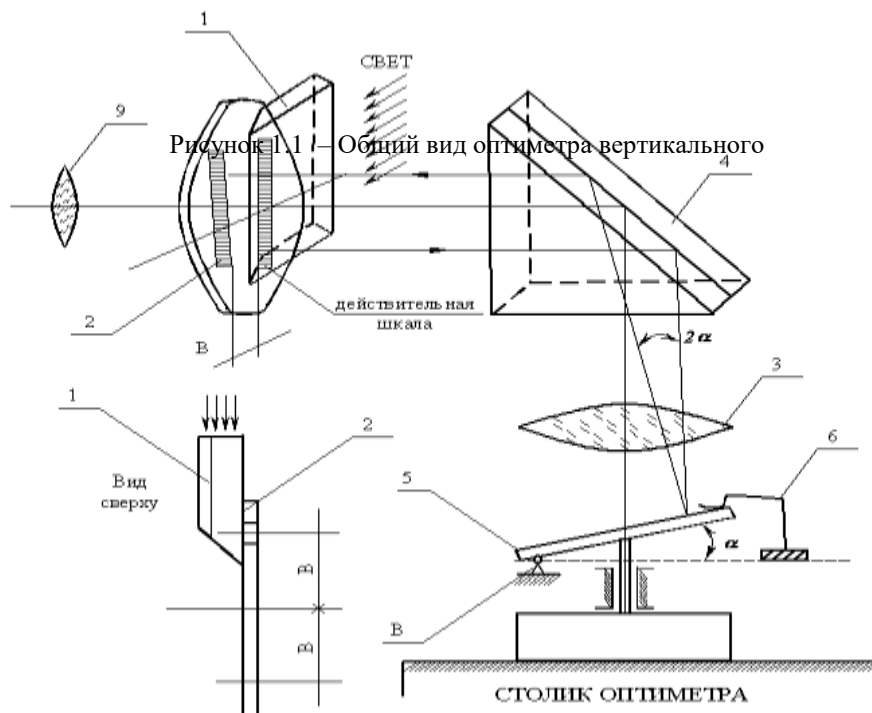


Рисунок 1.2 – Устройство оптиметровой трубки

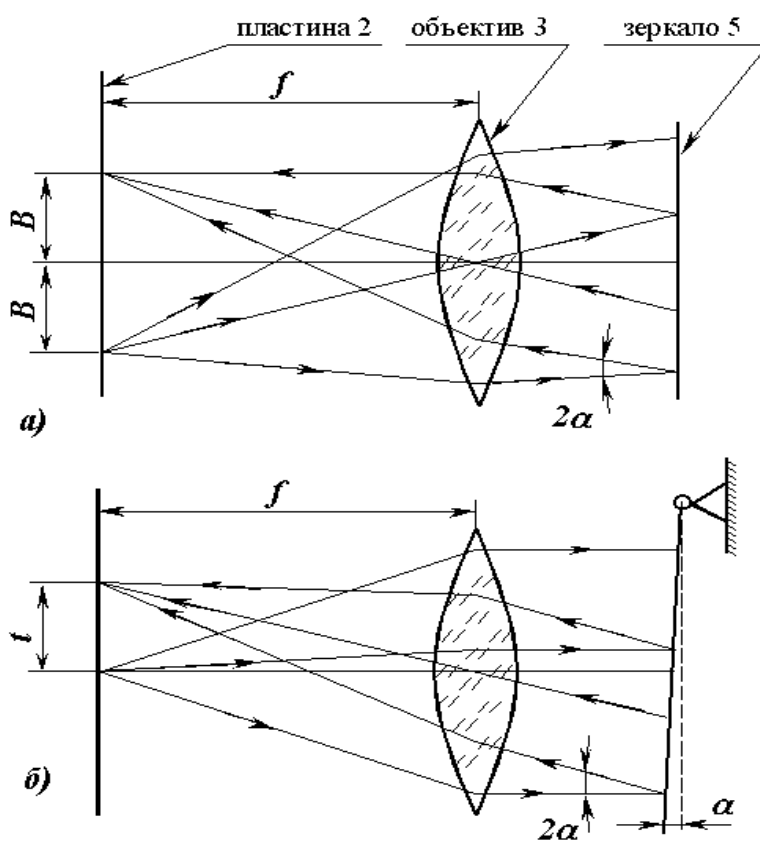


Рисунок 1.3 – Оптическая схема оптиметровой трубки оптиметра

На колонке внизу укреплена стойка 8 с коническим отверстием, в которое входит своим коническим хвостом стол 11. Этот стол можно поднимать и опускать микрометрическим винтом в пределах нескольких десятых долей миллиметра при помощи рифленой гайки 10 и закреплять неподвижно винтом 9. На нижнем столе 11 расположен верхний столик 12 на трех опорах, из которых одна неподвижна, а две другие представляют собой микрометрические винты 7.

Трогать эти винты нельзя, т.к. будет нарушена установка столика. С помощью винтов 7 верхний столик периодически юстируют, т.е. периодически выверяют так, чтобы его поверхность была строго перпендикулярна оси мерительного шрифта 13.

На нижний конец трубки оптиметра надето кольцо с рычагом арретира 14, служащим для подъема мерительного шрифта при установке концевых мер или измеряемых деталей, чтобы не портились и не царапались мерительные поверхности, как концевых мер, так и самих наконечников.

Оптиметр снабжается комплектом наконечников с различными мерительными поверхностями: сферическими, плоскими и неподвижными, а также рядом приспособлений, позволяющим производить специальные измерения проволок, шариков, плиток и т.п.

1.1.4. Принцип работы оптиметра

В основу действия прибора положены законы преломления и отражения света (рисунок 1.2 и рисунок 1.3). Пучок лучей от источника света направляется зеркальцем в щель в трубке оптиметра и попадает в трехгранную призму 1, преломляется и проходит через прозрачную пластину 2, находящуюся в фокальной плоскости объектива 3. На одной половине пластины 2 нанесены шкала на расстоянии «В» от главной оптической оси, а на другой половине – указатель. Свет на призмы 1 проходит через ту часть пластины 2, на которой нанесена шкала. Далее расходящийся пучок лучей, несущий изображение шкалы, проходит через трехгранную призму 4, преломляется под углом 90° , попадает в объектив 3 и, выходя из него параллельным пучком, попадает на зеркало 5. Отразившись от последнего параллельные лучи снова проходят через объектив, но и в обратном направлении превращаются в сходящийся пучок лучей, которые собираются в фокальной плоскости объектива и дают на пластине 2 изображение 7. Так как действительная шкала смещена в горизонтальном направлении относительно главной оптической оси, то изображение шкалы будет также смещено относительно главной оптической оси на ту же величину, но в другую сторону, и окажется против указателя. Наличие смещения дает возможность наблюдать в окуляре 9 изображение шкалы отдельно от самой шкалы. Перемещение изображения шкалы относительно неподвижного указателя в вертикальном направлении осуществляется за счет поворота зеркала 5, которое закреплено на оси 8 и прижимается пружиной 6 к измерительному стержню прибора. При этом смещение изображения шкалы будет пропорционально фокусному расстоянию и тангенсу двойного угла поворота зеркала 5 (рисунок 1.2).

При перпендикулярном положении зеркала относительно оптической оси системы нулевой штрих видимой шкалы совпадает с указателем.

1.1.5. Измерение на оптиметре

Перед началом работы необходимо обратить внимание, чтобы винт 5, стопорящий кронштейн, и винт 9, стопорящий столик, были освобождены (рисунок 1.1). Для возможности проведения измерения, оптиметр надо установить на размер. Для этого предварительно деталь измеряют микрометром. По этому размеру собирают блок из концевых мер и притирают его к столику 12. Столик, как и плитки, должен быть промыт бензином и протерт. Поворотом зеркала направляют пучок света в осветительную щель, чтобы видимое через окуляр полукруглое поле стало светлым. Затем производят предварительную установку трубки оптиметра на размер, для чего перемещают кронштейн 2 вниз по колонке 4 путем вращения гайки 6.

Опускать кронштейн следует очень осторожно и плавно, не допуская удара мерительного наконечника о блок или деталь.

Когда в поле зрения появиться шкала и ее нуль будет близок к указателю, кронштейн закрепляют винтом 5. Окончательную (точную) установку оптиметра на размер производят подъемом (или опусканием) столика при помощи рифленой гайки 10 до тех пор, как шкала не окажется против неподвижного указателя. После этого столик несильно закрепляют винтом 9. Нулевую установку прибора следует проверить путем двух-трех кратного поднимания и плавного опускания мерительного наконечника при помощи арретира. При правильной установке на нуль штрих шкалы каждый раз должен вставать против указателя. Если этого нет, то необходимо отстопорить винт 10 и снова произвести установку на нуль. После этого блок убирают, а вместо него под наконечник оптиметра помещают объект измерения. При измерении цилиндрических деталей их медленно перекачивают по столику, одновременно наблюдая за перемещением шкалы.

Показание оптиметра прочитывается при наивысшем показании шкалы, которое соответствует наиболее высокой точке детали (т.е. диаметру).

При измерении физических величин основную роль играют случайные погрешности, которые возникают в результате совокупности ряда мелких неучитываемых причин: температурных колебаний в помещении, вибраций в окружающей среде, осаждения пыли на измерительный прибор и т.д. Каждая из случайных причин оказывает на результаты измерения очень небольшое влияние, но суммарное воздействие всех причин может быть достаточно сильным. Случайные погрешности вызывают при измерении отклонения в обе стороны от истинного значения (рассеивание размеров).

Чаще всего на практике рассеивание размеров осуществляется по закону нормального распределения отклонений (рисунок 1.4) и описывается уравнением:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

где Y – плотность вероятности;
 x – значение случайной величины, для которой определяется Y ;
 $e = 2,7183$ – основание натуральных логарифмов;
 σ – среднеквадратичное отклонение.

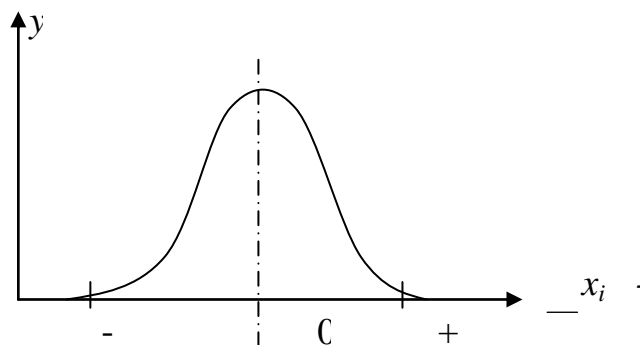


Рисунок 1.4 – Кривая Гаусса закона нормального распределения отклонений

Кривую закона нормального распределения ограничивают доверительными интервалами с различной вероятностью (в технике вероятность часто выражают в процентах):

- с вероятностью 0,6827 или 68,27%,
- с вероятностью 0,9545 или 95,45%,
- с вероятностью 0,9973 или 99,73%.

На практике доверительные интервалы выбирают в зависимости от конкретных условий. Если при измерении деталей принять, что допустимы отклонения от номинального размера до $\pm 3\sigma$, то в среднем одна бракованная деталь будет приходиться на 370 измеренных деталей. Если же требования к точности измерения той же детали ужесточить, т.е. сузить границы доверительного интервала до $\pm 2\sigma$, то в этом случае одна бракованная деталь будет находиться на 22 измеренных детали.

Влияние случайных погрешностей на результат измерения выявляется многократным измерением одной и той же величины при неизменных внешних условиях, и за наиболее вероятный результат измеряемой величины принимается среднее арифметическое значение x . При этом предполагается, что результаты измерений свободны от систематических погрешностей.

Точность проведенного ряда измерений определяется предельной погрешностью метода измерения, за которую принимается величина, равная $0,27H$, где H – допуск на изготовление размера.

Предельная погрешность метода измерений – это наибольшая погрешность данного метода измерения, за пределами которой лежит область грубых погрешностей.

1.1.6. Описание длиномера вертикального TRIMOS Vectra-

Touch 600 (Швейцария)



Рисунок 1.5 – Общий вид длиномера вертикального

1. Колонна.
2. Верхний держатель для измерительной вставки.
3. Нижний держатель для измерительной вставки.
4. Измерительная вставка.
5. Основание на воздушной подушке для перемещения прибора.
6. Рукоятка для перемещения прибора.
7. Нажимная кнопка для включения воздушной подушки.

8. Программируемые функциональные клавиши.
9. Рукоятка для перемещения измерительной каретки и щупа.
10. Дисплейный блок.
11. Клавиши ввода данных:
 - 1 – проверка отклонений от перпендикулярности;
 - 2 – измерение углов;
 - 3 – выбор режима расчёта;
 - 4 – выбор единиц измерения (мм/дюймы);
 - 5 – режимы: минимум, максимум или дельта;
 - 6 – установка дисплея на ноль;
 - 7 – выбор ссылок;
 - 8 – выбор разрешения;
 - 9 – сохранение параметров щупа;



- полная очистка буфера;



- очистка последнего значения.

12. Установка показаний на предварительно выбранное значение текущей настройки.
13. Вывод данных на принтер.
14. Подтверждение выбранных или входных данных.
15. Выбор основных функций.
16. Перемещение курсора.
17. Кнопка вкл./выкл.
18. Индикатор направления установки щупа.
19. Зеленая лампа – результат измерений в заданных пределах.
Красная лампа – результат измерений вне заданных пределов.
Оранжевая лампа – результат измерений вне заданных пределов, но может быть принят.
20. Меню функций.
21. Сенсорный дисплей.

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.2.1. Измерения на вертикальном длинномере

1. Записывают наименование, номинальный размер и класс точности калибра-пробки согласно маркировке на калибре.
2. Вычерчивают схему расположения полей допусков изделия и измеряемого калибра и проставляют отклонения, взятые из соответствующих стандартов.
3. Подсчитывают предельные размеры калибра.
4. Для включения прибора нажать клавишу вкл./выкл. Для выключения нажать и удерживать ту же клавишу более 2 секунд.

5. Для измерения диаметра необходимо нажать на клавишу Functions.

6. Установите измерительную вставку, как показано на рисунке 5, на нижнюю поверхность как можно ближе к нижней точке перегиба. Прикладывайте измерительное усилие до появления зелёного символа одновременно со звуковым сигналом.

7. Установите измерительную вставку на верхнюю поверхность как можно ближе к верхней точке перегиба. Прикладывайте измерительное усилие до появления зелёного символа одновременно со звуковым сигналом. Диаметр определен. Измерения проводят по двум направлениям и трем сечениям в соответствии с рисунком 1.6.

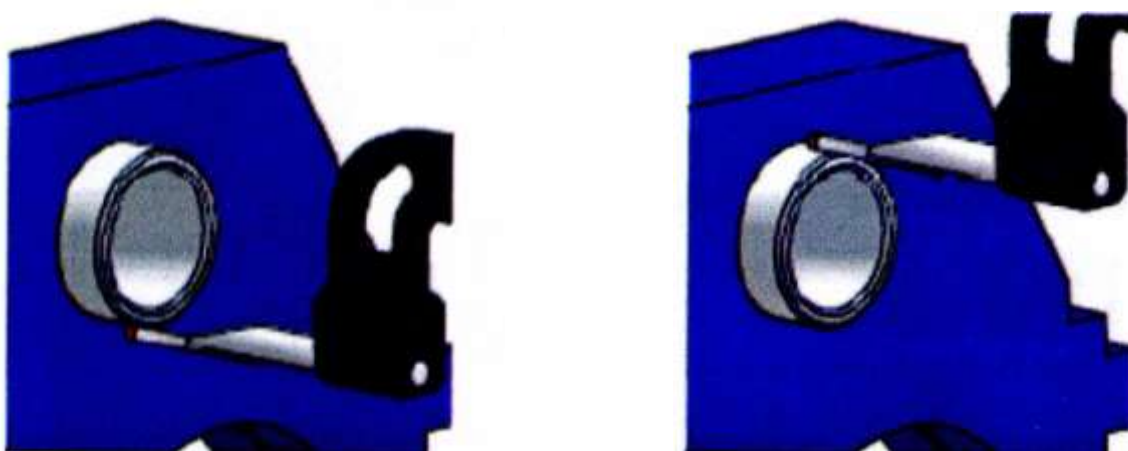


Рисунок 1.6 – Определение диаметра

1.2.2. Измерение на вертикальном оптиметре

1. Записывают наименование, номинальный размер и класс точности калибра-пробки согласно маркировке на калибре.

2. Вычерчивают схему расположения полей допусков изделия и измеряемого калибра и проставляют отклонения, взятые из соответствующих стандартов.

3. Подсчитывают предельные размеры калибра по ГОСТ 24853-81.

4. Набирают блок концевых мер размером, равным предельному размеру контролируемого изделия. Действительные размеры концевых мер, входящих в блок, определяют по аттестату данного набора концевых мер.

5. Устанавливают по блоку концевых мер оптиметр на начальный нуль.

Блок концевых мер h притирают к столику оптиметра 12 и опускают кронштейн 2 с трубкой оптиметра 1 так, чтобы измерительный наконечник 13 коснулся концевой меры. Для опускания кронштейна освобождают стопорный винт 5 и опускают гайку 6, затем, осторожно поворачивая кронштейн, закрепляют винтом 15. Эту предварительную установку производят очень осторожно, без толчков и ударов, чтобы не повредить внутреннюю рычажную систему трубки оптиметра.

Наблюдая в окуляр 1, поднимают предметный столик оптиметра гайкой 12 до тех пор, пока деление шкалы не встанет около неподвижного указателя (индекса). При достижении этого положения предметный столик закрепляют стопорным винтом 10. Затем арретиром 14 приподнимают измерительный наконечник 4 оптиметра и снимают блок концевых мер h с предметного столика.

6. Измеряют калибр. Для определения размера калибра и отклонения от правильной геометрической формы калибр измеряют в трех сечениях 1-1, 2-2, 3-3 и по двум взаимно перпендикулярным направлениям I-I, II-II, т.е. производят шесть измерений (рисунок 1.7).

7. Прижимая калибр к предметному столику, вводят его под измерительный наконечник и, перемещая по столику, замечают через окуляр наивысшее положение шкалы относительно неподвижного указателя. Такое положение соответствует моменту, когда линия измерения будет проходить через диаметр калибра (рисунок 1.7).

8. Проверяют установку прибора на нуль (конечный нуль). Для этого снова ставят на предметный столик блок концевых мер и наблюдают положение шкалы относительно неподвижного указателя. Величина среднего нуля получается как среднее арифметическое из значений начального и конечного нулей.

9. Определяют показания оптиметра, которое равно наибольшему и наименьшему отклонениям, полученным при измерении, минус значение среднего нуля (с учетом знака).

10. Определяют размеры калибра путем сложения размера блока с показаниями оптиметра.

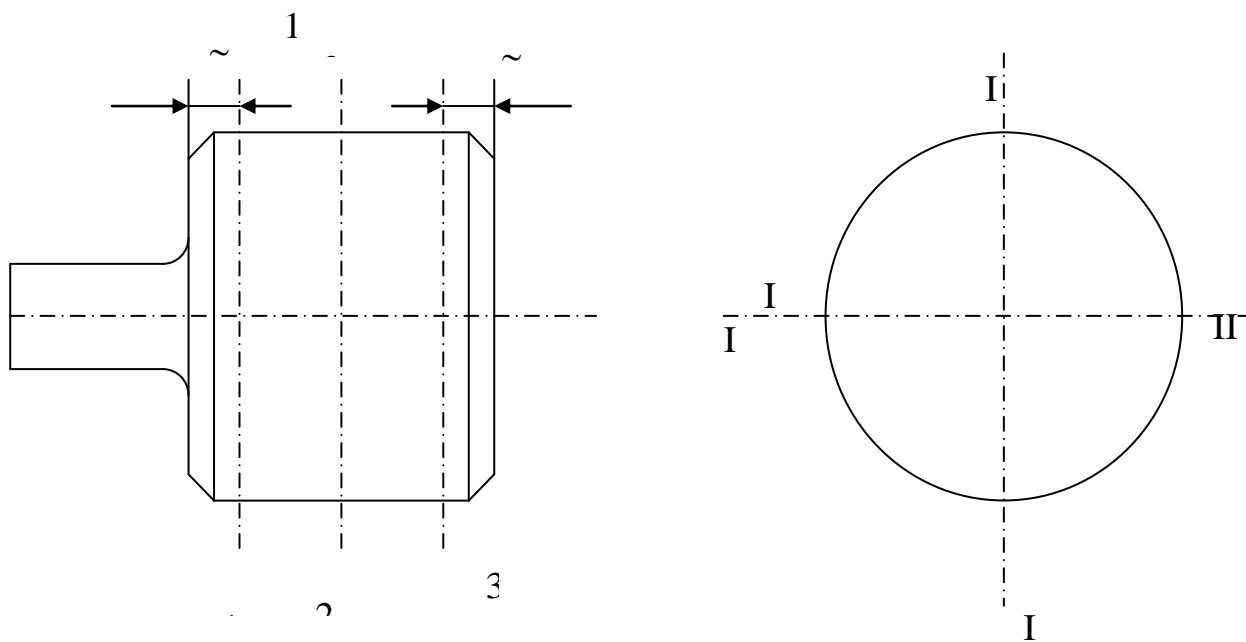


Рисунок 1.7 – Схема измерения калибра

11. Находят по полученным в процессе измерения результаты отклонений калибра от правильной геометрической формы.

12. Делают заключение о годности калибра: он годен, если его размеры не превышают наибольшего размера и не меньше наименьшего размера.

13. Записывают в бланк отчета все показания.

1.2.3. Определение погрешности ряда измерений

1. Устанавливают шкалу оптиметра на нуль по блоку концевых мер так же как и при измерении калибра (см. выше).

2. Производят 10 измерений одного и того же размера (т.е. в одном сечении и по одному и тому же направлению, чтобы не внести в результат измерения погрешность формы изделия). При отсчете необходимо учитывать на глаз 1/2, 1/3, 1/5 части деления при цене деления 1 мкм, равные соответственно: 0,5, 0,3, 0,2 мкм. Результаты измерений записывают в бланк.

3. Проверяют установку оптиметра на нуль.

4. Подсчитывают основные статистические параметры: \bar{x} - среднюю квадратичную погрешность измерений; v_1, v_2, \dots, v_n - остаточные погрешности данного измерения; $v_1^2, v_2^2, \dots, v_n^2$ - квадраты остаточных погрешностей данного измерения по формулам:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n};$$
$$v_1 = x_1 - \bar{X}; v_2 = x_2 - \bar{X}; v_n = x_n - \bar{X}.$$

5. Определяют среднюю квадратичную погрешность σ ряда измерений по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}.$$

6. Определяют действительную погрешность ряда измерений:

а) при риске $z = 0,27\%$

$$\Delta \lim = \pm 3\sigma;$$

б) при риске $z = 5\%$

$$\Delta \lim = \pm 2\sigma.$$

Контрольные вопросы

1. Классификационная группа оптиметра и принципиальная схема устройства трубки оптиметра.
2. Устройство длинномера вертикального.
3. Метрологические показатели используемых приборов и методы измерения.
4. Содержание 1-й и 2-й частей работы.
5. Классификация погрешностей измерения по источникам и причинам.
6. Какие погрешности (случайные или систематические) вызывают изменения показаний прибора при выполнении 2-й части работы?
7. Теоретический характер погрешностей распределения и основные параметры закона нормального распределения отклонений.
8. Принцип выбора измерительных средств.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ

Цель работы: освоить методику определения годности калибра-пробки на вертикальном длиномере и вертикальном оптиметре и определить погрешность измерения для обоснования соответствия выбранного метода измерения.

Задание. Данная работа содержит 2 самостоятельные части:
а) определение действительного размера калибра-пробки и отклонения от правильной геометрической формы;
б) определение соответствия выбранного метода измерения по погрешности измерения.

Необходимые приборы и принадлежности.

5. Вертикальный длиномер TRIMOS Vectra-Touch 600.
6. Вертикальный оптиметр.
7. Плоско-параллельные концевые меры длины 5 класса, 5 разряда.
8. Калибр-пробка.

Отчет выполняется на бланке (приложение А).

1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вертикальный длиномер относится к группе высокоточных приборов и предназначен для измерения точных наружных и внутренних размеров. Метод измерения – контактный.

Вертикальный оптиметр относится к группе приборов с рычажно-оптической передачей и предназначен только для измерения точных наружных размеров. Метод измерения – относительный, контактный.

1.1.1. Метрологические характеристики длинномера

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Диапазон измерения | 1524 мм |
| 2. Максимально допустимые ошибки | $2,5+L(\text{мм})/300$ |
| 3. Максимальная скорость перемещения вручную | 1 м/с |
| 4. Измерительное усилие | от 0,5 до 1,8 Н |

1.1.2. Метрологические характеристики оптиметра

- | | |
|---|----------------|
| 1. Цена деления шкалы прибора | 0,001 мм |
| 2. Пределы измерения по шкале прибора | + 0,1 мм |
| 6. Пределы измерения прибора: | |
| при измерении длин | от 0 до 180 мм |
| при измерении диаметров | от 0 до 150 мм |
| 7. Предельная погрешность показаний оптиметра | + 0,3 мкм |
| 8. Величина измерительного усилия | 200 г ± 2 г |

1.1.3. Описание вертикального оптиметра

Внешний вид оптиметра показан на рисунке 1.1. Трубка оптиметра 1, в которой смонтирована вся оптическая система прибора, вставляется в кронштейн 2 и закрепляется винтом 3. Кронштейн может перемещаться вместе с трубкой вдоль вертикальной колонки 4 при помощи рифленной гайки 6 и закрепляется на ней винтом 5, колонка прибора оканчивается внизу большим, массивным основанием, придающим прибору достаточную устойчивость.

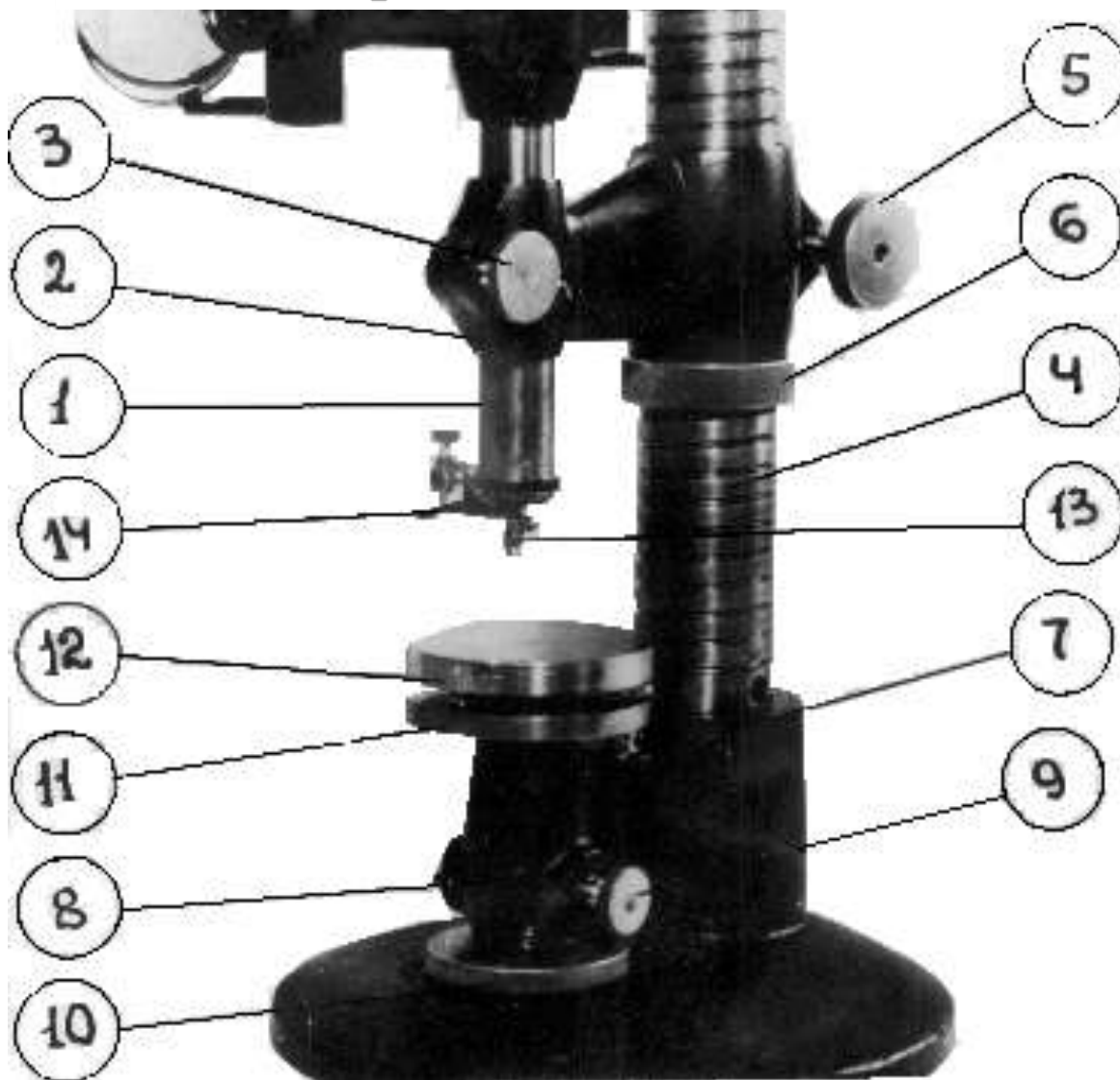
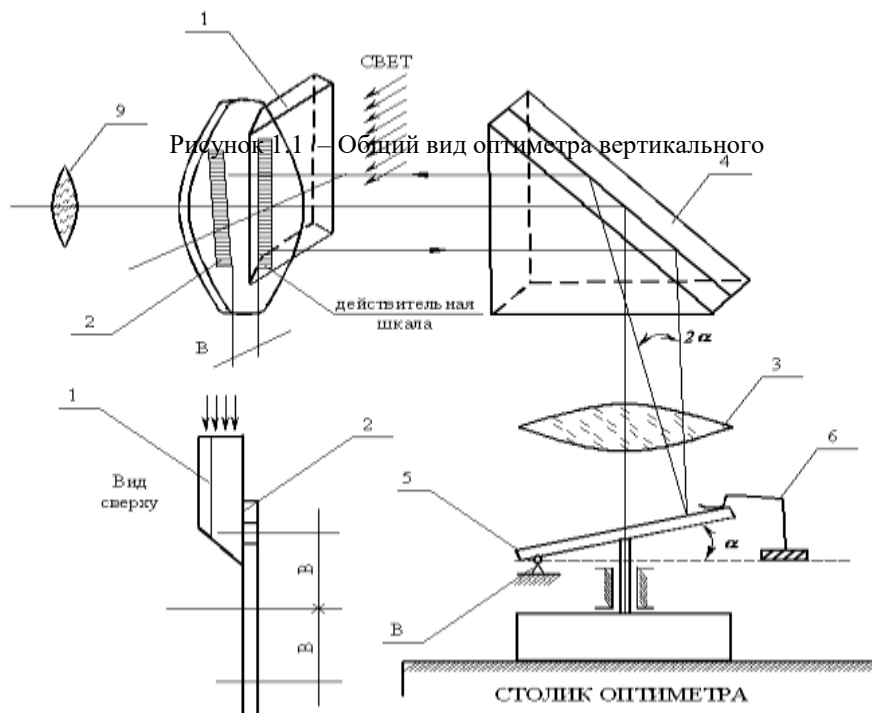


Рисунок 1.2 – Устройство оптиметровой трубки

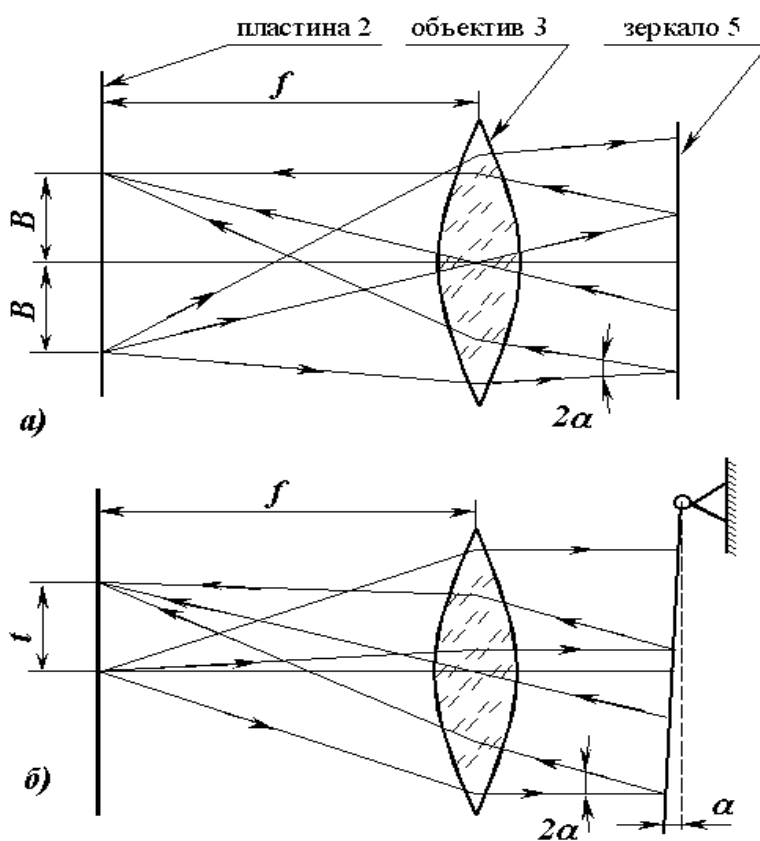


Рисунок 1.3 – Оптическая схема оптиметровой трубки оптиметра

На колонке внизу укреплена стойка 8 с коническим отверстием, в которое входит своим коническим хвостом стол 11. Этот стол можно поднимать и опускать микрометрическим винтом в пределах нескольких десятых долей миллиметра при помощи рифленой гайки 10 и закреплять неподвижно винтом 9. На нижнем столе 11 расположен верхний столик 12 на трех опорах, из которых одна неподвижна, а две другие представляют собой микрометрические винты 7.

Трогать эти винты нельзя, т.к. будет нарушена установка столика. С помощью винтов 7 верхний столик периодически юстируют, т.е. периодически выверяют так, чтобы его поверхность была строго перпендикулярна оси мерительного шрифта 13.

На нижний конец трубки оптиметра надето кольцо с рычагом арретира 14, служащим для подъема мерительного шрифта при установке концевых мер или измеряемых деталей, чтобы не портились и не царапались мерительные поверхности, как концевых мер, так и самих наконечников.

Оптиметр снабжается комплектом наконечников с различными мерительными поверхностями: сферическими, плоскими и неподвижными, а также рядом приспособлений, позволяющим производить специальные измерения проволок, шариков, плиток и т.п.

1.1.4. Принцип работы оптиметра

В основу действия прибора положены законы преломления и отражения света (рисунок 1.2 и рисунок 1.3). Пучок лучей от источника света направляется зеркальцем в щель в трубке оптиметра и попадает в трехгранную призму 1, преломляется и проходит через прозрачную пластину 2, находящуюся в фокальной плоскости объектива 3. На одной половине пластины 2 нанесены шкала на расстоянии «В» от главной оптической оси, а на другой половине – указатель. Свет на призмы 1 проходит через ту часть пластины 2, на которой нанесена шкала. Далее расходящийся пучок лучей, несущий изображение шкалы, проходит через трехгранную призму 4, преломляется под углом 90° , попадает в объектив 3 и, выходя из него параллельным пучком, попадает на зеркало 5. Отразившись от последнего параллельные лучи снова проходят через объектив, но и в обратном направлении превращаются в сходящийся пучок лучей, которые собираются в фокальной плоскости объектива и дают на пластине 2 изображение 7. Так как действительная шкала смещена в горизонтальном направлении относительно главной оптической оси, то изображение шкалы будет также смещено относительно главной оптической оси на ту же величину, но в другую сторону, и окажется против указателя. Наличие смещения дает возможность наблюдать в окуляре 9 изображение шкалы отдельно от самой шкалы. Перемещение изображения шкалы относительно неподвижного указателя в вертикальном направлении осуществляется за счет поворота зеркала 5, которое закреплено на оси 8 и прижимается пружиной 6 к измерительному стержню прибора. При этом смещение изображения шкалы будет пропорционально фокусному расстоянию и тангенсу двойного угла поворота зеркала 5 (рисунок 1.2).

При перпендикулярном положении зеркала относительно оптической оси системы нулевой штрих видимой шкалы совпадает с указателем.

1.1.5. Измерение на оптиметре

Перед началом работы необходимо обратить внимание, чтобы винт 5, стопорящий кронштейн, и винт 9, стопорящий столик, были освобождены (рисунк 1.1). Для возможности проведения измерения, оптиметр надо установить на размер. Для этого предварительно деталь измеряют микрометром. По этому размеру собирают блок из концевых мер и притирают его к столику 12. Столик, как и плитки, должен быть промыт бензином и протерт. Поворотом зеркала направляют пучок света в осветительную щель, чтобы видимое через окуляр полукруглое поле стало светлым. Затем производят предварительную установку трубки оптиметра на размер, для чего перемещают кронштейн 2 вниз по колонке 4 путем вращения гайки 6.

Опускать кронштейн следует очень осторожно и плавно, не допуская удара мерительного наконечника о блок или деталь.

Когда в поле зрения появиться шкала и ее нуль будет близок к указателю, кронштейн закрепляют винтом 5. Окончательную (точную) установку оптиметра на размер производят подъемом (или опусканием) столика при помощи рифленой гайки 10 до тех пор, как шкала не окажется против неподвижного указателя. После этого столик несильно закрепляют винтом 9. Нулевую установку прибора следует проверить путем двух-трех кратного поднимания и плавного опускания мерительного наконечника при помощи арретира. При правильной установке на нуль штрих шкалы каждый раз должен вставать против указателя. Если этого нет, то необходимо отстопорить винт 10 и снова произвести установку на нуль. После этого блок убирают, а вместо него под наконечник оптиметра помещают объект измерения. При измерении цилиндрических деталей их медленно перекачивают по столику, одновременно наблюдая за перемещением шкалы.

Показание оптиметра прочитывается при наивысшем показании шкалы, которое соответствует наиболее высокой точки детали (т.е. диаметру).

При измерении физических величин основную роль играют случайные погрешности, которые возникают в результате совокупности ряда мелких неучитываемых причин: температурных колебаний в помещении, вибраций в окружающей среде, осаждения пыли на измерительный прибор и т.д. Каждая из случайных причин оказывает на результаты измерения очень небольшое влияние, но суммарное воздействие всех причин может быть достаточно сильным. Случайные погрешности вызывают при измерении отклонения в обе стороны от истинного значения (рассеивание размеров).

Чаще всего на практике рассеивание размеров осуществляется по закону нормального распределения отклонений (рисунок 1.4) и описывается уравнением:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

где Y – плотность вероятности;
 x – значение случайной величины, для которой определяется Y ;
 $e = 2,7183$ – основание натуральных логарифмов;
 σ – среднеквадратичное отклонение.

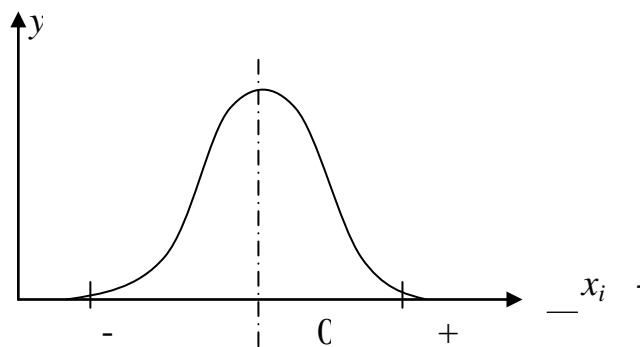


Рисунок 1.4 – Кривая Гаусса закона нормального распределения отклонений

Кривую закона нормального распределения ограничивают доверительными интервалами с различной вероятностью (в технике вероятность часто выражают в процентах):

- с вероятностью 0,6827 или 68,27%,
- с вероятностью 0,9545 или 95,45%,
- с вероятностью 0,9973 или 99,73%.

На практике доверительные интервалы выбирают в зависимости от конкретных условий. Если при измерении деталей принять, что допустимы отклонения от номинального размера до $\pm 3\sigma$, то в среднем одна бракованная деталь будет приходиться на 370 измеренных деталей. Если же требования к точности измерения той же детали ужесточить, т.е. сузить границы доверительного интервала до $\pm 2\sigma$, то в этом случае одна бракованная деталь будет находиться на 22 измеренных детали.

Влияние случайных погрешностей на результат измерения выявляется многократным измерением одной и той же величины при неизменных внешних условиях, и за наиболее вероятный результат измеряемой величины принимается среднее арифметическое значение x . При этом предполагается, что результаты измерений свободны от систематических погрешностей.

Точность проведенного ряда измерений определяется предельной погрешностью метода измерения, за которую принимается величина, равная $0,27H$, где H – допуск на изготовление размера.

Предельная погрешность метода измерений – это наибольшая погрешность данного метода измерения, за пределами которой лежит область грубых погрешностей.

1.1.6. Описание длиномера вертикального TRIMOS Vectra-

Touch 600 (Швейцария)



Рисунок 1.5 – Общий вид длиномера вертикального

- 22. Колонна.
- 23. Верхний держатель для измерительной вставки.
- 24. Нижний держатель для измерительной вставки.
- 25. Измерительная вставка.
- 26. Основание на воздушной подушке для перемещения прибора.
- 27. Рукоятка для перемещения прибора.
- 28. Нажимная кнопка для включения воздушной подушки.

29. Программируемые функциональные клавиши.
30. Рукоятка для перемещения измерительной каретки и щупа.
31. Дисплейный блок.
32. Клавиши ввода данных:
1 – проверка отклонений от перпендикулярности;
2 – измерение углов;
3 – выбор режима расчёта;
4 – выбор единиц измерения (мм/дюймы);
5 – режимы: минимум, максимум или дельта;
6 – установка дисплея на ноль;
7 – выбор ссылок;
8 – выбор разрешения;
9 – сохранение параметров щупа;



- полная очистка буфера;



- очистка последнего значения.

33. Установка показаний на предварительно выбранное значение текущей настройки.
34. Вывод данных на принтер.
35. Подтверждение выбранных или входных данных.
36. Выбор основных функций.
37. Перемещение курсора.
38. Кнопка вкл./выкл.
39. Индикатор направления установки щупа.
40. Зеленая лампа – результат измерений в заданных пределах.
Красная лампа – результат измерений вне заданных пределов.
Оранжевая лампа – результат измерений вне заданных пределов, но может быть принят.
41. Меню функций.
42. Сенсорный дисплей.

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.2.1. Измерения на вертикальном длинномере

1. Записывают наименование, номинальный размер и класс точности калибра-пробки согласно маркировке на калибре.
2. Вычерчивают схему расположения полей допусков изделия и измеряемого калибра и проставляют отклонения, взятые из соответствующих стандартов.
3. Подсчитывают предельные размеры калибра.
4. Для включения прибора нажать клавишу вкл./выкл. Для выключения нажать и удерживать ту же клавишу более 2 секунд.

5. Для измерения диаметра необходимо нажать на клавишу Functions.

6. Установите измерительную вставку, как показано на рисунке 5, на нижнюю поверхность как можно ближе к нижней точке перегиба. Прикладывайте измерительное усилие до появления зелёного символа одновременно со звуковым сигналом.

7. Установите измерительную вставку на верхнюю поверхность как можно ближе к верхней точке перегиба. Прикладывайте измерительное усилие до появления зелёного символа одновременно со звуковым сигналом. Диаметр определен. Измерения проводят по двум направлениям и трем сечениям в соответствии с рисунком 1.6.

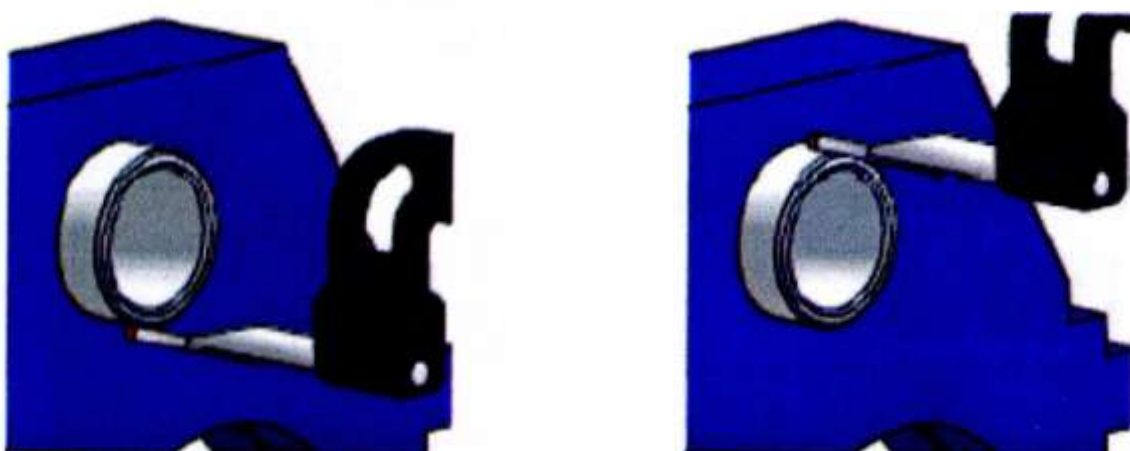


Рисунок 1.6 – Определение диаметра

1.2.2. Измерение на вертикальном оптиметре

1. Записывают наименование, номинальный размер и класс точности калибра-пробки согласно маркировке на калибре.

2. Вычерчивают схему расположения полей допусков изделия и измеряемого калибра и проставляют отклонения, взятые из соответствующих стандартов.

3. Подсчитывают предельные размеры калибра по ГОСТ 24853-81.

4. Набирают блок концевых мер размером, равным предельному размеру контролируемого изделия. Действительные размеры концевых мер, входящих в блок, определяют по аттестату данного набора концевых мер.

5. Устанавливают по блоку концевых мер оптиметр на начальный нуль.

Блок концевых мер h притирают к столику оптиметра 12 и опускают кронштейн 2 с трубкой оптиметра 1 так, чтобы измерительный наконечник 13 коснулся концевой меры. Для опускания кронштейна освобождают стопорный винт 5 и опускают гайку 6, затем, осторожно поворачивая кронштейн, закрепляют винтом 15. Эту предварительную установку производят очень осторожно, без толчков и ударов, чтобы не повредить внутреннюю рычажную систему трубки оптиметра.

Наблюдая в окуляр 1, поднимают предметный столик оптиметра гайкой 12 до тех пор, пока деление шкалы не встанет около неподвижного указателя (индекса). При достижении этого положения предметный столик закрепляют стопорным винтом 10. Затем арретиром 14 приподнимают измерительный наконечник 4 оптиметра и снимают блок концевых мер h с предметного столика.

6. Измеряют калибр. Для определения размера калибра и отклонения от правильной геометрической формы калибр измеряют в трех сечениях 1-1, 2-2, 3-3 и по двум взаимно перпендикулярным направлениям I-I, II-II, т.е. производят шесть измерений (рисунок 1.7).

7. Прижимая калибр к предметному столику, вводят его под измерительный наконечник и, перемещая по столику, замечают через окуляр наивысшее положение шкалы относительно неподвижного указателя. Такое положение соответствует моменту, когда линия измерения будет проходить через диаметр калибра (рисунок 1.7).

8. Проверяют установку прибора на нуль (конечный нуль). Для этого снова ставят на предметный столик блок концевых мер и наблюдают положение шкалы относительно неподвижного указателя. Величина среднего нуля получается как среднее арифметическое из значений начального и конечного нулей.

9. Определяют показания оптиметра, которое равно наибольшему и наименьшему отклонениям, полученным при измерении, минус значение среднего нуля (с учетом знака).

10. Определяют размеры калибра путем сложения размера блока с показаниями оптиметра.

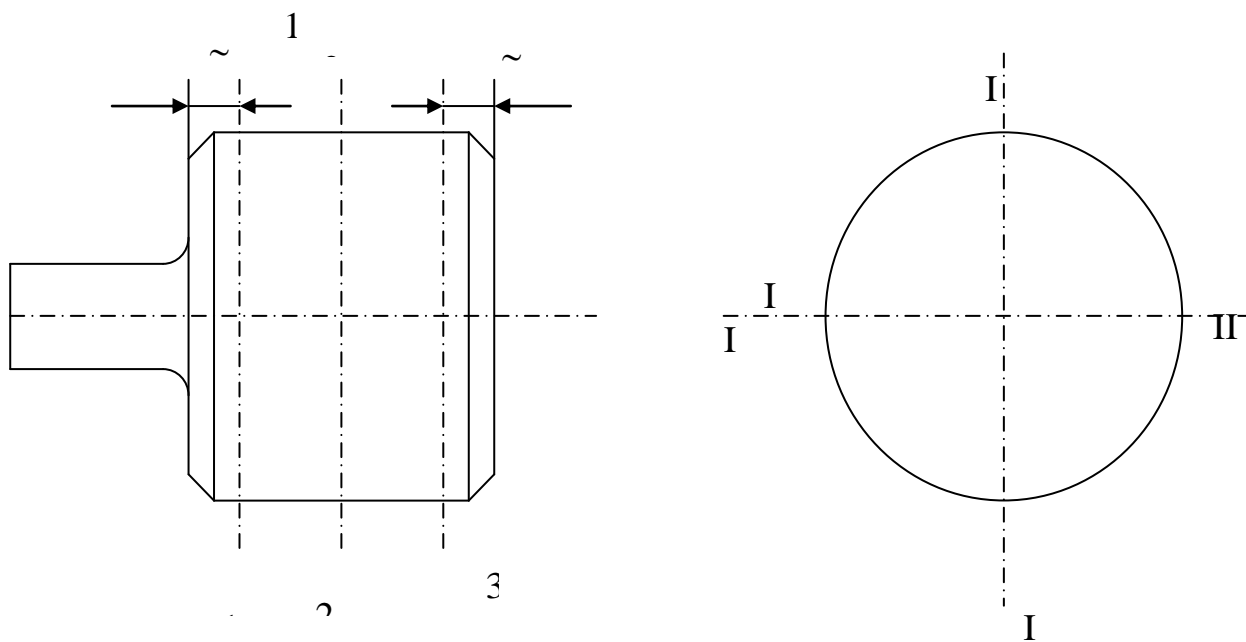


Рисунок 1.7 – Схема измерения калибра

11. Находят по полученным в процессе измерения результаты отклонений калибра от правильной геометрической формы.

12. Делают заключение о годности калибра: он годен, если его размеры не превышают наибольшего размера и не меньше наименьшего размера.

13. Записывают в бланк отчета все показания.

1.2.3. Определение погрешности ряда измерений

1. Устанавливают шкалу оптиметра на нуль по блоку концевых мер так же как и при измерении калибра (см. выше).

2. Производят 10 измерений одного и того же размера (т.е. в одном сечении и по одному и тому же направлению, чтобы не внести в результат измерения погрешность формы изделия). При отсчете необходимо учитывать на глаз 1/2, 1/3, 1/5 части деления при цене деления 1 мкм, равные соответственно: 0,5, 0,3, 0,2 мкм. Результаты измерений записывают в бланк.

3. Проверяют установку оптиметра на нуль.

4. Подсчитывают основные статистические параметры: \bar{x} - среднюю квадратичную погрешность измерений; v_1, v_2, \dots, v_n - остаточные погрешности данного измерения; $v_1^2, v_2^2, \dots, v_n^2$ - квадраты остаточных погрешностей данного измерения по формулам:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n};$$
$$v_1 = x_1 - \bar{X}; v_2 = x_2 - \bar{X}; v_n = x_n - \bar{X}.$$

5. Определяют среднюю квадратичную погрешность σ ряда измерений по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}.$$

6. Определяют действительную погрешность ряда измерений:

а) при риске $z = 0,27\%$

$$\Delta \lim = \pm 3\sigma;$$

б) при риске $z = 5\%$

$$\Delta \lim = \pm 2\sigma.$$

Контрольные вопросы

1. Классификационная группа оптиметра и принципиальная схема устройства трубки оптиметра.
2. Устройство длинномера вертикального.
3. Метрологические показатели используемых приборов и методы измерения.
4. Содержание 1-й и 2-й частей работы.
5. Классификация погрешностей измерения по источникам и причинам.
6. Какие погрешности (случайные или систематические) вызывают изменения показаний прибора при выполнении 2-й части работы?
7. Теоретический характер погрешностей распределения и основные параметры закона нормального распределения отклонений.
8. Принцип выбора измерительных средств.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЬБЫ НА МИКРОСКОПЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ

Цель работы: ознакомление с методикой измерения параметров резьбы на инструментальном микроскопе и с оценкой годности резьбы.

Задание.

1. Изучить устройство прибора.
2. Подсчитать предельные размеры элементов резьбы шпильки по ГОСТ 9150-2002 и ГОСТ 16093-81.
3. Измерить параметры шпильки.
4. Обработать результаты измерения и сделать заключение о годности.

Необходимые приборы и принадлежности.

1. Микроскоп инструментальный БМИ-1Ц с цифровым отсчетом.
2. Микрометр гладкий цифровой электронный ЧИЗ (Micron) с ценой деления 0,001мм.
3. Штангенциркуль электронный с глубиномером тип 1(Micron).
4. Резьбовой микрометр с диапазоном измерения 0-25, 25-50 мм.
5. Шпилька.

Отчет выполняется на бланке (приложение В).

3.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Микроскоп инструментальный БМИ-1Ц предназначен для измерения:

- в проходящем и отраженном свете наружных линейных размеров и диаметров валов до 150 мм в продольном направлении и до 50 мм в поперечном направлении;

- углов изделий до 360° по угломерной головке и столу;

- резцов, фрез, кулачков, и другого инструмента, а также шаблонов любой формы и конфигурации, габариты которых позволяют установить их на измерительном столе микроскопа.

Измерение можно производить в прямоугольных и полярных координатах:

- резьбы метчиков по диаметру, шагу и половине угла профиля;

- резьбовых калибров по шагу (сравнительным методом), половине угла профиля, прямолинейности профиля и внутреннему диаметру (пользуясь методикой ГОСТ 8.128-74 и 12690-457);

- конусных калибров, цилиндрических и конусных втулок, радиусных профилей.

3.1.1. Технические характеристики

Основные параметры и размеры микроскопа должны соответствовать указанным в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Наименование параметров и размеров	Нормы
Пределы измерений, мм: в продольном направлении в поперечном направлении	0-150 0-50
Микрометрическими винтами электронно-оптического преобразователя	0-25
Пределы измерений плоских углов окулярной угломерной головкой, ...°	0-360
Пределы поворота стола, ...°	0-360
Пределы углов наклона колонки микроскопа относительно вертикального положения, ...°	±12,5
Увеличение визирного микроскопа, крат	10; 15; 30; 50
Увеличение объективов, крат	1; 1,5; 3; 5
Поле зрения визирного микроскопа (диаметр рассматриваемого круга) в зависимости от увеличения, мм	21; 14; 7; 4,2
Максимальное расстояние между центрами, мм	при изделиях диаметром до 85 мм 235 и при изделиях диаметром до 39 мм 315
Максимальный диаметр устанавливаемого в центрах изделия, мм	85
Максимальный диаметр изделия, устанавливаемого в призматических опорах, мм	130
Минимальное расстояние от колонки до оси тубуса микроскопа (вылет), мм	165
Наименьшая величина перемещения стола, регистрируемая по индикаторному табло устройства цифрового пересчетного, мм	0,001
Цена делений, ...': окулярной угломерной головки шкалы наклона колонки микроскопа	1 30
Величина отсчета по нониусу шкалы поворота стола, ...'	3
Габаритные размеры микроскопа, мм, не более: длина ширина высота	870 830 870
Масса, кг, не более: микроскопа с окулярной угломерной головкой и осветителем устройства цифрового пересчетного	75 10

Нормы точности микроскопа указаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Наименование показателей	Нормы точности
1	2
<p>Предел допускаемой основной погрешности прибора, мкм:</p> <p>при измерении образцовой штриховой шкалы преобразователями электронно-оптическими продольного и поперечного перемещений стола на любом интервале (исключая мертвый ход)</p> <p>при измерении образцовой штриховой шкалы плоскопараллельными концевыми мерами длины 2-го класса ГОСТ 9038-73</p>	<p>± 3</p> <p>± 2 на длине до 50 мм, ± 3 на длине до 70 мм, ± 5 на длине до 125 мм</p>
<p>Предел допускаемой основной погрешности прибора, ...':</p> <p>при измерении плоских углов с помощью круговой шкалы (лимба) окулярной угломерной головки</p> <p>при измерении плоских углов с помощью шкалы (лимба) стола</p>	<p>± 1</p> <p>± 3</p>
<p>Мертвый ход в механизме преобразователя электронно-оптического, мкм</p>	<p>2</p>
<p>Отклонение от прямолинейности движения стола в пределах всего его хода в продольном и поперечном направлениях, мм, не более</p>	<p>0,003</p>
<p>Отклонение от перпендикулярности направлений продольного и поперечного перемещений стола, ...', не более</p>	<p>30</p>
<p>Отклонение от прямолинейности движения тубуса микроскопа и перпендикулярности его перемещения относительно плоскости стола при «нулевом» положении колонки, ..., не более:</p> <p>при перемещении реечным механизмом</p> <p>при перемещении винтовым механизмом</p>	<p>1</p> <p>3</p>

Окончание таблицы 3.2

1	2
<p>Боковое смещение точки наводки микроскопа при его наклоне вокруг оси колонки на предельный угол, мм, не более, в том случае, когда объект наводки лежит:</p> <p>в горизонтальной плоскости, проходящей через ось центров</p> <p>в плоскости биссектрисы угла установочной призмы</p>	<p>0,005</p> <p>0,01</p>
<p>Отклонение от соосности осей внутренних и наружных центров в горизонтальной плоскости, мм</p>	<p>0,01 при расстоянии между центрами 20 мм</p>
<p>Отклонение от параллельности линии, соединяющей вершины центров, плоскости движения стола, ...'</p>	<p>0,02 при расстоянии между центрами 300 мм (на длине 150 мм)</p>
<p>Отклонение от параллельности к плоскости движения стола в продольном и поперечном направлениях, мм:</p> <p>рабочей плоскости плиты стола</p> <p>плоскости предметного стекла</p>	<p>1</p> <p>0,02 на всей длине хода стола;</p> <p>0,04 на длине 90 мм</p>
<p>Погрешность показаний шкалы наклона колонки микроскопа, ...'</p>	<p>15</p>
<p>Отклонение от параллельности горизонтальной линии перекрестия штриховой сетки продольному ходу стола при нулевом положении угломерной шкалы, ...'</p>	<p>1</p>
<p>Отклонение от соосности центра перекрестия штриховой сетки к оси вращения лимба, мм</p>	<p>0,001</p>
<p>Разность высот V-образных подставок, не более</p>	<p>0,03 мм на длине 100 мм</p>

Примечание. Нормы точности обеспечиваются при измерениях на приборе в помещении с температурой в пределах $20 \pm 1^\circ\text{C}$, при скорости изменения температуры не более $0,5^\circ\text{C}$ в течение часа и относительной влажности от 30 до 60%.

3.1.2. Погрешности прибора

При измерении на приборе погрешности в значительной степени зависят от квалификации оператора, качества обработки измеряемого изделия, измеряемого элемента, от диафрагмирования источника света, особенностей данного экземпляра прибора, внешних условий и других факторов.

При соблюдении основных требований техники измерения погрешности регламентируются нормами точности, указанными в ГОСТ 8074-71 и приведенными выше.

3.1.3. Устройство и принцип работы микроскопа

Схема оптическая

Луч света от осветителя, состоящего из лампы 1 (рисунок 3.1), параболической конденсорной линзы 2, линзы 3 и светофильтра 4, падает на зеркало 5, отражается от него на конденсорную линзу 6, освещает контур измеряемого изделия и попадает в микроскоп.

Изображение контура наблюдают в окуляре, состоящий из коллективной линзы 16 и глазной 17.

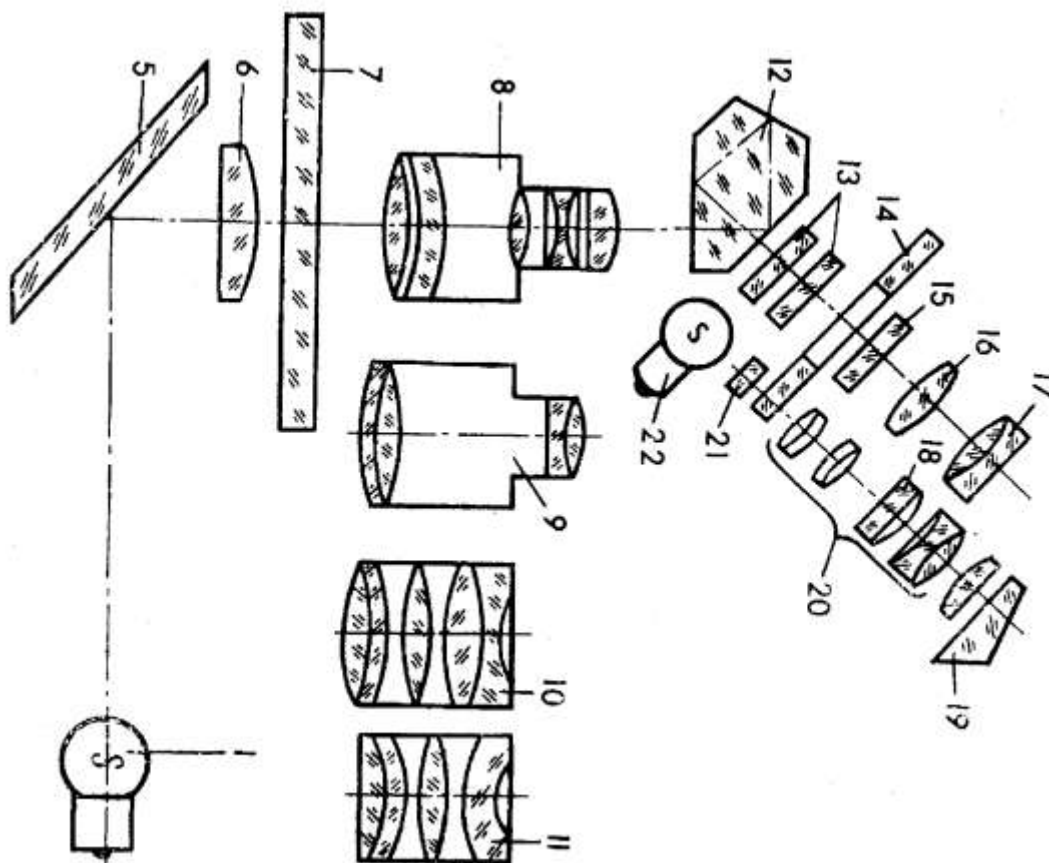


Рисунок 3.1 - Оптическая схема головки микроскопа

Плоскопараллельные стекла 13 предназначены для предохранения призмы 12 и оптики головки от загрязнения.

На лимбе 14 по окружности нанесена шкала с ценой деления в один градус. В центре вращения лимба помещена стеклянная пластинка 15 со штрихо-

вым перекрестием, по которому фиксируют стороны измеряемого контура.

Градусную шкалу лимба, освещаемую лампой 22 через светофильтр 21, рассматривают в отсчетный микроскоп 20, в плоскости изображения которого установлена неподвижная минутная шкала 18.

Для большего удобства отсчета можно применять съемную призму 19, надеваемую на отсчетный микроскоп.

В случае, когда работу ведут в отраженном свете, источником света служит осветитель 86 (рисунок 3. 1).

Электронная часть прибора

Электронная часть прибора включает в себя преобразователь электронно-оптический и устройство цифровое пересчетное. Преобразователь электронно-оптический предназначен для преобразования реверсивных линейных перемещений в пропорциональное им число электрических импульсов с дискретным значением шага 1 мкм.

Преобразователь включает в себя механическую и электронно-оптическую системы.

Основой механической системы является узел микровинта с приводом для вращения. Микровинт преобразует круговое вращение в продольное перемещение. Электронно-оптическая система включает в себя подвижный и неподвижный растровые диски, четыре источника света, представляющие собой лампочки накаливания, четыре фотодиода, два усилителя и два формирователя. Подвижный растровый диск механически связан с микровинтом. По окружности подвижного растрового диска нанесены 1000 непрозрачных штрихов.

На неподвижном растровом диске нанесены четыре группы штрихов, имеющие диаметрально-противоположное расположение. Штрихи II группы сдвинуты относительно I группы на $90^\circ + T/4$, штрихи III группы на $180^\circ + T/2$, штрихи IV группы на $270^\circ + 3T/4$.

Подвижный и неподвижный растровые диски расположены соосно и с минимальным расстоянием между ними.

Световые потоки от источников света, проходя через подвижный и неподвижный растровые диски, попадают на фотодиоды, где преобразуются в электрические сигналы синусоидальной формы с фазами 0, 90, 180 и 270° (при условии что производится вращение привода преобразователя, а значит, подвижного растрового диска). Такие фазовые соотношения сигналов достигаются взаимным сдвигом штрихов подвижного и неподвижного растровых дисков.

Напряжения со сдвигом фаз 0° и 180° подаются на один усилитель-формирователь, 90° и 270° - на другой. Использование напряжений со сдвигом фаз 0° и 180° (90° и 270°) позволяет уменьшить влияние эксцентриситета.

Преобразователь аналогового сигнала конструктивно выполнен в виде гибридно-пленочной микросборки, состоящей из двух идентичных каналов, в которых происходят сложение сигналов, усиление и формирование из синусоидального напряжения последовательности прямоугольных импульсов.

Выходное напряжение микросборки представляет собой две последовательности прямоугольных импульсов с взаимным сдвигом фаз 90° , который необходим для определения направления перемещения измерительного стола.

С помощью переменных резисторов R3, R4 добиваются равенства длительности импульса и паузы, т.е. получают выходное импульсное напряжение типа "меандр", в первом и втором канале соответственно. При отсутствии импульсного напряжения на выходе следует вращать регулировочный винт резистора R3 (R4) в одну сторону до появления напряжения на выходе преобразователя.

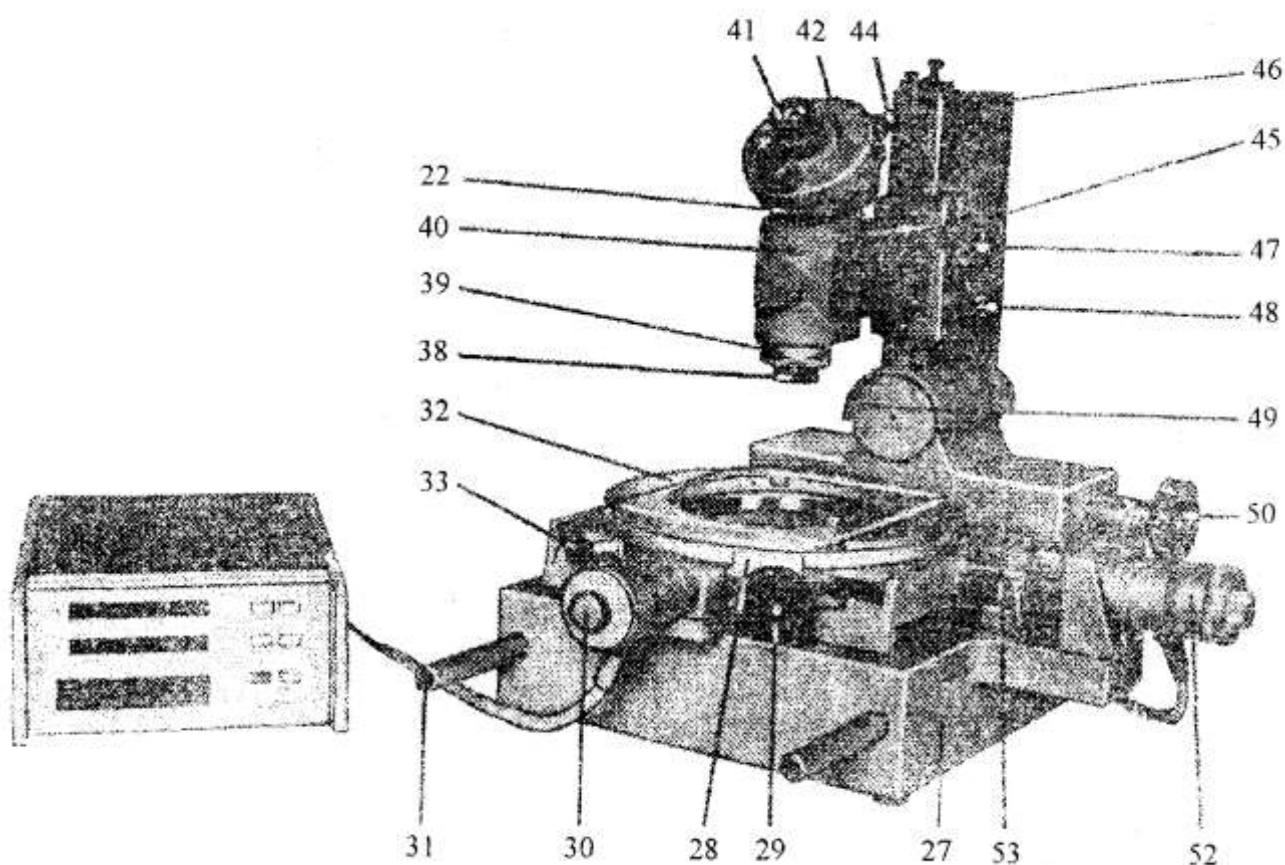
Питание преобразователя производится от устройства цифрового пересчетного.

Примечание. Техническое описание на устройство цифровое пересчетное приводится отдельно.

Устройство прибора (рисунок 3.2).

Прибор состоит из основания, на котором смонтированы стол и колонка с микроскопом.

Рисунок 3.2 – Общий вид микроскопа инструментального



Массивное литое основание 27, имеющее для переноски стержни 31, несет на себе стол 32, колонку 46, поворачивающуюся на оси 49, и визирный микроскоп, состоящий из объектива, тубуса и головки. В нижней части тубуса имеется отверстие с винтовой нарезкой, куда могут быть ввернуты объективы 38 различных увеличений. Кольцо 39 с накаткой позволяет перемещать тубус

миккопа вверх и вниз.

Для установки головок в верхней части тубуса имеются направляющее отверстие и крепежный винт 45.

Кронштейн, соединяющий тубус 40 с колонкой 46, имеет паз типа «ласточкин хвост», которым заходит в направляющие стойки, и кремальберный механизм с маховичками 47, служащий для быстрых перемещений визирного микроскопа вверх и вниз. Маховичком тормоза 48 визирный микроскоп закрепляется на колонке. Для наклона колонки служит маховичок 51, имеющий шкалу и индекс, указывающие углы наклона. Шкала разбита от нуля до $12^{\circ}30'$ в обе стороны через 30 минут. Наклоны в одну сторону отсчитывают то черным цифрам, в другую - по красным.

Стол 32 имеет посадочную поверхность для предметного стекла 7. Стол может перемещаться относительно основания 27 в двух взаимно перпендикулярных направлениях и поворачиваться вокруг вертикальной оси. Прямолинейные перемещения осуществляются под действием специальных пружин, прижимающих опорные площадки стола к торцевым поверхностям микровинтов преобразователей электронно-оптических 30 и 52. В случае необходимости стол может быть быстро отведен. Скорость обратного хода замедляется тормозом.

Между опорными площадками стола и торцами микровинтов могут быть установлены плоскопараллельные концевые меры 53.

Вращение стола 32 осуществляется механизмом поворота стола 29. Углы поворота отсчитывают по шкале при помощи нониуса 28.

Стол закрепляют в требуемом положении маховичком 33.

Головки

При работе на приборе применяются следующие съемные головки:

окулярная угломерная головка (для различных линейных и угловых измерений);

окулярная головка с дугами разной кривизны;

окулярная головка с набором профилей резьб.

Окулярная угломерная головка 42 - круглый корпус, внутри которого смонтирован вращающийся лимб 14 с сеткой 16. Нижняя часть корпуса имеет в середине направляющий сферический пояс, которым головка вставляется в верхнее отверстие тубуса 40. Рядом с пояском расположены шпонка для фиксации головки и отверстие для крепежного винта 45. Внизу находится маховичок с накаткой для поворота лимба с сеткой.

Вверху головки имеется окуляр 41 со съемной оправой глазной линзы. Поворотом окуляра изменяют резкость наводки в пределах ± 5 диоптрий.

С края головки установлен отсчетный микроскоп для считывания показаний лимба 14 по специальной шкале 18. Подсветка осуществляется лампой 22, закрепленной на головке.

Вид поля зрения отсчетного микроскопа и окуляра изображен на рисунке 5. В поле зрения окуляра видны перекрестие и ряд параллельных штриховых линий, у отсчетного микроскопа - отсчет угломерной головки (на рисунке он равен $121^{\circ}34'$).

Маховичком поворачивается сетка головки и вместе с ней лимб, что дает возможность прочесть угол поворота сетки.

Окулярная головка с дугами разной кривизны предназначена для определения радиусов закруглений разных изделий. Контур закругления изделий проектируется объективом микроскопа на сетку головки, на которой нанесены профили дуг нормальных радиусов.

Увеличение окуляра 10^x . Головка рассчитана на применение объективов 1^x и 3^x . Вращение сетки осуществляется при помощи маховичка.

Окулярная головка с набором профилей метрической и дюймовой резьб предназначена для измерения угла, высоты и наклона профиля резьбы, шага и среднего диаметра резьбы. Контур измеряемого изделия проектируется объективом микроскопа на сетку, на которой нанесены штриховые контуры профилей метрической резьбы для шага от 0,2 до 6 мм и дюймовой резьбы от 24 до 4 ниток на дюйм.

Головка рассчитана на объектив 3^x . Револьверная головка с дугами разной кривизны и револьверная головка с набором профилей метрической и дюймовой резьб закрепляются на приборе так же, как и окулярная угломерная головка.

Осветители

Микроскоп имеет несколько осветителей, применяемых при различных методах работы.

Осветитель для непосредственного наблюдения в проходящем свете имеет корпус, вставляемый цилиндрической частью в отверстие диафрагмы конденсора. Источником света является лампа 220 В 25 Вт.

Осветитель 86 для работы в отраженном свете - конический софит с четырьмя лампами. Источником света являются лампы МН 6,3-0,3, которые питаются от сети 220 В через блок питания .

Приспособления к прибору

В зависимости от формы измеряемого изделия применяются различные приспособления для его установки и закрепления на столе микроскопа.

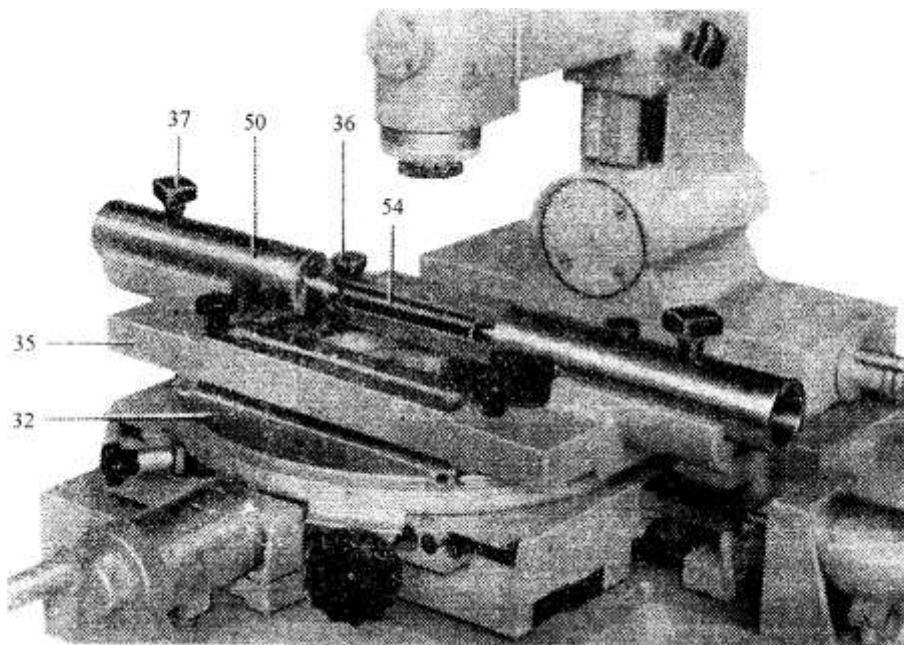
Эти приспособления устанавливаются на столе 32 (рисунок 3.2), в котором имеются по две пары взаимно перпендикулярных Т-образных пазов.

Бабка 35 с центрами (рисунок 3.3) предназначена для установки изделий, имеющих прямые или обратные центры.

Бабка крепится к столу 32 винтами 36. В профильные направляющие вставлены подвижные держатели конусов, зажимаемые в нужном положении маховичками 37. В держатели конусов могут быть вставлены прямые или обратные центры.

V-образные подставки предназначены для установки изделий, имеющих цилиндрические шейки или отверстия под валик диаметром не более 60 мм, состоят из двух отдельных кронштейнов, закрепляемых винтами на столе.

На кронштейнах установлены опорные призмы, которые можно перемещать и зажимать в выбранном положении винтами.



Прижим служит для крепления плоских изделий, устанавливаемых непосредственно на предметное стекло. Крепится к столу подобно предыдущим приспособлениям и имеет переставные лапки, которыми прижимается измеряемое изделие.

Призма для бесцентровых предметов служит для измерения изделий, не имеющих центровых отверстий, устанавливается цилиндрической частью призмы в профильные направляющие центральной бабки и закрепляется винтами. Изделие прижимается к плоскостям призмы.

Контактное приспособление (оптический щуп) для измерения отверстий предназначено для измерения цилиндрических и конусных отверстий, а также для измерения наружных размеров, комплектуется двумя измерительными наконечниками диаметрами 8 и 3,5 мм.

Приспособление закрепляется на оправе объектива кольцом. Качающийся на горизонтальной оси наконечник имеет на конце сферическую измерительную поверхность. В корпусе приспособления закреплено зеркало, расположенное под углом 45° к оптической оси микроскопа. Зеркало отражает штриховую сетку (биссектор), заключенную в оправу и освещаемую лампой. Изображение биссектора попадает в плоскость штриховой сетки микроскопа. При отклонении наконечника в ту или другую сторону от среднего положения изображение биссектора будет перемещаться относительно перекреста. Наконечник под действием пружины оттягивается вправо или влево. Переключение направления действия пружины производится кольцом.

Контактное приспособление, закрепленное на объективе микроскопа, может перемещаться вместе с визирным микроскопом по направляющим колонкам. Величина перемещения измеряется индикатором закрепленным на колонке, и концевыми мерами, установленными на кронштейне. Такой способ крепления приспособления дает возможность измерять на микроскопе конические втулки, которые устанавливаются на столе так, чтобы большой диаметр был обращен кверху. Измеряют два диаметра втулки в сечениях, отстоящих одно от другого на расстоянии L . Величина L определяется индикатором и концевыми мерами.

Прочие принадлежности

Приспособление для центрировки освещения - трубка, имеющая с одного конца объектив, с другого - матовое стекло. На предметное стекло трубку устанавливают объективом вниз.

Контрольный валик применяется для установки центров параллельно ходу стола, а также для фокусирования микроскопа на плоскость центров. Он изготовлен в виде стержня, имеющего посередине отверстие с закрепленной в нем пластинкой, острый край которой перпендикулярен оси стержня. На торцах валика имеются центровые отверстия, с помощью их валик устанавливают в центральной бабке.

Так как работа микровинтов преобразователей электронно-оптических ограничена диапазоном в 25 мм, то для производства измерений больших длин к прибору прилагается набор концевых мер.

3.1.4. Подготовка прибора к работе

Требования безопасности

Перед включением в электрическую сеть микроскоп, блок питания и цифровое отсчетное устройство необходимо заземлить.

Работа без заземления запрещена.

Номинал плавких вставок, установленных в блоке питания и цифровом отсчетном устройстве, должен соответствовать номиналам, указанным под держателями плавких вставок.

Установку плавких вставок и ремонт производить только после полного отключения микроскопа, блока питания и цифрового отсчетного устройства.

Подсоединение жгутов к преобразователям и цифровому отсчетному устройству производить при выключенных тумблерах "СЕТЬ".

Установка прибора

Установить микроскоп в затемненном помещении на специальный прочный стол высотой около 600 мм при работе сидя или около 950 мм при работе стоя.

Промыть металлические части авиационным бензином, мягкой льняной салфеткой удалить смазку. Объектив, зеркало и окуляры протереть салфеткой или ватой.

Установить окулярную угломерную головку и закрепить ее винтом.

Привести лимб 14 (рисунок 3.2) окулярной головки в нулевое положение.

Направить луч света на шкалу головки.

Проверить совпадение нулевой установки лимба и штриховой линии сетки в поле зрения основного окуляра с направлением движения продольного хода стола (при необходимости его устранить).

Регулировочными винтами, находящимися внизу под основанием, установить прибор в горизонтальное положение по уровню с точностью до 1'.

Соединить жгутами преобразователи и цифровое отсчетное устройство. Закрепить сетевые кабели на устройствах цифровых пересчетных.

Проверку микроскопа инструментального с цифровым отсчетом производить по следующей методике:

а) проверка готовности и функционирования цифрового отсчетного устройства и преобразователя.

Подключить преобразователь к цифровому отсчетному устройству, включить цифровое отсчетное устройство в сеть и дать прогреться в течение 15 минут. Совместить штрихи маховичка и кожуха преобразователя, установить цифровое табло в нуль кнопкой «Уст. О». Сделать один оборот маховичка. Значение числа, индицируемого цифровым табло, должно составлять величину 1000 ± 1 ;

б) проверка возможности ввода значения предустановки.

Набрать на переключателе «Предустановка» цифрового отсчетного устройства любое пятиразрядное десятичное число, установить в нуль цифровое табло кнопкой «Уст. О», нажать кнопку «+», а затем кнопку «Запись». На цифровом табло должно индицироваться набранное число со знаком «+». Установить цифровое табло в нуль кнопкой «Уст. О», нажать кнопку «—», а затем кнопку «Запись». На цифровом табло должно индицироваться набранное число со знаком «—»;

в) проверка возможности переноса начала отсчета в любую точку.

В произвольном положении измерительного стола нажать кнопку «Уст. О». На табло цифрового отсчетного устройства должны индицироваться нули во всех разрядах.

Установить на столе центровую бабку (в случае установки круглых изделий в центрах) или V-образные подставки (для измерения цилиндрических изделий без центров). Установить шкалу стола на 0° . Установка микроскопа на рабочем столе должна обеспечивать устойчивость, а соединения его отдельных частей должны быть надежными; входящие друг в друга части дослатать до упора, зажимные винты завернуть до отказа.

При установке изделий на предметное стекло необходимо следить за тем, чтобы не поцарапать его полированной поверхностью.

Установка измеряемого изделия

Изделие перед измерением необходимо промыть в авиационном бензине и протереть чистой салфеткой.

Поместить измеряемое изделие на стекло стола или закрепить его в центральной бабке или же на V-образных подставках.

Проверить надежность установки изделия, закрепленного в центрах, так как в случае падения его может быть повреждена оптика. Установить резкость изображения. Измеряемое изделие должно быть правильно установлено на столе микроскопа. Необходимо, чтобы поверхность изделия цилиндрической формы или разметочная линия у плоских изделий были параллельны направлению перемещения стола. Параллельность проверяют путем перемещения измерительного стола вместе с установленным на нем изделием. При этом следят за тем, чтобы контур измеряемого профиля не сходил с выбранной в поле зрения точки. Например, требуется проверить параллельность установки изделия цилиндрической формы. Преобразователями 30 и 52 установить начальную точку образующей в центр перекрестия в поле зрения. Перемещая стол микроскопа, убедиться, что образующая не сходит с центра перекрестия. Если это условие

не соблюдено, то механизмом 29 и преобразователем 30 исправить расположение стола так, чтобы при повторном перемещении стола образующая не сходилась с центра перекрестия. С целью исключения ошибки от возможной конусности изделия проверку производят для второй образующей, диаметрально противоположной первой. Если изделие имеет конусность, то стол поворачивают так, чтобы добиться равенства отклонений при совмещении обеих образующих с центром перекрестия.

Подобную же проверку необходимо произвести и при измерении профилей винтовой нарезки, используя вершины отдельных витков. Колонку 46 следует наклонить на угол, равный углу подъема винтовой линии.

Эту проверку также можно производить по контрольному валику.

После установки совместить линию контура изделия со штриховой линией угломерной головки 42 таким образом, чтобы она лежала посередине толщины штриховой линии сетки.

Установка резкости изображения

Осветитель направляющей частью вставить в отверстие задней стенки основания. Правильно отцентрировать лампу осветителя.

Диоптрийным кольцом навести окуляр на резкое изображение сетки угломерной головки.

Установить резкое изображение контура измеряемого изделия:

а) установленного на столе или на V-образных подставках — грубой наводкой, перемещением микроскопа 40 (рисунок 3.2) с помощью кремальеры; точной наводкой — вращением кольца 39. Установку зафиксировать маховичком 48;

б) при измерении наружной резьбы резкость изображения обеих сторон профиля установить наклоном колонки 46 на угол подъема винтовой линии резьбы.

Установить наилучшую резкость освещения диафрагмой, вращая наружную трубку освещения.

Центрировка стола (рисунок 3.4).

При измерениях в полярных координатах необходимо точно совместить центр вращения стола с началом координат, т. е. с точкой пересечения штриховых линий перекрестия сетки окулярной головки, видимой в окуляр.

Микроскоп смонтирован для работы с угломерной головкой; шкалу лимба, а также шкалу 28 стола установить на 0°.

Микровинты преобразователей электронно-оптических 30 и 52 установить в положения, соответствующие крайнему (дальнему) от измерителя положению стола для преобразователя 30 и левому крайнему положению стола для преобразователя 52. Под микровинт преобразователя 52 установить концевую

меру 50 мм. В данном положении центр стола с точностью ± 2 мм совпадает с центром перекрестия штриховой сетки угломерной головки.

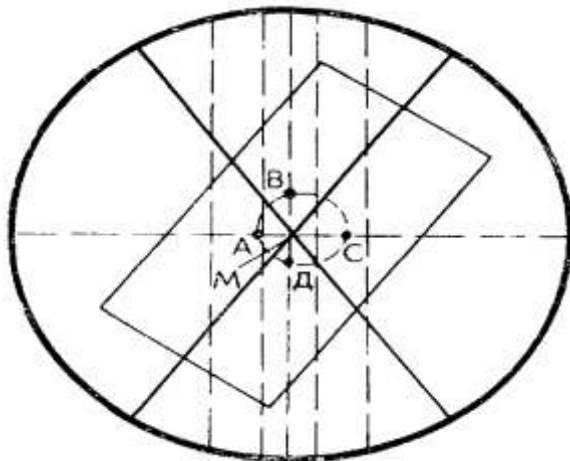


Рисунок 3.4 – Схема центрировки стола

Повернув стол на полный оборот, заметить точку положенного на стол изделия, которая не описывает заметной окружности. Эта точка будет являться центром вращения стола. Преобразователями совместить ее с центром перекрестия.

Более точную центрировку производят следующим образом: выбрав заметную точку изделия, находящуюся на любом в пределах поля зрения расстоянии от грубого определенного центра, вращают стол, отмечая места пересечения пути выбранной точки со штриховыми линиями сетки. Так как путь точки является окружностью, то места пересечения должны лежать на одинаковом расстоянии от центра (перекрестия).

Измерив расстояние от центра перекрестия сетки до мест пересечения пути выбранной точки со штриховыми линиями сетки сначала в продольном, а потом в поперечном направлениях, сместить центр стола в сторону меньших значений измеренных расстояний.

Пусть, например, выбранная точка пересекает пунктирные линии сетки в местах А, В, С и Д. Определяем расстояние от этих мест до центра (перекрестия) путем перемещения стола и считывания отсчетов по табло. При этом необходимо отметить начальное положение шкал.

Отмечаем начальное положение, мм:
 продольное направление 12,847;
 поперечное направление 7,365.

Измеренные положения — продольное направление, мм:
 точка А 12,868;
 точка С 12,782.

Поперечное направление, мм:
 точка В 7,433;
 точка Д 7,337.

Таким образом, расстояния мест пересечения пути точки с пунктирными линиями сетки от центра будут равны:

$$MA = 12,868 - 12,847 = 0,021 \text{ мм,}$$

$$MB = 7,433 - 7,365 = 0,068 \text{ мм,}$$

$$MC = 12,847 - 12,782 = 0,065 \text{ мм,}$$

$$MD = 7,365 - 7,337 = 0,028 \text{ мм.}$$

Полуразности будут:

$$\frac{MC - MA}{2} = 0,022 \text{ мм}; \quad \frac{MB - MD}{2} = 0,020 \text{ мм}.$$

Следовательно, стол должен быть отодвинут в направлении А на 0,022 мм и в направлении Д на 0,020 мм. Окончательная установка по индикаторным табло будет:

продольное направление

$$12,847 - 0,022 = 12,825 \text{ мм};$$

поперечное направление

$$7,365 + 0,020 = 7,385 \text{ мм}.$$

Перед началом особо точных работ рекомендуется каждый раз повторять совмещение оси вращения стола с центром перекрестия штриховой сетки

3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выбор нужного метода работы зависит в первую очередь от конфигурации измеряемого изделия. Измерение профилей нарезки, контуров резцов, шаблонов и других изделий, имеющих резко очерченные, не заслоненные края, ведут в проходящем свете, применяя нужную окулярную головку и используя визуальный метод, т. е. непосредственное наблюдение в окуляр.

В отраженном свете производят измерение изделий, контур которых заслонен от проходящего света, проверяют разметки и т. п.

Наиболее универсальной является угломерная головка, позволяющая выполнять все необходимые измерения и обеспечивающая высокую точность.

Увеличение выбирают в зависимости от величины поля зрения.

Во всех случаях, когда требуется исследование качества поверхности, правильности контуров и т. п., следует пользоваться максимальным увеличением. Однако при измерении углов, стороны которых будут пересекать все или почти все поле зрения и при малом увеличении, предпочитают последнее.

В отраженном свете яркость изображения выше у меньших увеличений. Испытав несколько увеличений, целесообразно избрать наиболее удобное для оператора, если это возможно по условиям масштаба.

Увеличение обратно пропорционально полю зрения. Поэтому без особой необходимости не следует стремиться к большому увеличению, так как в поле зрения может оказаться слишком малая часть измеряемого изделия.

Успешность работы зависит также от хорошей освещенности поля зрения. Полезно поэтому при каждой вновь произведенной установке осветителя проверять правильность положения его лампы.

При измерении изделий цилиндрической формы следует применять диафрагму, руководствуясь таблицей 3.3.

Особенно внимательно нужно считывать показания, отсчет записывать в специальный журнал измерений.

Скорость вращения привода преобразователя 30 и 52 (рисунок 3.1) при измерении не должна превышать 3 об/сек.

Вращение должно быть плавным, без рывков и радиального усилия.

Таблица 3.3

Наружный диаметр измеряемого изделия, мм	Диаметр диафрагмы, мм			
	угол профиля резьбы 30°	угол профиля резьбы 55°	угол профиля резьбы 60°	гладкий цилиндр
0,5	22,3	25,8	26,3	28,0
1	18,8	21,7	22,1	26,3
2	15,8	18,2	18,6	22,1
3	14,3	16,5	16,8	20,0
4	13,3	15,3	15,6	18,6
5	12,5	14,5	14,8	17,6
7,5	11,3	13,1	13,4	15,9
10	10,5	12,2	12,4	14,8
15	9,5	11,0	11,2	13,4
20	8,9	10,3	10,5	12,4
25	8,4	9,7	9,9	11,8
30	8,0	9,3	9,4	11,2
40	7,5	8,6	8,8	10,5
50	7,1	8,2	8,3	9,9
100 и выше	5,9	6,9	7,0	8,3

3.2.1. Измерение элементов резьбы

В резьбе метчиков, шпилек и болтов, измеряемых на большом инструментальном микроскопе, подлежат измерению пять элементов:

- наружный диаметр (рисунок 3.6);
- внутренний диаметр d_1 (рисунок 3.7);
- средний диаметр d_2 (рисунок 3.8);
- шаг P (рисунок 3.9; 3.10);
- половина угла профиля $\frac{\alpha}{2}$ (рисунок 3.10).

Измерение резьбовых изделий производят:

- способом измерения контуров (обычный способ);
- способом осевого сечения (с применением измерительных ножей).

Первый способ недостаточно точен, так как при наличии угла подъема резьбы, в силу параллакса, нечетко виден край контура, иногда он «отсвечивает» и кажется невидимым. Этот дефект устраняется вторым способом измерения, который является более точным и надежным.

Измерительные ножи представляют собой стержни с лезвиями. На доведенной стороне ножа нанесен штрих на расстоянии 0,3 или 0,9 от рабочей грани и параллельно ей.

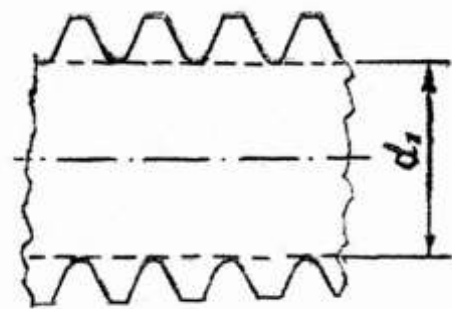
с косыми лезвиями (правыми и левыми) — для измерения среднего диа-

метра шага и половины угла профиля по обеим

Ножи с прямыми лезвиями имеют риску 0 применяются:

для резьб с шагом от 0,5 мм до 1,5 мм с риской 0,9 мм для резьб свыше 1,5 мм с риской 0,9 мм.

Размер между штрихами и рабочей гранью чтобы иметь возможность производить непосредственно на индикаторном столе, не прибавляя размеров, от рабочей грани до штриха, на стеклянной пластинке угломерной головки, кроме двух основных взаимно перпендикулярных штриховых линий, по обеим сторонам вертикальной линии нанесено еще по две дополнительные штриховые линии, находящиеся от средней линии на расстоянии 0,9 и 2,7 мм. В этом случае следует брать объектив 3^x.



с прямыми лезвиями — для измерения цилиндрических изделий и наружного диаметра резьбы.

Установка ножей по обеим соответствующим сторонам измеряемого изделия осуществляется следующим образом.

На шлифованной площадке бабки с центрами установить нож и закрепить его прижимом.

При положении угловой шкалы 0° приложить нож лезвием к поверхности измеряемого изделия (например, по шагу) и добиться отсутствия просвета между ними.

Ножи бывают с прямыми и косыми лезвиями и применяются:

перемещением стола, а если требуется, и штриховой линии угломерной головки, совместить штриховую линию 0,9 мм (или в другом случае 2,7 мм) с линией на ноже. Центральная штриховая линия сетки при этом примерно совместится со стороной измеряемого изделия.

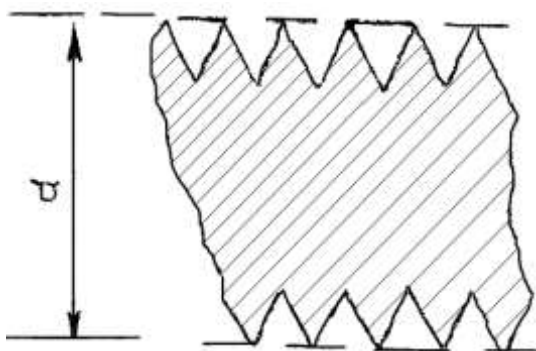
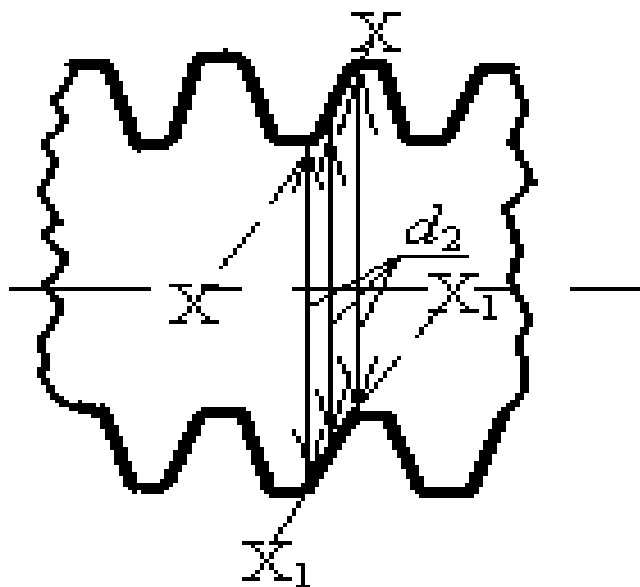


Рисунок 3.6 – Схема измерения наружного диаметра резьбы

Рисунок 3.7 – Схема измерения внутреннего диаметра резьбы

Рисунок 3.8
среднего диа-



– Схема измерения
метра резьбы

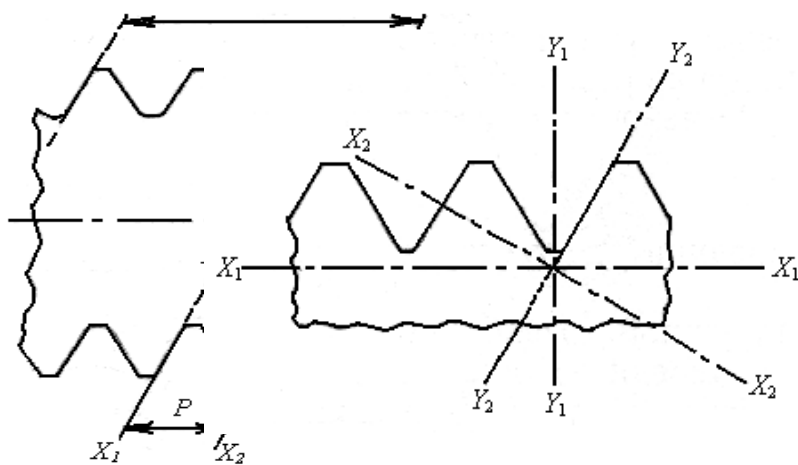


Рисунок 3.9 – Схема измерения
Рисунок 3.10 – Схема измерения угла
шага резьбы
профиля резьбы

Аналогичным способом установить нож с противоположной стороны.

1. Подготовка при-

бора к работе.

Установить на столе (поз. 32) бабку с центрами (поз. 35) как на рисунке 3.3.

Установить в центрах контрольный валик и проверить параллельность установки линии центров ходу стола, а также параллельность штриховой линии

перекрестия сетки угломерной головки продольному ходу стола при нулевом показании шкалы лимба угломерной головки.

Снять контрольный валик, поставить в центры измеряемое изделие и закрепить маховичком (поз. 37).

Установить изображение на резкость, для чего отфокусировать прибор маховичками кремальеры (поз. 47) и кольцом (поз. 39), наклонить колонку маховичком (поз. 51) на угол подъема резьбы.

Поставить на площадке центральной бабки измерительные ножи, если это необходимо, и установить их на изделии указанным выше способом.

2. Измерение наружного диаметра (рисунок 3.6).

Наружный диаметр измерить не менее, чем в двух сечениях. Одно из сечений измерить в двух направлениях (под углом 90°).

Проверку производить следующим образом.

Поперечным преобразователем 30 установить горизонтальную линию перекрестия сетки (и соответствующую штриховую линию в случае применения ножей) без просвета по линии вершин (наружному диаметру) профиля. Произвести первый отсчет.

Поперечным преобразователем 30 перевести контур измеряемого изделия на противоположную сторону и снова установить горизонтальную линию сетки по всем вершинам профиля. Произвести второй отсчет.

Разность отсчетов определит размер наружного диаметра.

Например, первый отсчет - 1,426 мм;

второй отсчет - 24,395 мм;

размер d - 22,970 мм.

3. Измерение внутреннего диаметра (рисунок 3.7).

Измерение внутреннего диаметра производится методом, указанным для измерения наружного диаметра, но не менее чем в двух сечениях, перпендикулярных оси резьбового изделия. Для устранения влияния мертвого хода микровинтов преобразователей на результат измерения следует перемещать стол так, чтобы при совмещении теневого контура изделия с линией сетки края теневого контура подходили к этой линии с одной и той же стороны, для чего необходимо вращать преобразователь в одну и ту же сторону.

4. Измерение среднего диаметра (рисунок 3.8).

На большом инструментальном микроскопе производится измерение метчиков с четным количеством продольных канавок по диаметру. Метчик следует установить так, чтобы в поле зрения не попала канавка.

Следует помнить, что средним диаметром называется расстояние от какой-либо точки на одной стороне профиля до ей противоположной на другой стороне профиля, измеренное перпендикулярно оси резьбы. Поэтому измерение производится следующим образом.

Перекрестие сетки поперечным и продольным преобразователями установить на какую-либо точку примерно на середине стороны профиля. Одновременно маховичком угломерной головки совместить вертикальную пунктирную линию сетки с измеряемой стороной профиля. Произвести первый отсчет.

Поперечным преобразователем переместить измеряемый профиль на противоположную сторону и совместить с перекрестием сетки, не меняя положения (угла) вертикальной штриховой линии, которая должна совпасть с противоположной стороной профиля. Произвести второй отсчет. Разность отсчетов определит размер среднего диаметра.

Повторить то же измерение среднего диаметра по другой стороне профиля и взять среднее арифметическое из двух полученных значений. При этом измерении следует установить резкость изображения профиля поворотом винта 51 (рисунок 3.1) на угол наклона резьбы по обеим сторонам.

Многokратное измерение по двум сторонам профиля дает величину размера, свободную от ошибки перекоса оси по отношению к направлению продольного хода измерителя.

5. Измерение шага (рисунок 3.9, 3.10).

Шаг резьбы метчиков можно измерять непосредственно отсчетом (абсолютным методом).

Исходя из этого, измерение производить следующим образом.

Установить поперечным и продольным преобразователями перекрестие сетки угломерной головки на какую-либо точку примерно на середине стороны профиля. Одновременно маховичком совместить вертикальную штриховую линию сетки с измеряемой стороной профиля. Произвести первый отсчет.

Переместить продольным преобразователем измеряемый профиль вдоль оси на следующий виток (на величину шага) в ту же точку и совместить с перекрестием сетки, не меняя положения вертикальной штриховой линии, которая должна совпасть со стороной на следующем витке профиля. Произвести второй отсчет. Разность отсчетов определит размер шага метчика.

Повторить те же измерения по другой стороне профиля. Среднее арифметическое из этих значений дает действительный размер шага.

6. Измерение шага сравнительным методом.

Установить перекрестие сетки, как было указано в пункте 1 при описании подготовки прибора к работе. Произвести первый отсчет.

Отодвинуть каретку стола и установить между упором стола и пяткой продольного микровинта преобразователя блок из концевых мер размером, равным номинальному шагу резьбы, умноженному на число витков, между которыми производится измерение.

Если штриховая линия сетки при втором положении не совпадает со стороной профиля, подвести ее продольным преобразователем до совмещения с этой стороной.

Произвести второй отсчет. Разность отсчетов в тысячных долях миллиметра (обычно 0,004-0,006 мм) покажет отклонение шага на данных витках от его номинального размера.

Повторить то же измерение по другой стороне профиля.

Измерение одного шага резьбы производят точно так же, как и измерение нескольких шагов, но при этом измеряют расстояние между соседними витками, пользуясь концевой мерой, равной шагу резьбы, или двумя блоками концевых мер, разность размеров которых равна измеряемому шагу.

Шаг измеряют обязательно по правой и левой сторонам профиля.

Среднее арифметическое, полученное из этих значений, определит отклонение шага. Прибавив его к номинальному размеру, получают действительный размер шага.

Пример расчета

Измеряем шаг 3 мм на первом и пятом витках.

Первое измерение: первый отсчет	5,423 мм
Концевая мера 3 мм, второй отсчет	5,426 мм
отклонение шага	+0,003 мм

Второе измерение: первый отсчет	8,271 мм
Концевая мера 3 мм, второй отсчет	8,277 мм
отклонение шага	+0,006 мм

Третье измерение: первый отсчет	5,424 мм
Концевая мера 15 мм, второй отсчет	5,423 мм
отклонение шага	-0,001 мм

Четвертое измерение: первый отсчет	8,272 мм
Концевая мера 15 мм, второй отсчет	8272 мм
отклонение шага	+0,004 мм

Среднее арифметическое из результатов измерений по правой и левой сторонам профиля на одном витке:

$$\frac{(-0,001) + (+0,004)}{2} = +0,0015 \text{ мм.}$$

Действительный размер шага $3 + 0,0045 = 3,0045$ мм.

Среднее арифметическое из результатов измерений по правой и левой сторонам профиля на нескольких витках:

$$\frac{(-0,001) + (+0,004)}{2} = +0,0015 \text{ мм.}$$

Действительное расстояние между пятью измеряемыми витками:
 $15 + 0,0015 = 15,0016$ мм.

При заключении о годности метчика по шагу необходимо иметь в виду, что погрешности шага относятся к расстоянию между любыми двумя витками (а не только к расстоянию между соседними витками).

7. Измерение половины угла профиля (рисунок 3.10).

Измерение угла профиля производить отдельно по двум его половинам для того, чтобы проверить не только правильность самого угла, но и перпендикулярность биссектрисы угла к оси резьбы.

Половины угла профиля проверяются в двух витках, с двух сторон (левая и правая половины), т.е.

$$\frac{\alpha_1}{2} \quad \frac{\alpha_2}{2} \quad \frac{\alpha_3}{2} \quad \frac{\alpha_4}{2}.$$

Каждую половину следует измерять несколько раз, а именно:

при шаге от 0,5 до 1 мм 5 раз;

при шаге от 1,25 до 1,5 мм 4 раза;

при шаге свыше 1,5 мм 3 раза.

Измерение производится следующим образом.

Продольным и поперечным преобразователями, а также маховичком совместить вершину первого угла профиля $\frac{\alpha_1}{2}$ с центром перекрестия сетки угломерной головки при положении вертикальной штриховой линии сетки, соответствующей 0° на лимбе.

Совместить вертикальную пунктирную линию с правой стороной профиля. Произвести первый отсчет и определить величину правой половины угла в верхнем положении $\frac{\alpha_1}{2}$.

Число в градусах отсчитывать против делений на нониусной шкале, число минут - влево от 0 до градусного штриха.

Продольным и поперечным преобразователями, а также маховичком совместить вершину второго угла $\frac{\alpha_3}{2}$, следующего угла вправо, с центром перекрестия.

Совместить вертикальную штриховую линию сетки с левой стороной профиля, произвести второй отсчет и определить величину левой половины угла в верхнем положении $\frac{\alpha_2}{2}$, отняв полученное число от 360° .

С помощью поперечного преобразователя перевести изображения на другую сторону и определить указанным выше способом: величину правой половины угла в нижнем положении $\frac{\alpha_2}{2}$, величину левой половины угла в нижнем положении $\frac{\alpha_4}{2}$.

Действительной величиной каждой из половин угла (правой и левой) будет среднее арифметическое из результатов всех измерений, произведенных по данной стороне, вычисленное по формуле:

$$\frac{\alpha}{2} \text{ прав.} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}; \quad \frac{\alpha}{2} \text{ лев.} = \frac{\alpha_3 + \alpha_4}{2}.$$

Пример расчета

$\frac{\alpha_1}{2}$ - величина половины угла $29^\circ 56'$;

$\frac{\alpha_3}{2}$ - показание прибора $329^\circ 58'$;

величина половины угла $30^\circ 20'$;

$\frac{\alpha_2}{2}$ - показание прибора $330^\circ 06'$;

$\frac{\alpha_4}{2}$ - величина половины угла $29^\circ 54'$;

величина половины угла $29^\circ 58'$;

$$\frac{\alpha}{2} \text{ прав.} = \frac{29^\circ 56' + 29^\circ 54'}{2} = 29^\circ 55';$$

$$\frac{\alpha}{2} \text{ лев.} = \frac{30^{\circ}02' + 29^{\circ}58'}{2}.$$

При сравнении полученных отклонений с допустимыми значениями берется среднее арифметическое из абсолютных величин отклонений левой и правой половины.

Контрольные вопросы

1. Классификационная группа инструментального микроскопа, схема устройства, основные части прибора.
2. Метрологические показатели прибора.
3. Подготовка микроскопа к измерениям.
4. Методика измерения элементов резьбы.
5. Определение приведенного среднего диаметра.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель работы: ознакомиться с методами и средствами контроля зубчатых колес, освоить измерение длины общей нормали, толщины зуба, шага, накопленной погрешности по шагу, радиального биения зубчатого колеса, определить колебание длины общей нормали, колебание радиального биения. По данным измерения определить степень точности зубчатого колеса.

Задание.

1. Измерение длины общей нормали, толщины зуба, шага зацепления зуба зубчатого колеса с помощью штангензубомера, аналогового микрометра и скобы индикаторной.
2. Измерение радиального биения зубчатого колеса на биениемере.
3. Измерение толщины зуба и шага зацепления зубчатого колеса с помощью микрометра зубомерного.
4. Результаты замеров своевременно записывать в отчет. На основании полученных результатов построить график, определить допуски на контролируемые параметры по стандарту и сделать заключение о годности зубчатых колес.

Необходимые приборы и принадлежности.

1. Приспособление для контроля радиального биения.
2. Микрометр зубомерный с ценой деления 0,01 мм.
3. Штангензубомер с ценой деления 0,02 мм.
4. Скоба индикаторная с ценой деления 0,01.
5. Аналоговый микрометр с дисковыми наконечниками.
6. Набор измерительных зубчатых колес.
7. Штангенциркуль индикаторный.
8. Штангенциркуль микронный.

Отчет выполняется на бланке (приложение Г).

4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зубчатые колеса являются весьма ответственными деталями механизмов и машин, определяющими их качество, надежность и долговечность работы. Оценка точности зубчатых колес является трудоемким и сложным процессом, отражающим специфические особенности в конструкции этих деталей.

Стандарты, определяющие допуски на зубчатые колеса, устанавливают 12 степеней точности в порядке убывания точности с 1 по 12 и 6 видов сопряжений (*A, B, C, D, E, H*) в порядке уменьшения величины бокового зазора. Пример условного обозначения степени точности зубчатого колеса 7-Д представлен в ГОСТ 1643-81. Система допусков на зубчатые колеса рассматривает зубчатое колесо, как звено механизма, погрешность которого нарушает кинематические функции этого механизма, т.к. возникает различие в действительном законе движения по сравнению с идеально-точной зубчатой передачей. Зубчатое колесо, как геометрический элемент, имеет определенные параметры: модуль, число зубьев, диаметр делительной окружности и др.

Однако, как кинематический элемент он рассматривается в реальной передаче, и точность его зависит от назначения и требований, предъявляемых к этой передаче.

По своему эксплуатационному назначению передачи делятся на 3 группы: кинематические, скоростные и силовые. Исходя из этих требований, в стандартах даны 3 нормы точности:

- а) кинематическая точность колеса (особо важная для 1-ой группы);
- б) плавность работы колеса (для 2-ой гр. регламентирующим является шум и вибрации);
- в) контакт зубьев в передаче (3-я группа).

В производственных условиях контроль зубчатых колес производится технологический (при настройке оборудования) и приемочный (при приеме готовой продукции). По количеству одновременно контролируемых элементов различают поэлементный и комплексный контроль. Комплексный метод предпочтителен в качестве приемочного, т.к. условия контроля приближаются к условиям работы реальной передачи. Поэлементный контроль используется как технологический и как приемочный при отсутствии средств комплексной проверки.

Большинство механизмов и машин имеют зубчатые передачи, состоящие из двух колёс или более. Зубчатое колесо, установленное на валу, передающем вращение, называется ведущим, а на валу, получающем вращение, - ведомым. Меньшее из находящихся в зацеплении двух колёс называют шестернёй, а большее – колесом. Термин зубчатое колесо относят к обоим деталям передачи. Наибольшее распространение получили эвольвентные цилиндрические передачи с прямыми зубьями.

Делительными окружностями пары зубчатых колёс называют соприкасающиеся окружности, катящиеся одна по другой без скольжения.

Шаг зацепления P_t – расстояние между одноимёнными профильными поверхностями (выполненными по кривой, называемой эвольвентой) соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности в миллиметрах. Шаг равен длине делительной окружности, делённой на число зубьев z . Длина любой окружности равна её диаметру, умноженному на число π . Длина делительной окружности равна модулю, умноженному на число зубьев.

Модуль m – число, показывающее, сколько миллиметров диаметра делительной окружности приходится на один зуб зубчатого колеса.

Делительная окружность (поверхность) делит зуб на головку и на ножку.

Высота головки h_a – расстояние между делительной окружностью колеса и окружностью вершин (выступов) зубьев; $h_a = m$.

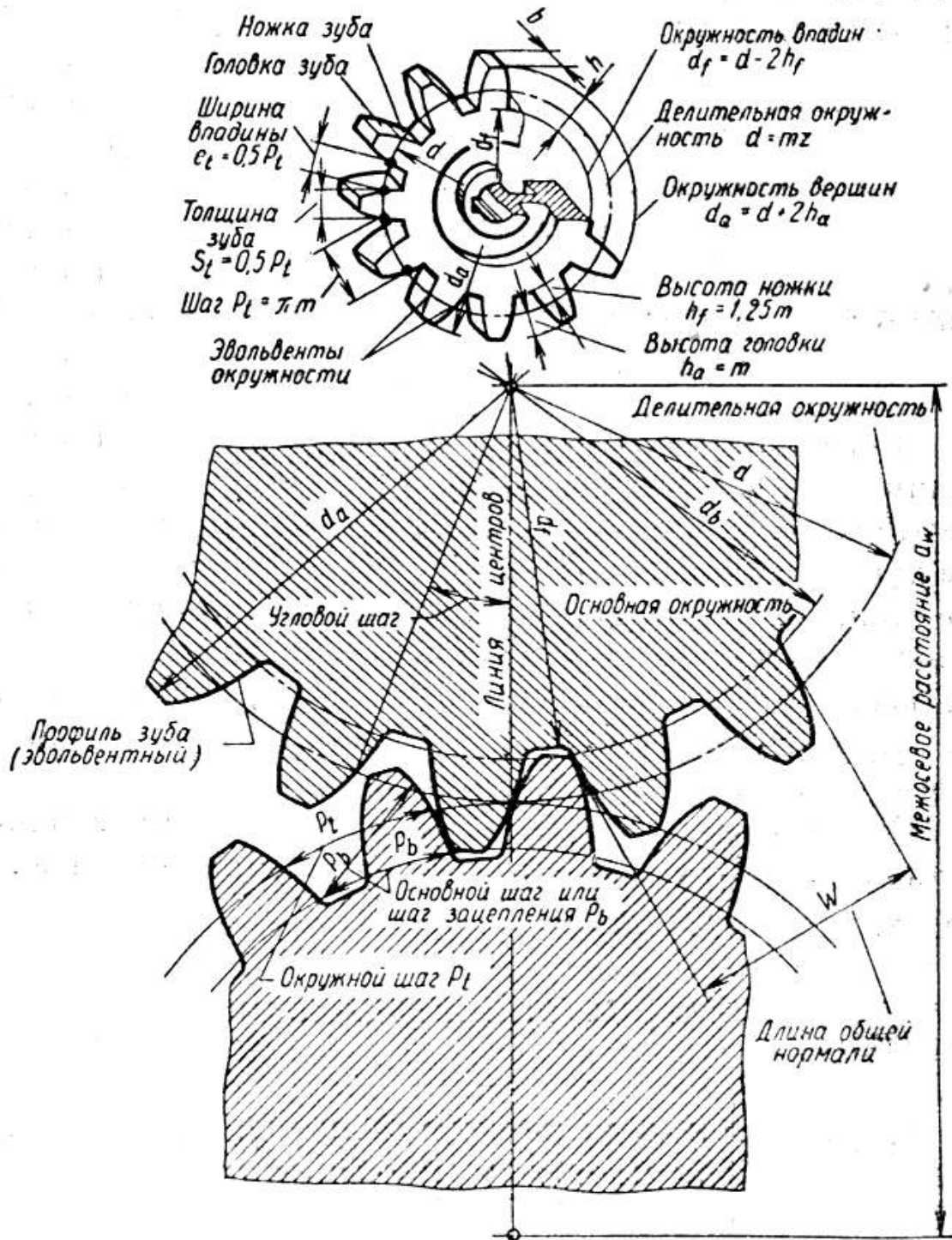


Рисунок 4.1 – Зубчатые колеса в зацеплении. Параметры зубчатых колес, диаметр делительной окружности- d

Высота ножки h_f – расстояние между делительной окружностью колеса и окружностью впадин; $h_f = 1,25 m$. Полная высота зуба $h = m + 1,25m = 2,25m$. Для колёс с модулем менее 1 мм высота зуба $h = 2,3 m$, а высота ножки $h_f = 1,3 m$.

Зубчатые колеса изготавливают с погрешностями, вызываемыми погрешностями профиля зубообрабатывающих инструментов (фрез, долбяков), неточностью их установки на станке, отклонениями размеров и фор-

мы заготовки, а также неточностью установки заготовки на станке, погрешностями в кинематических цепях станка. Совместное действие перечисленных погрешностей приводит к кинематической погрешности колеса, неплавности его работы и нарушению прилегания поверхностей зубьев как по длине, так и по высоте зуба. Предельные отклонения параметров зубчатого колеса ограничены системой допусков (см. таблицу 4).

По точности изготовления зубчатые колеса разделяют на двенадцать степеней точности (в порядке убывания точности).

Степень точности — заданный уровень допустимого несоответствия значений их действительных параметров расчетным (номинальным) значениям. Допуски установлены для степеней точности от 3-й до 12-й. Для 1-й и 2-й степеней точности допуски будут вводиться по мере надобности. В машиностроении, например, применяют зубчатые передачи следующих степеней точности: 3-6-й - в редукторах турбин; 3-8-й - в металло-режущих станках; 4-7-й - в авиадвигателях; 5-8-й - в легковых автомобилях; 8-11-й - в грузоподъемных и сельскохозяйственных машинах. Измерительные или образцовые колеса изготавливают по 3-5-й степени точности.

Для дифференциации точности колес в зависимости от их служебного назначения зубчатые передачи условно подразделяют на отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения. К отсчетным относят передачи с высокой кинематической точностью, например, колеса, входящие в кинематические цепи приборов, станков, следящих устройств, а также колеса координатных измерительных машин.

Важнейшим требованием работы скоростных передач автомобилей, станков, двигателей и турбин является плавность и бесшумность работы при высоких частотах вращения.

Силовые передачи — передачи грузоподъемных машин, тракторов и штампов. При работе такой передачи должна быть обеспечена полнота контакта зубьев в зацеплении.

В соответствии с перечисленными группами передач построена система допусков на зубчатые колеса. Все показатели точности передач и колес сгруппированы в три нормы точности, характеризующих кинематическую точность, плавность работы и контакт зубьев.

Нормы кинематической точности определяют точность передачи вращения с одного вала на другой, т. е. величину полной погрешности (ошибки) угла поворота ведомого зубчатого колеса в пределах его полного оборота.

Нормы плавности работы характеризуют равномерность вращения или степень плавности изменения кинематической погрешности передачи.

Нормы контакта зубьев отражают полноту прилегания поверхностей зубьев сопряженных колес в передаче. Степени точности назначают для каждой из норм точности дифференцированно с учетом того, к какой группе относится данная передача, т. е. допускается комбинирование степеней точности — назначение для всех норм разных степеней точности. Для передач общего назначения для всех норм точности назначают одинаковую степень точности, например, 7-ю степень. При комбинировании степеней точности требуется, чтобы нормы плавности работы были не более, чем на две степени точнее или на одну степень грубее нормы кинематической точности, а нормы контакта зубьев могут быть назначены по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы, но не более, чем на одну степень грубее нормы плавности. В результате комбинирования степеней точности по трем нормам улучшаются эксплуатационные качества колеса без значительного повышения стоимости его изготовления.

Независимо от точности изготовления передач и колес (нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев) дополнительно назначают требования к боковому зазору между нерабочими профилями зубьев в собранной передаче, объединенные в норму бокового зазора.

Боковой зазор обеспечивает небольшой люфт (поворот) зубчатого колеса в передаче при заторможенном или неподвижном втором колесе. Зазор необходим для предотвращения заклинивания передачи при ее нагреве во время работы, для компенсации ошибок монтажа и для обеспечения смазывания колес. Зазор $j_{n \min}$ показан на рисунке 4.2. Для зубчатых передач с модулем свыше 1 мм установлено шесть видов сопряжений *A, B, C, D, E, H*, которые определяют величину гарантированного наименьшего бокового зазора $j_{n \min}$.

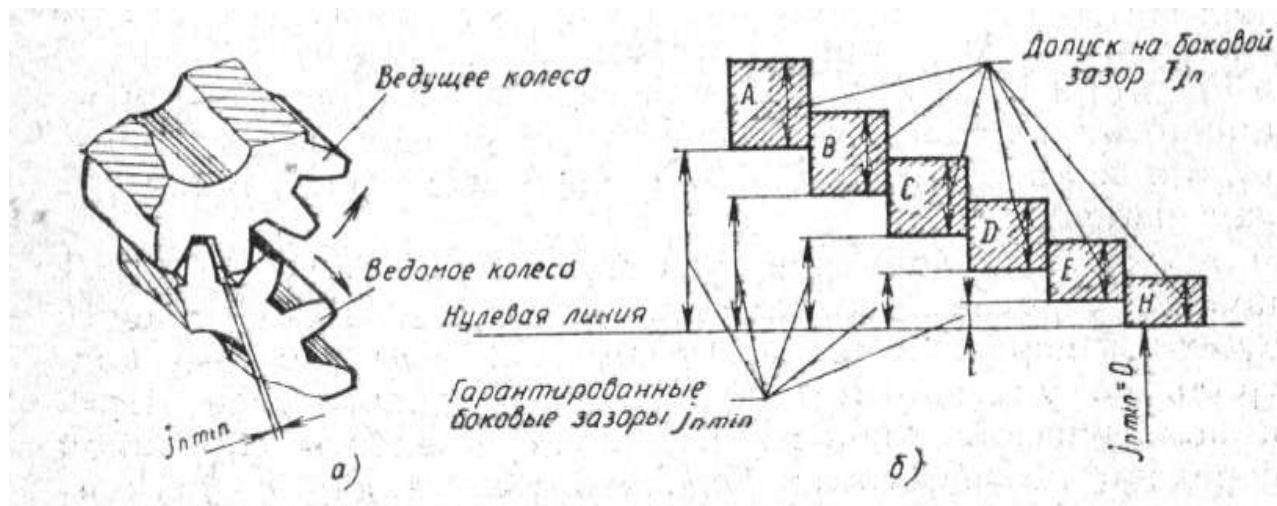


Рисунок 4.2 - Боковой зазор зубчатого зацепления, виды сопряжений и допуски T_{jn} на боковой зазор

Для зубчатых передач с модулем до 1 мм предусмотрено пять видов сопряжений D, E, F, G, H . На каждый вид сопряжения установлен допуск T_{jn} бокового зазора, обозначенный строчной буквой латинского алфавита. Например, для передач с модулем свыше 1 мм видам сопряжения H и E соответствует вид допуска на боковой зазор h , сопряжениям D, C, B и A - виды допусков d, c, b и a . Вместо предусмотренных выше видов допусков для каждого вида сопряжений при необходимости могут быть использованы увеличенные допуски x, y и z . Таким образом, соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять. Для передач с модулем до 1 мм видам сопряжений D и E соответствует вид допуска на боковой зазор e , а видам сопряжений F, G и H — виды допусков f, g и h соответственно.

Для нерегулируемых передач с модулем свыше 1 мм установлено шесть классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами I, II, III, IV, V и VI, а для передач с модулем до 1 мм пять классов: II, III, IV, V и VI. Гарантированный боковой зазор в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении предусмотренных классов отклонений межосевого расстояния. Например, для передач с модулем свыше 1 мм сопряжения H и E обеспечиваются при II классе, а сопряжения D, C, B и A — соответственно при III, IV, V и VI классах; для передач с модулем до 1 мм сопряжения H — при II классе, а сопряжения G, F, E и D — при III, IV, V и VI классах соответственно. В обоснованных случаях это соответствие между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния может изменяться.

Структура допусков для цилиндрических зубчатых колес и передач приведена на рисунке 4.3. Показатели точности зубчатой передачи являются комплексными, поэтому контроль по указанным показателям предпочтителен. Если кинематическая точность и плавность работы собранной передачи соответствуют требованиям стандарта, то контроль колес в отдельности по этим нормам не проводится.

При раздельном предварительном контроле колес, входящих в передачу, контроль собранной передачи не является обязательным. Это положение распространяется и на контроль по нормам контакта зубьев. Каждый показатель точности ограничивается допуском, обозначаемым аналогично показателю точности, но с опущенной в индексе последней буквой r (r — реальный). Например, показатель F_{i0r} — наибольшая кинематическая погрешность передачи, а F_{j0} — допуск на кинематическую погрешность передачи; F_{rr} — радиальное биение зубчатого венца, а F_r — допуск на радиальное биение зубчатого венца. Наименование показателей точности приведено ниже при рассмотрении норм точности.

Радиальное биение F_{rr} зубчатого венца (рисунок 4.5) разность между действительными предельными положениями исходного контура.

Колебание F_{dwr} длины общей нормали - разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном и том же зубчатом колесе. Действительная длина общей нормали W - это расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям зубьев зубчатого колеса.

Колебание F''_{ir} измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса — разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном (беззазорном) зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым колесом при повороте последнего на полный оборот.

Зубчатые колеса 9-12-й степеней точности допускается контролировать по одному из показателей точности F_{rr} или F''_{ir} .

В данной работе изучается методика измерения цилиндрических зубчатых колес, как наиболее распространенных в машиностроении.

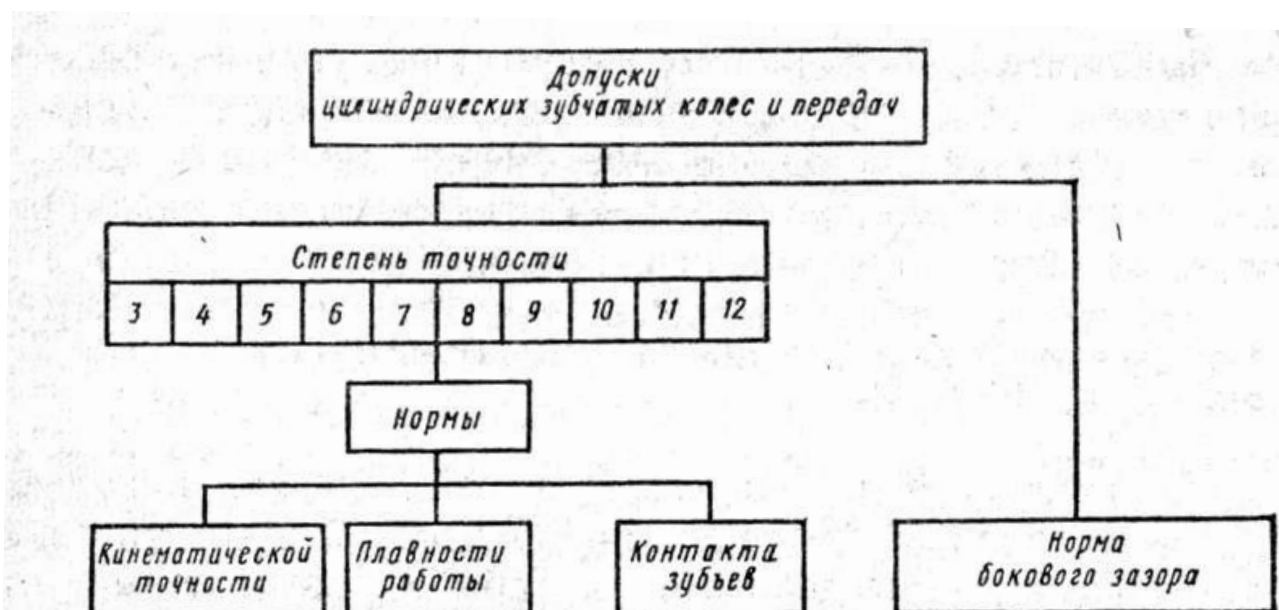


Рисунок 4.3 - Структура допусков для цилиндрических зубчатых колес и передач

4.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.2.1. Определение геометрических параметров зубчатых колес

Измерить наружный диаметр $D_{зд}$ штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм, сосчитать число зубьев z зубчатого колеса и определить модуль m :

$$m = \frac{D_{зд}}{z + 2}.$$

Рассчитать диаметр делительной окружности колеса и окружной шаг:

$$D = mz \quad ; \quad P_t = m\pi.$$

Пользуясь данными таблицы 4 выписать для определенного числа зубьев следующие параметры:

- длина общей нормали W (рисунки 4.2; 4.4);
- номинальная толщина зуба по делительной окружности S_x , которая должна быть равна $\frac{P_t}{2}$;
- высота головки зуба над хордой h_x (рисунок 4.1);

d) радиусы кривизны эвольвенты на головке зуба ρ_s и на ножке зуба ρ (рисунок 4.4);

e) диаметр основной окружности D_g .

Все перечисленные геометрические параметры находятся в прямой зависимости от модуля зубчатого колеса. Поэтому, для данного колеса табличные значения необходимо умножить на величину модуля.

Например: $W_{m3} = 3$; $W_m = 1$.

Для геометрических параметров колеса, отличных от данных таблицы 4, длина общей нормали может быть определена по следующей формуле:

$$W = P_t(n-1) + S_x,$$

где $n = 0,111z + 0,5$ — число зубьев, охватываемых при измерении W .

4.2.2. Измерение длины общей нормали (рисунок 4.1; 4.4)

Длина общей нормали (W) измеряется по дуге делительной окружности зубчатого колеса через определенное количество зубьев « n », которая рассчитывается по формуле:

$$W_{НОМ} = m \times \{ 1,476(2n-1) + 0,014z \}.$$

Длина общей нормали есть расстояние между разноименными сторонами зубьев зубчатого колеса по диаметру делительной окружности.

4.2.3. Измерение радиального биения (рисунок 4.5)

Для измерения радиального биения зубчатого колеса (F_r) необходимо:

- установить зубчатое колесо в центра биенимера;
- по вершине одного зуба зубчатого колеса установить на «ноль» отсчетное устройство биенимера;
- вращая зубчатое колесо в центрах, установить отсчетное устройство биенимера на вершину каждого зуба зубчатого колеса и записать отклонение в таблицу.

4.2.4. Измерение толщины зуба

Толщину зуба зубчатого колеса (S_t) измерять в соответствии с рисунками 4.1; 4.4.

4.2.5. Измерение шага зацепления

Шаг зацепления зубчатого колеса (P_t) измерить в соответствии с рисунками 4.1; 4.4.

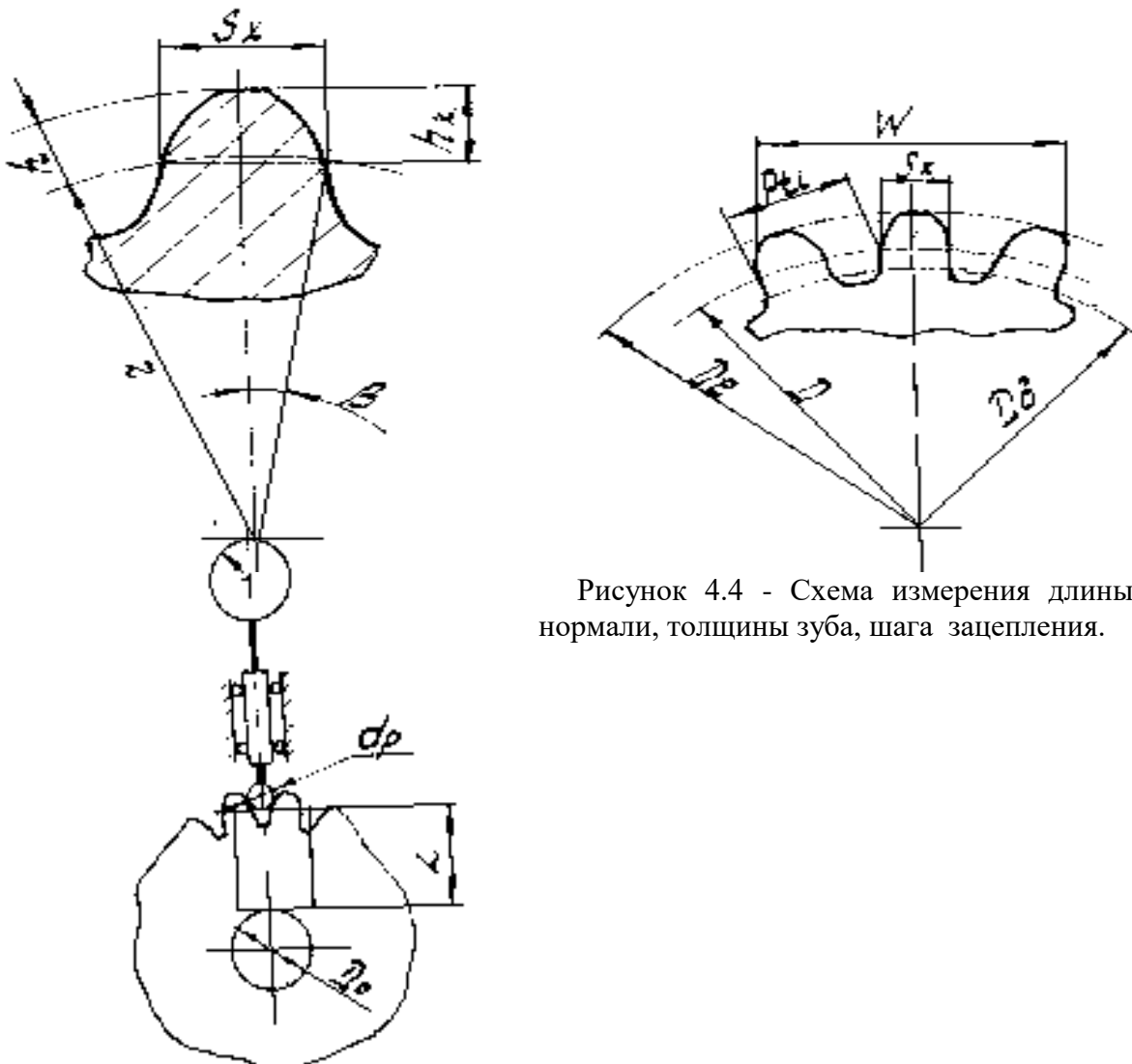


Рисунок 4.4 - Схема измерения длины общей нормали, толщины зуба, шага зацепления.

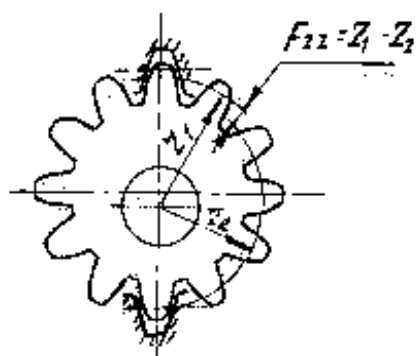


Рисунок 4.5 – Схема измерения радиального биения

Таблица 4 – Геометрические параметры зубчатого колеса при $m = 1$, $a_g = 20^0$

Число зубьев Z	Кол-во охва- тываемых зубьев при измерении длины общей нормали	Длина об- щей норма- ли W , мм	Толщина зуба S_x , мм	Высота го- ловки h_x , мм	Радиусы кривизны эвольвентомера, мм		Диаметр ос- новной ок- ружности D_1 , мм
					головка зуба ρ_A	ножка зуба ρ_F	
25	3	7,730	1,5697	1,0247	6,69	1,35	23,492
26	4	10,697	1,5698	1,0237	6,88	1,53	24,432
27	4	10,711	1,5698	1,0228	7,06	1,69	25,372
28	4	10,725	1,5699	1,0220	7,25	1,87	26,311
29	4	10,739	1,5700	1,0212	7,43	2,03	27,251
30	4	10,753	1,5701	1,0205	7,62	2,21	28,191
31	4	10,767	1,5701	1,0199	7,80	2,38	29,130
32	4	10,781	1,5702	1,0193	7,98	2,55	30,070
33	4	10,795	1,5702	1,0187	8,17	2,72	31,001
34	4	10,809	1,5702	1,0131	8,35	2,89	31,950
35	5	13,775	1,5703	1,0176	8,53	3,06	32,889
36	5	13,789	1,5703	1,0171	8,71	3,23	33,829
37	5	13,803	1,5703	1,0167	8,89	3,40	34,769
38	5	13,817	1,5703	1,0162	9,07	3,57	45,708
39	5	13,831	1,5704	1,0158	9,25	3,74	36,648
40	5	13,845	1,5704	1,0154	9,43	3,90	37,588
41	5	13,859	1,5704	1,0150	9,61	4,08	38,527
42	5	13,873	1,5704	1,0146	9,79	4,25	39,467
43	5	13,887	1,5704	1,0143	9,97	4,42	40,407
44	6	16,853	1,5705	1,0140	10,15	4,60	41,346

45	6	16,867	1,5705	1,0137	10,33	4,77	42,286
46	6	16,881	1,5705	1,0134	10,51	4,94	43,226
47	6	16,895	1,5705	1,0131	10,69	5,11	44,166
48	6	16,909	1,5705	1,0128	10,87	5,32	45,105
49	6	16,923	1,5705	1,0126	11,05	5,46	46,045
50	6	16,937	1,5705	1,0124	11,23	5,63	46,985
51	6	16,951	1,5705	1,0121	11,40	5,79	47,924
52	6	16,965	1,5706	1,0119	11,58	5,97	48,864
53	7	19,931	1,5706	1,0116	11,76	6,14	49,804
54	7	19,945	1,5706	1,0114	11,94	6,31	50,743
55	7	19,959	1,5706	1,0112	12,12	6,49	51,683
56	7	19,973	1,5706	1,0110	12,29	6,65	52,623
57	7	19,987	1,5706	1,0108	12,47	6,82	53,562
58	7	20,001	1,5706	1,0106	12,65	6,96	54,502
59	7	20,015	1,5706	1,0104	12,82	7,17	55,442
60	7	20,029	1,5706	1,0103	13,00	7,34	56,382

Контрольные вопросы

1. Как определить модуль m ?
2. Чему равен диаметр делительной окружности?
3. Что такое колебание длины общей нормали?
4. Как определить допуск на колебание длины общей нормали?
5. С помощью чего измеряют длину общей нормали зубчатого колеса?
6. Метод измерения, цена деления штангензубомера?
7. С помощью чего измеряют толщину зуба зубчатого колеса?
8. Как определить погрешность шага зубчатого колеса?
9. Что называют радиальным биением зубчатого колеса?
10. С помощью чего измеряют радиальное биение?
11. Метод измерения биениемером?
12. Параметры кинематической точности зубчатых колес.
13. Параметры плавности работы зубчатого колеса.
14. Параметры пятна контакта зубьев зубчатого колеса.
15. Измерение шага зацепления.
16. Измерения толщины зуба.
17. Понятие шага зацепления.
18. Виды сопряжения зубчатых колес.
19. Степени точности зубчатых колес.
20. Нормы точности зубчатых колес.

Литература

1. Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные формы взаимозаменяемости). Учебное пособие.- М.: - Машиностроение, 1992.
2. Палей М.А. и др. Допуски и посадки. Справочник в 2-х частях 7-е изд. – Л.: Политехника, 1991.
3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебник для ВТУЗов. 6-е изд. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Кутай А.Н. Точность и производственный контроль в машиностроении. Учебное пособие. – Л.: Машиностроение, 1983.
5. Справочник контролёра машиностроительного завода / под редакцией Якушева А.И. – М.: Машиностроение, 1980.
6. ГОСТ 25346- 89 ОНВ. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
7. ГОСТ 25347 – 82 ОНВ. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
8. ГОСТ 24853 – 81 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.
9. ГОСТ 9150 – 2002 ОНВ. Резьба метрическая. Профиль.
10. ГОСТ 16093 – 81 ОНВ. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.
11. ГОСТ 1643 – 81 ОНВ. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.
12. ГОСТ 8.051- 81 ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
13. РД 50-98-86 Предельные погрешности средств измерений.

КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»	Вертикальный оптиметр Вертикальный длиномер	Работа № 1 Факультет _____ Группа _____
1.Длиномер вертикальный марки TRIMOS Vectra-Touch 600 2.Оптиметр с lim= 3.Набор концевых мер длины ____ класса ____ разряда ____ 4.Калибр-пробка _____ с допуском на обработку калибра Н _____		:

Лабораторная работа №1

Приложение А

Задание 1

Результаты измерений на вертикальном длиномере

1	Предельные размеры калибра, мм	наибольший наименьший изношенный	
2	Действительный размер калибра, мм		
3	Отклонение от правильной геометрической формы, мм		Конусообразность Бочкообразность Седлообразность Овальность
4	Заключение о годности калибра		

Результаты измерений на вертикальном оптиметре

1	Предельные размеры калибра, мм	наибольший наименьший изношенный	_____	9	Отклонение от правильной геометрической формы, мм	Конусообразность	
2	Действительный размер блока при установке оптиметра на нуль, мм					Овальность	
3	Начальный нуль					Бочкообразность	
4	Отклонения шкалы оптиметра от нуля при измерении калибра, мкм		_____			Седлообразность	
5	Конечный нуль			10	<i>Заключение о годности калибра</i>		
6	Средний нуль						
7	Действительное показание оптиметра, мкм						
8	Действительный размер калибра, мм		_____				

Задание 2. Определение предельной погрешности ряда измерений и сравнение ее с табличной предельной по-

грешностью (lim) для оптиметра

№	Результаты измерения X_i , мкм	Среднее арифметическое результатов измерений $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{10}$, мкм	Остаточная погрешность $V_i = x_i - \bar{x}$, мкм	Квадрат остаточной погрешности V_i^2 , мкм
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
$\sum X_i$			$\sum V_i$	$\sum V_i^2$

Средняя квадратическая погрешность:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}} =$$

Предельная погрешность полученного ряда измерений: $LIM = \pm 3\delta =$

Предельная погрешность вертикального оптиметра

$$\Delta_{lim} (20 \div 35) \% H$$

$$\Delta_{lim} = 0,27 H$$

$$\Delta_{lim} \text{ _____ мкм}$$

Определение соответствия выбранного метода измерения допуска на обработку измеряемого изделия:

$$\Delta_{lim} \geq LIM$$

Фамилии студентов

Подпись преподавателя

« ____ » _____ 20 __ г.

Результаты измерения отверстия детали трехточечным электронным нутромером

Сечение	Действительный размер контролируемого отверстия		Отклонение формы				Заключение о годности
	Направление		овальность	конусообразность	бочкообразность	вогнутость	
	1-е	2-е					
1-1							
2-2							
3-3							

Задание 2. Построить кривую распределения и определить погрешность метода измерения.

Обозначение:

\bar{x} - среднее арифметическое отклонение;

x - отклонение от нулевого положения;

N - число измерений;

δ - среднее квадратическое отклонение;

Δlim - предельная случайная погрешность ряда измерений;

$\Delta lim \pm 3 \delta$ - предельная суммарная погрешность метода измерений;

m_i - частота;

$$\bar{x}_{ср} = \frac{\sum x_i}{N} = \frac{\dots}{30} =$$

$$\Delta lim = \pm 3 \delta =$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} =$$

Результаты измерения в одной точке

№	X_i , МКМ	$(X_i - X_{cp})^2$, МКМ
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
$\Sigma X_i =$		$\Sigma (X_i - X_{cp})^2 =$

КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»		Измерение элементов резьбы на инструментальном микроскопе		Работа №3 Факультет _____ Группа _____	
ВЫДАЕТСЯ:					
1. Инструментальный микроскоп					
2. Резьбовая шпилька					
Маркировка резьбы шпильки	Номинальный размер элементов резьбы по ГОСТ 9150-2002				
	Шаг p	Угол профиля α	Средний размер d_2	Наружный диаметр d	Внутренний диаметр d_1

Результаты измерений

№ п/п	Измеряемая величина	Отсчет по шкале		Действительные размеры	Погрешность элементов резьбы	Предельные отклонения по ГОСТ 16043-81		Предельные размеры		Заключение о годности
						Верхнее	Нижнее	наибольший	наименьший	
1	d	1-й	2-й							
2	d_1	1-й	2-й							
3	d_2	1-й	2-й							
4	p	1-й	2-й							
5	Погрешность шага по длине свинчивания	1-й	2-й							
6	Половина угла профиля	$\frac{\alpha}{2}$ прав	1-й 2-й							
		$\frac{\alpha}{2}$ лев	1-й 2-й							

$$f_p = 1,732 \delta_p =$$

$$f_\alpha = 0,36 \times p \times \delta \frac{\alpha}{2} =$$

$$d_{2np} = d_{2дейст} + f_p + f_\alpha =$$

δ_p – погрешность шага;

$\delta \frac{\alpha}{2}$ – среднее арифметическое абсолютных величин отклонений обеих половин угла профиля.

$$\delta \frac{\alpha}{2} = \frac{\left| \delta \frac{\alpha}{2} \text{ пр} \right| + \left| \delta \frac{\alpha}{2} \text{ лев} \right|}{2} =$$

Фамилии студентов

Подпись преподавателя

« » _____ 20 г.

КАФЕДРА «ТЕХНОЛО- ГИИ МАШИНОСТРОЕ- НИЯ»	ИЗМЕРЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС по колебанию длины общей нормали и радиальному биению зубчатого венца	РАБОТА №4 Факультет _____ Группа _____								
ВЫДАЕТСЯ: 1. Зубчатое колесо 2. Штангенциркуль 3. Индикаторный нормалемер				4. Плоско-параллельные концевые меры класса _____ разряда _____ 5. Биениемер 6. Гладкая оправка						
Исходные данные										
1) Число зубьев колеса $Z =$					2) Номинальный размер наружного диаметра колеса $D_{ном} =$					
Подсчет основных параметров зубчатого колеса										
1) Модуль $m = \frac{D_{ном}}{z + 2} =$					2) Число зубьев в растворе мерительных губок $n = 0,111 \times z + 0,5 =$ Принято $n =$					
3) Номинальная длина общей нормали $W_{ном} = m \times [1,476(2n - 1) + 0,014z] =$										
4) Действительный размер блока концевых мер $h =$										
Результаты измерений W										
№ измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Отклонение										
Значение длины общей нормали										

Наибольшая длина общей нормали

 $W_{нб} =$

Наименьшая длина общей нормали

 $W_{нм} =$

Действительное колебание длины общей нормали

 $F_w = W_{нб} - W_{нм} =$

Результаты измерения толщины зуба (S_t)

№ измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отклонение									
Значение длины общей нормали									
Наибольшее отклонение толщины зуба $S_{t \max} =$					Наименьшее отклонение толщины зуба $S_{t \min} =$				

Допуск толщины зуба $TS_t = S_{t \max} - S_{t \min}$

Результаты измерения шага зацепления (P_t)

№ измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отклонение									
Значение длины общей нормали									
Наибольшее отклонение шага зацепления $P_{t \max} =$					Наименьшее отклонение шага зацепления $P_{t \min} =$				

Допуск шага зацепления $TP_t = P_{t \max} - P_{t \min}$

Результаты измерений радиального биения зубчатого венца F_{rr}

№ зуба зубчато- го.венца	00	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
F_{rr}																

Графическое изображение радиального биения зубчатого венца



Допуск радиального биения зубчатого колеса $TF_r = F_{rr \max} - F_{rr \min}$

Закключение: зубчатое колесо ___ степени точности

Зубчатое колесо согласно ГОСТ 1643-81 соответствует:

По колебанию длины общей нормали
 $F_{vw} =$ мкм _____ степени точности

По радиальному биению зубчатого венца
 $F_r =$ мкм _____ степени точности

Фамилии студентов

Подпись преподавателя

« ___ » _____ 20 __ г.

