

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2**

### **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МИКРОИНСТРУМЕНТАМИ**

Цели работы: изучить устройство микроинструментов; освоить методы измерения деталей с помощью микроинструментов.

#### **Теоретические сведения**

Метод измерения деталей с помощью микрометрических инструментов - абсолютный. Верхний предел измеряемых величин для каждого типа микрометрического инструмента устанавливается соответствующим государственным стандартом. Все микрометрические инструменты (кроме микрометрического нутромера) имеют трещотку – механизм,

обеспечивающий определенное измерительное усилие. Погрешность измерения состоит из погрешности инструмента, погрешности метода измерения и др. Основная погрешность (инструментальная) микрометров обычно не превышает  $\pm 5$  мкм ( $\pm 0,005$  мм). Под ней понимается величина отклонения результата измерения от эталона, полученная при поверке инструмента.

**Микрометры общего назначения** (ГОСТ 6507-90 «Микрометры. Технические условия») подразделяются на следующие типы:

МК – гладкие (для установления наружных размеров изделий);

МЗ – зубомерные (для контроля длины общей нормали зубчатых колес);

МТ – трубные (для измерения толщины стенок труб);

МП – проволочные (для измерения проволоки).

Пример условного обозначения гладкого микрометра 1-го класса точности с диапазоном измерения 25-50 мм: *микрометр МК-50-1 ГОСТ 6507-90*.

**Микрометры со вставками** используются для специальных измерений и по ГОСТ 4380-86 «Микрометры со вставками. Технические условия» подразделяются на:

МВМ – для измерения среднего диаметра метрической и дюймовой резьбы;

МВТ – для измерения среднего диаметра трапецеидальной резьбы;

МВП – с плоскими вставками (для измерения деталей из мягких материалов).

Пример условного обозначения резьбового микрометра с диапазоном измерений 0-25 мм: *микрометр МВМ 0-25 ГОСТ 4380-93*.

**Микрометрические глубиномеры** (ГОСТ 7470-92 «Глубиномеры микрометрические. Технические условия») изготавливаются 1-го и 2-го классов точности с диапазонами измерений 0-100, 0-150 мм.

Диапазоны измерений обеспечиваются набором сменных измерительных стержней. Пример условного обозначения микрометрического глубиномера с диапазоном измерений 0-100 мм: *глубиномер ГМ 100 ГОСТ 7470-92*.

**Микрометрические нутромеры** (ГОСТ 10-88 «Нутромеры микрометрические. Технические условия») выпускаются с пределами измерения 0-75; 75-175; 75-600; 150-1250; 600-2500; 1250-4000; 2500-6000 мм. Диапазон измерений достигается за счет сменных удлинительных стержней. Микрометрический нутромер с верхним пределом измерений 175 мм обозначается следующим образом: *нутромер НМ175 ГОСТ 10-88*.

На рисунке 2.1 – 2.4 показаны микрометрические инструменты. Их выбирают по типу объекта измерения, пределам измерения и классу точности, в зависимости от размера и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051-81.

*Гладкие микрометры* с диапазоном измерений 25-50, 50-75, 75-100 мм и др. настраиваются на нуль аналогично, но при этом используется установочная мера, равная нижнему пределу измерения микрометра: 25, 50, 75 мм и др. соответственно. После соприкосновения измерительных поверхностей микрометра с установочной мерой нулевой штрих круговой шкалы барабана должен совпасть с продольным штрихом стебля. Установочные меры поставляются в комплекте с микрометрами.

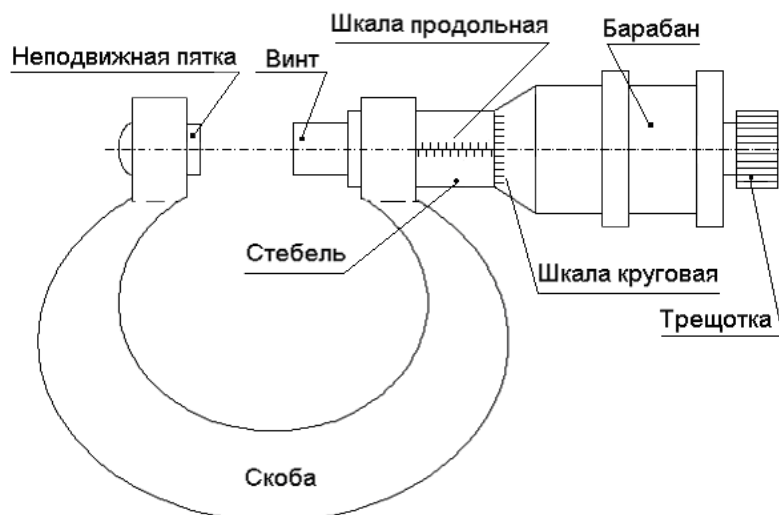


Рис. 2.1. Гладкий микрометр

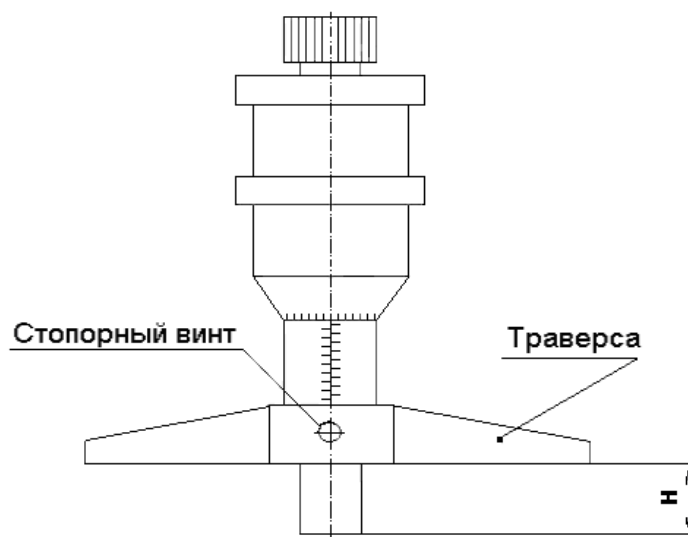


Рис. 2.2. Микрометрический глубиномер

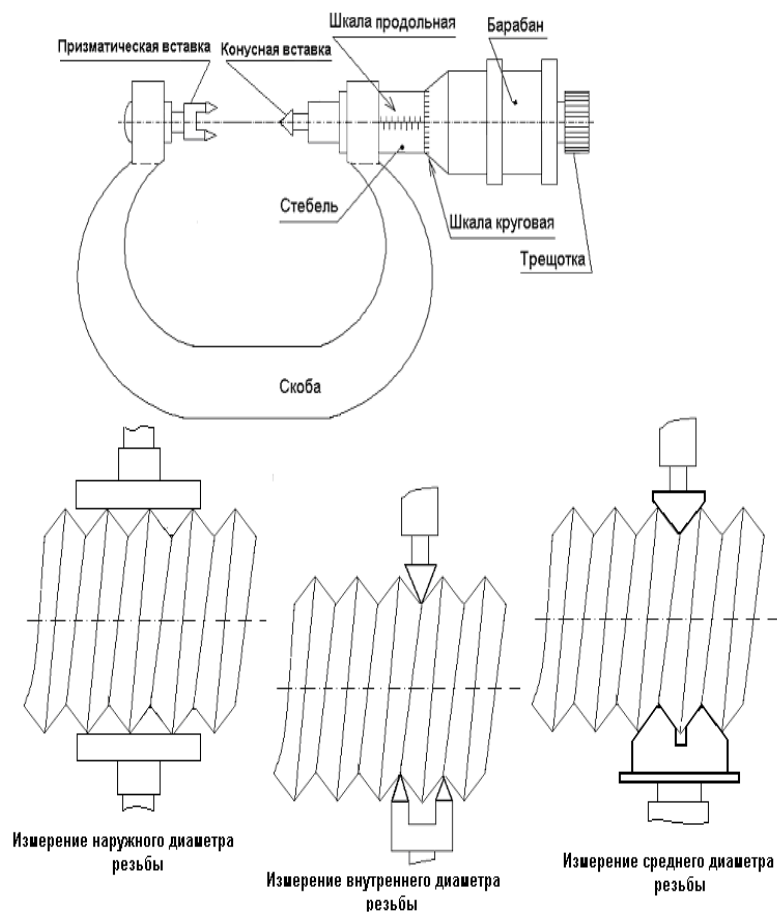


Рис. 2.3. Микрометр зубомерный

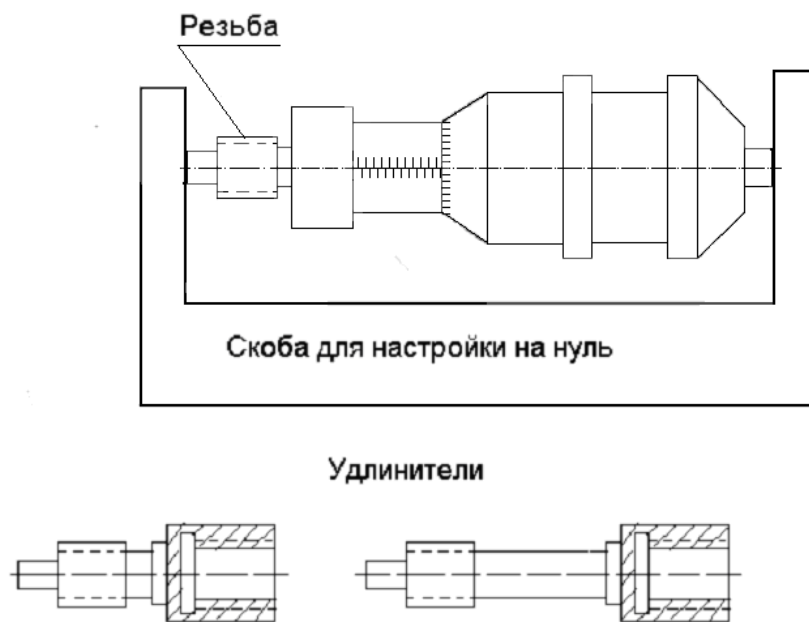


Рис. 2.4. Микрометрический нутромер

### ***Устройство микрометрических инструментов и работа с ними***

Общими элементами микрометрических инструментов являются следующие: стебель с линейной шкалой, микрометрический винт с трещоткой и стопорным устройством, барабан с круговой шкалой (Рисунок 2.1).

Цена деления круговой шкалы определяется отношением шага резьбы микрометрического винта (0,5 мм) к числу делений (50) и равна 0,01 мм. Цена деления и диапазон измерений указываются на лицевой стороне инструмента.

Перед началом измерений микрометром типа МК с пределом измерения до 25 мм требуется проверить установку его в нулевое положение. Для этого необходимо выполнить следующие действия: сначала протереть бумагой или мягкой тканью измерительные поверхности «пятки» и микровинта; затем, вращая микрометрический винт с помощью трещотки, добиться соприкосновения измерительных поверхностей. При этом скошенный край барабана должен установиться так, чтобы был виден нулевой штрих продольной (миллиметровой) шкалы, а нулевое деление круговой шкалы расположилось бы напротив продольного штриха стебля. Если такое расположение штрихов не соблюдается, то микрометрический инструмент нужно настроить (установить его на нуль). В противном случае его показания будут неверны.

*Гладкие микрометры* с диапазоном измерений 25-50, 50-75, 75-100 мм и др. настраиваются на нуль аналогично, но при этом используется установочная мера, равная нижнему пределу измерения микрометра: 25, 50, 75 мм и др. соответственно. После соприкосновения измерительных поверхностей микрометра с установочной мерой нулевой штрих круговой шкалы барабана должен совпасть с продольным штрихом стебля. Установочные меры поставляются в комплекте с микрометрами.

*Микрометрический глубиномер* с диапазоном измерений 0-25 мм устанавливается на нуль с использованием поверочной плиты. Барабан глубиномера вывертывается до полного утопления измерительного стержня микровинта в отверстие основания. Затем основание инструмента плотно прижимается к плите и вращением за трещотку микровинт возвращается до соприкосновения измерительной поверхности стержня с поверхностью плиты. Стопор фиксирует положение микровинта. Это и есть нулевое положение, при котором штрих нулевого деления круговой шкалы барабана должен быть расположен против продольного штриха стебля. В противном случае глубиномер необходимо установить на нуль. Последовательность действий при этом аналогична настройке гладкого микрометра.

Порядок настройки глубиномеров с большими значениями измеряемой величины (пределами измерений: 50-75; 75-100 мм) не отличается от порядка настройки глубиномера с пределом измерения 0-25 мм. Его

можно увеличить применяя сменные (дополнительные) измерительные стержни.

Особенность установки на нуль резьбового микрометра с пределами измерения 25-50 мм заключается в том, что она проводится с использованием специальной меры и в ходе изменения положения «пятки» инструмента относительно микровинта.

*Микрометрический нутромер* установить на нуль можно с помощью концевых мер длины или специальной скобы, прилагаемой к инструменту (Рисунок 2.4). На головку нутромера навинчивается такой удлинитель, чтобы длина нутромера соответствовала размеру скобы.

Нутромер нужно поместить между измерительными поверхностями скобы и, вращая барабан, добиться соприкосновения измерительных поверхностей с поверхностями скобы. Далее застопорить микровинт, проверить, появился ли нуль продольной шкалы и совпал ли нулевой штрих круговой шкалы с продольным штрихом стебля. В противном случае установка на нуль проводится так же, как и для гладкого микрометра.

После настройки микрометрического инструмента на нуль можно проводить измерения (Рисунок 2.5).

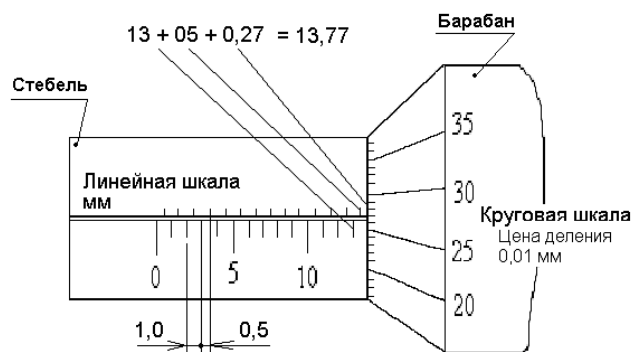


Рис. 2.5. Отсчетное устройство микрометрических инструментов

В целях упрощения работы необходимо использовать стойки, штативы и другие приспособления для крепления измерительных инструментов и деталей. Во время измерений относительные перекосы измерительных поверхностей должны быть исключены. Их совмещение осуществляется в ходе аккуратного вращения микровинта за трещотку (до трех щелчков). Вращение за барабан противопоказано во избежание сбоя настройки (кроме микрометрического нутромера, который не имеет трещотки). При определении размеров заданной цилиндрической поверхности измерение ведется в трех сечениях и в каждом сечении в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

## Ход работы

Оборудование и приборы: гладкие микрометры; зубомерные микрометры; микрометрические нутромеры; микрометрические глубиномеры; детали.

- 1) Изучить устройство микроинструментов (рисунок 2.1 – 2.4). Ознакомиться с измеряемыми деталями. Для каждой детали вычертить эскиз. Внести основные параметры микроинструментов в таблицу 2.1.
- 2) Провести измерения.
- 3) Проверить гипотезу о принадлежности результатов наблюдений нормальному распределению (построение гистограммы, определение эмпирического распределения) по схеме, изложенной ниже.

Таблица 2.1

Средства измерения – микроинструменты

Инструмент	Тип (модель)	Диапазон измерения	Цена деления	Обозначение
Микрометр	МК	0-50 мм	0,1мм	Микрометр МК-50-1 ГОСТ 6507-90

### Методика статистической обработки результатов измерения

Одной из важнейших задач является оценка точности определенного технологического процесса изготовления детали. Такая оценка включает анализ точности изготовления деталей, установление влияния износа оборудования на точность размеров, проверку правильности настройки оборудования и т.д.

В настоящее время оценка точности технологического процесса осуществляется с использованием математической статистики и теории вероятности.

Как при изготовлении, так и при измерении возникают две категории погрешностей: систематические и случайные. Систематическими называются погрешности, постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону в зависимости от характера неслучайных факторов.

Постоянные систематические погрешности могут являться следствием, например, неточной настройки оборудования, погрешности измерительного прибора и приспособления, отклонения рабочей температуры от нормальной и т.д. Такая погрешность при сохранении условий опыта имеет одну и ту же величину для каждой изготовленной или измеренной детали в партии.

Примером переменной систематической погрешности является возрастающая погрешность обработки, называемая износом режущего инструмента.

Во многих случаях причины систематических погрешностей могут быть обнаружены и устранены. Систематические погрешности изготовления,

которые трудно устранить, должны учитываться допуском на размер и форму детали.

Случайными называются непостоянные по величине и знаку погрешности, которые возникают при изготовлении или измерении и принимают то или другое числовое значение в зависимости от случайно действующих причин. Характерным их признаком является вариация значений, принимаемых ими в повторных опытах. Эти погрешности вызываются множеством случайно изменяющихся факторов, таких как припуск на обработку, механические свойства материала, сила резания, измерительная сила и т.д., причем ни один из этих факторов не является доминирующим.

Случайные погрешности изготовления проявляются в рассеянии размеров деталей (однотипные детали имеют в одном и том же сечении различные размеры). Наличие случайных погрешностей измерений обнаруживается в том, что при повторном измерении с одинаковой тщательностью одной и той же величины получаются разные числовые результаты. Полностью устранить случайные погрешности невозможно. Но их можно уменьшить, например, в результате более равномерного припуска на обработку, более равномерной твердости и структуры материала заготовок и т.д. Влияние случайных погрешностей учитывается допуском на размер или другой параметр. Значение каждой из случайных погрешностей невозможно заранее определить. С помощью методов теории вероятностей и математической статистики можно приблизительно оценить только пределы изменения и значение суммарной случайной погрешности.

Кроме рассмотренных погрешностей, приходится встречаться с грубыми ошибками, обусловленными действием факторов, в нормальных условиях не участвующих в процессе. Например, ошибка при измерении, неправильная настройка сменных колес и т.д. Эти ошибки обычно не учитываются.

Выявление погрешностей основывается на применении метода математической статистики и основных положений теории вероятности.

Таким методом является метод кривых нормального распределения.

Построение и исследование кривых распределения позволяет в ряде случаев предсказать значения полей рассеивания погрешностей, основываясь на обследовании ранее обработанных деталей.

Выводы математической статистики основаны на законе больших чисел, согласно которому при увеличении числа наблюдений над однородными явлениями частность появления какого-либо события в прошлом приближается к вероятности появления его в будущем.

Порядок построения кривой распределения и обработки результатов измерения рассмотрим на примере.

Пример:



Фактические размеры диаметра с восходящим рядом чисел партии деталей  $n = 50$  шт. показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Действительные размеры деталей

Размеры в мм

7,920	7,935	7,940	7,957	7,960	7,965
7,970	7,970	7,972	7,975	7,975	7,980
7,980	7,982	7,985	7,985	7,988	7,988
7,900	7,991	7,992	7,992	7,944	7,995
7,995	7,998	8,000	8,000	8,002	8,017
8,005	8,007	8,010	8,012	8,015	8,017
8,030	8,040	8,022	8,024	8,024	8,065
8,068	8,080	8,040	8,045	8,048	

Весь диапазон  $X_{\max} \dots X_{\min}$  результатов наблюдений разделить на  $r$  интервалов шириной  $\Delta X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, r$ ) и определить частоты  $n_i$ , равные числу результатов, лежащих в каждом  $i$ -м интервале, т. е. меньше или равных его правой и больше левой границы.

Число интервалов выбирается в зависимости от числа наблюдений согласно рекомендациям таблицы 2.3.

Таблица 2.3

Зависимость числа интервалов от числа наблюдений

n	r
40 – 100	7 – 9
100 – 500	8 – 12
500 – 1000	10 – 16
1000 .. ... 10000	12 – 22

Принимаем интервал рассеивания равным 0,02 мм и разбиваем все размеры на группы, как показано в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Распределение действительных размеров по интервалам

Интервалы	Частота, n	Вероятность, $n/N$
Свыше 7,910 до 7,930	1	0,02
7,930 до 7,950	2	0,04
7,950 до 7,970	5	0,10
7,970 до 7,990	11	0,22
7,990 до 8,010	14	0,28
8,010 до 8,030	10	0,20
8,030 до 8,050	4	0,08
8,050 до 8,070	2	0,04
8,070 до 8,090	1	0,02
	$\Sigma n = 50$	$\Sigma n/N = 1$

Абсолютная частота определяется числом деталей, находящихся в данном интервале размеров. Например, в интервале 7,930 - 7,950 находятся размеры: 7,935; 7,940, т.е. 2 детали и т.д.

Вероятность (частость) есть отношение количества деталей данного интервала ( $n$ ) к общему количеству ( $N$ ) деталей исследуемой партии 50шт. Например, в интервале размеров 8,010 - 8,030 имеется 10 деталей, вероятность которых составляет

$$\frac{n}{N} = \frac{10}{50} = 0.2 \quad (2.1)$$

Сумма вероятностей составляет целую единицу, т.е. 100% всех деталей партии.

Откладывая в масштабе по оси абсцисс размеры деталей или интервалы, а по оси ординат – вероятность (частость) для каждого интервала размеров и соединяя полученные точки плавной линией, получим кривую распределения.

Построить гистограмму наблюдений в виде графика в координатах  $\frac{m_i}{n}$  - интервалы значений  $\Delta X_i$  (рисунок 2.6). При построении гистограмм рекомендуется пользоваться следующими правилами:

- длины интервалов удобнее выбирать одинаковыми. Однако если распределение крайне неравномерно, то в области максимальной концентрации результатов наблюдений следует выбирать более узкие интервалы.

- масштабы по осям гистограммы должны быть такими, чтобы отношение ее высоты к основанию составляло примерно 5:8.

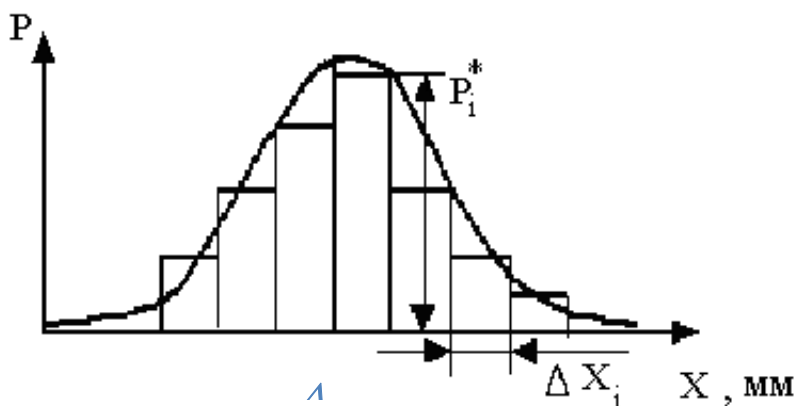


Рис. 2.6. Гистограмма распределения результатов измерений

Как видно из рисунка 2.6, кривая нормального распределения имеет выпуклую форму с округленной вершиной, она симметрична, имеет точки перегиба с каждой стороны, за которыми кривая обращена выпуклостью книзу и приближается к оси абсцисс. Кривая нормального распределения определяется функцией

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - m_x)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (2.2)$$

где  $x$  – случайная величина;

$m_x$  – математическое ожидание случайной величины, т.е. значение абсциссы, соответствующее вершине кривой  $Y_{\max}$ . Мода кривой  $m_x$  – есть центр группирования (распределения) и вместе с тем является средней арифметической распределения /  $X_{\text{ср}}$  /.

$\sigma$  – среднеквадратичное отклонение.

Точность обработки партии деталей будет характеризоваться средним вероятным размером / $X_{\text{ср}}$ /, средним квадратическим отклонением.

Среднее арифметическое значение действительных размеров определяется уравнением.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}, \quad (2.3)$$

где  $x_i$  – результат  $i$  – го наблюдения

$n$  – число наблюдений.

Величину  $x_{\text{ср}}$  иногда называют средневзвешенной. Она определяет эмпирический центр группирования.

Рассеивание значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования характеризуется эмпирическим средним квадратичным отклонением.

Среднее квадратичное отклонение погрешности (СКО):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}, \quad (2.4)$$

где  $\Delta_i$  – отклонение результата отдельного наблюдения от среднего арифметического равно :

$$\Delta_i = X_i - \bar{X}. \quad (2.5)$$

Среднее квадратическое отклонение позволяет определить наибольшее рассеивание размеров, которое практически следует учитывать (границы поля рассеивания). В качестве такого предела приняли  $\pm 3\sigma = 6\sigma$ .

Вероятность получения размера в пределах  $\pm 3\sigma$  составляет 99,73%; следовательно, риск получения размеров, выходящих за эти пределы, будет менее 0,3%.

Перечисленные выше погрешности влияют на форму и расположение кривой распределения размеров. Так, например, постоянная погрешность в пределах партии деталей не влияет на форму кривой, но смещает кривую по оси абсцисс (рисунок 2.7).

Погрешность, закономерно изменяющая свое значение в партии заготовок, окажет влияние на форму кривой, вследствие увеличения размаха

распределения размеров, определяющего по оси абсцисс (рисунок 2.8) крайними значениями (рисунок 2.9).

Кривые распределения размеров заготовок, обработанных при различных настройках станка или обмеренных не в одном сечении (особенности для нежестких деталей), получаются многовершинными.

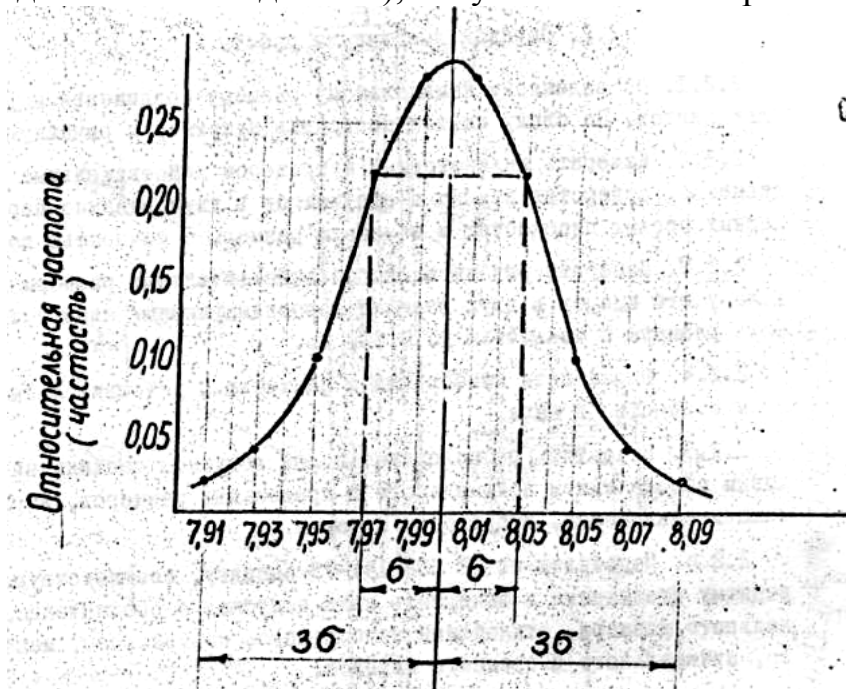


Рис. 2.7. Кривая нормального распределения

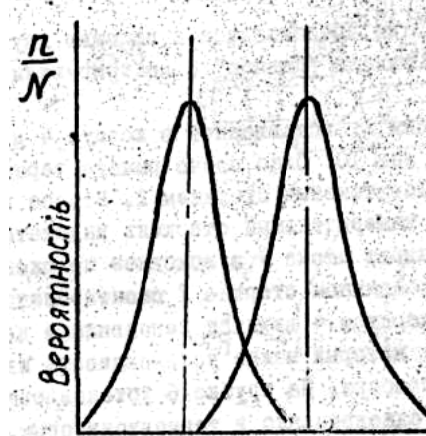


Рис. 2.8. Влияние постоянной погрешности

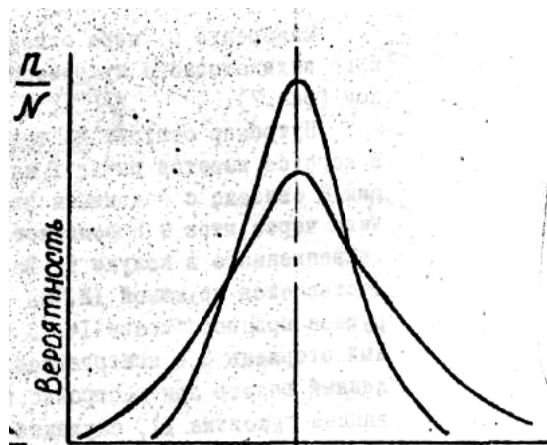


Рис. 2.9. Влияние закономерно изменяющейся погрешности

### Контрольные вопросы и задания

- 1) Назовите микрометрические инструменты, применяемые для определения размеров деталей, изделий.
- 2) Назовите основные узлы микрометра.
- 3) Установите гладкий микрометр на нуль.
- 4) На шкале микрометра последовательно установите несколько размеров: 5,41; 5,92; 10,12; 15,32 мм.
- 5) Перечислите метрологические показатели микрометра.
- 6) Приведите пример обозначения гладкого микрометра 1-го класса точности с пределами измерения от 0 до 25 мм.
- 7) Объясните обозначение микрометра МК-175-2 ГОСТ 6507-90.
- 8) Укажите область применения инструмента НМ-175 ГОСТ 10-88.
- 9) В чем различие между гладким и резьбовым микрометрами?
- 10) Укажите последовательность установки резьбового микрометра на нуль.

### Видео обязательное к просмотру

<https://www.youtube.com/watch?v=ypPNNIR-JJQ>

Измерения микрометром