

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
ГОУ Владимирский государственный университет
Кафедра «Управление качеством и техническое регулирование»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, ПОДТВЕРЖДЕНИЕ
СООТВЕТСТВИЯ»

СОСТАВИТЕЛЬ
Г.И. ЭЙДЕЛЬМАН

Владимир 2016

Лабораторная работа № 1

ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Цель работы: получить практические навыки выбора методов и средств измерений линейных размеров; выбрать для измерения линейных размеров соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики.

1. Общие сведения

1.1. Условия, определяющие выбор измерительных средств

В отраслях машиностроения и приборостроения, а также при ремонте до 70...80% всех видов измерений составляют линейные измерения. Любой линейный размер может быть измерен различными измерительными средствами, обеспечивающими разную точность измерения. В каждом конкретном случае точность измерения зависит от принципа действия, конструкции и точности изготовления измерительного прибора, а также от условий его настройки и применения.

Требуемая точность измерения может быть получена только при правильном выборе средств и условий измерения.

Выбор средств измерения осуществляют с учетом метрологических и экономических факторов. При выполнении производственных измерений в первую очередь учитывают следующие метрологические характеристики приборов: пределы измерений, измерительное усилие, диапазон показаний шкалы, цену деления, чувствительность, погрешность измерения. При этом следует помнить, что показателем точности приборов, измеряющих линейные размеры, является предельная абсолютная погрешность измерения, которая выражается в микрометрах. К экономическим показателям относятся: стоимость и надежность измерительных средств; метод измерения; время, затрачиваемое на установку, настройку и сам процесс измерения; а также необходимая квалификация контролера и оператора.

Выбор средств измерения зависит от характера и массовости производства (годовой программы выпуска).

Например, в массовом производстве с отработанным технологическим процессом, включая контрольные операции, используют высокопроизводительные механизированные и автоматизированные

средства измерения и контроля. Универсальные измерительные средства применяются преимущественно для наладки оборудования.

В серийном производстве основными средствами контроля должны быть жесткие предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления. Возможно применение универсальных средств измерения.

В мелкосерийном и индивидуальном производствах основными являются универсальные средства измерения, поскольку другие организационно и экономически применять невыгодно: неэффективно будут использоваться специальные контрольные приспособления или потребуется большое количество калибров различных типов размеров.

При выборе и назначении средств измерения необходимо одновременно стремиться к более жесткому ограничению действительных размеров предельными размерами, предписанными стандартами, и к возможно большему расширению производственных допусков, остающихся за вычетом погрешности измерения.

В практике метрологического обеспечения производства существует правило "средство измерения должно быть оптимальным", т.е. одинаково нецелесообразно назначать излишне точный прибор и прибор с малой точностью.

Правильность выбора измерительного средства определяется отношением величины погрешности измерения к величине допуска на обработку в процентах, поскольку действительный размер - это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Выбор измерительных средств с учетом допускаемых погрешностей измерений до 500 мм регламентирует ГОСТ 8.051-81. Допускаемые значения случайной погрешности измерения приняты при доверительной вероятности 0,954 ($\pm 2\sigma$, где σ - среднее квадратическое отклонение погрешности измерения), исходя из предположения, что закон распределения погрешностей - нормальный. Случайная составляющая может быть уменьшена за счет многократности наблюдений, при которых она уменьшается в \sqrt{n} раз, где n - число наблюдений.

Значения предельных погрешностей измерений выбираемых средств измерений (СИ) приведены в РД 50-98-86. Для оценки пригодности выбираемого средства измерения сопоставляют величину наибольшей предельной погрешности измерения СИ со случайной составляющей погрешности измерения. Если наибольшая предельная погрешность измерения выбранного средства измерения не превышает случайной

составляющей погрешности измерения при оценке годности данного размера, то данное средство можно применить для заданного измерения.

1.2. Нормальные условия измерений

Реальные условия выполнения линейных измерений, как правило, не совпадают с нормальными условиями, которые должны обеспечиваться с целью исключения дополнительных погрешностей.

Нормальные условия выполнения линейных измерений регламентирует ГОСТ 8.050-73: температура окружающей среды 20°C; атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт.ст.); относительная влажность воздуха 58% и др., по которым приводятся допускаемые от них отклонения.

2. Методика выбора средств измерения

Для выбора средств измерения применяют три методики:

2.1. Приближенная

Данная методика широко применяется при ориентировочном выборе средств измерения, при проведении метрологического контроля и экспертизы нормативно-технической и конструкторской и технологической документации.

2.1.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{ДЕТ}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.1.2. Рассчитывается допускаемая погрешность измерения.

Допускаемая погрешность измерения принимается 25% от величины допуска на размер, то есть $\delta_{изм} = 0,25 \cdot T_{ДЕТ}$

2.1.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемой погрешности измерения.

Допускаемая погрешность измерения в целом является комплексной погрешностью и включает погрешность измерительных средств, погрешность метода измерений и ряд других погрешностей, зависящих от температуры, базирования, измерительного усилия и пр. Наилучшее соотношение между погрешностью самого средства измерения $\delta_{си}$ и остальными погрешностями $\delta_{доп}$ будет при $\delta_{си} \approx \delta_{доп}$.

Допускаемые погрешности измерения $\delta_{изм}$ определяют случайные и неучтенные систематические составляющие погрешности измерения. При этом случайная составляющая погрешности измерения $\delta_{си}$ должна быть на

25...30% ниже, чем $\delta_{изм}$ (т.е. $\delta_{сш} = 0,7 \cdot \delta_{изм}$). В этом случае оптимальное

значение коэффициента $K = \frac{\delta_{сш}}{\delta_{изм}} = 0,7$ при $\delta_{изм} = \sqrt{\delta_{сш}^2 + \delta_{дон}^2}$. Обычно выбирают $K = 0,6...0,8$.

Случайную составляющую можно выявить практически при всех видах измерений. Однако эту часть погрешности иногда принимают за всю предельную погрешность измерения. Ограничивать неучтенную систематическую погрешность измерения не представляется возможным, поскольку для ее непосредственного определения необходимо иметь рабочие эталоны, что особенно при точных измерениях практически сделать невозможно.

2.1.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие).

Выбор измерительного средства заключается в том, чтобы наибольшая предельная погрешность $\pm \Delta_{lim сш}$, являющаяся нормированным метрологическим показателем данного измерительного средства, не превышала случайной составляющей допускаемой погрешности измерения, т.е. при этом должно выполняться условие: $\pm \Delta_{lim сш} \leq (0,6 \div 0,8) \delta_{изм}$.

2.1.5. В метрологическую карту (прил.1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

2.2. Расчетная

Данная методика применяется при выборе средств измерения для единичного и мелкосерийного производства, для экспериментальных исследований, для измерения выборки при статистическом методе контроля, для повторной перепроверки деталей, забракованных контрольными автоматами.

2.2.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{ДЕТ}$) выбирается в зависимости от заданного качества точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.2.2. Определяется расчетная допускаемая погрешность измерения.

При расчете по данной методике необходимо пользоваться таблицей процентного соотношения допускаемой погрешности измерения и допусков деталей для различных качеств точности (табл. 1).

В соответствии с табл.1. определяют расчетную допускаемую погрешность измерения из выражения

$$\frac{\delta_{изм\ расч}}{T_{ДЕТ}} 100 \% \leq \text{табличной величины}$$

2.2.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемой погрешности измерения (аналогично п. 2.1.3.)

Таблица 1

Процентное соотношение допускаемой погрешности измерения в зависимости от точности объекта измерения

Квалитет точности объекта измерения по ГОСТ 25347-81	Предельная погрешность измерения, % от допуска
Валы 5-го квалитета	35
Отверстия и валы 6-го,7-го квалитетов Отверстия 5-го квалитета	30
Отверстия 8-го,9-го квалитетов Валы 8-го квалитета	25
Отверстия 10-16-го квалитетов Валы 9-16-го квалитетов	20

2.2.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие) при условии $\pm \Delta_{lim\ сш} \leq (0,6...0,8)\delta_{изм\ расч}$.

2.2.5. В метрологическую карту (прил.1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

2.3. Табличная

Табличная методика рекомендуется для выбора средств измерения при серийном, крупносерийном и массовом производстве, если предусмотрены измерения, а не контроль с применением калибров.

2.3.1. Определяется допуск размера детали.

Допуск размера детали ($T_{ДЕТ}$) выбирается в зависимости от заданного квалитета точности по ГОСТ 25347-81 и ГОСТ 25346-81.

2.3.2. Определяется допускаемая погрешность измерения.

В основе табличной методики лежит ГОСТ 8.051-81 "Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм". Данный стандарт устанавливает значения допускаемых погрешностей измерения

$\delta_{изм}$ в зависимости от допуска IT и 13 основных интервалов номинальных размеров для 2...17-го квалитетов, которые приведены в данных методических указаниях в прил.2. Значение $\delta_{изм}$ определяют для любых значений допуска. При допусках, не соответствующих значениям, указанным в прил.2., допускаемая погрешность выбирается по ближайшему меньшему значению допуска для соответствующего размера.

2.3.3. Рассчитывается случайная составляющая допускаемая погрешность измерения (аналогично п. 2.1.3.)

2.3.4. По справочным таблицам выбирается средство измерения в зависимости от детали (вал или отверстие) при условии $\pm \Delta_{lim cu} \leq (0,6...0,8)\delta_{изм}$.

2.2.5. В метрологическую карту (прил.1) заносятся метрологические характеристики выбранного средства измерения.

Следует помнить, что наименования средств измерений выбираются из специальных таблиц предельных погрешностей измерений РД 50-98-86. Метрологические характеристики некоторых широко распространенных средств измерений приводятся в прил.3 данных методических указаний.

3. Выбор метода измерений

Выбранное средство измерений линейных размеров, его конструкция определяют метод измерений.

Метод измерений представляет собой прием или совокупность приемов применения средств измерений и характеризуется совокупностью тех физических явлений, на которых основаны измерения.

По способу получения и характеру результатов измерения разделяют соответственно на прямые, косвенные, абсолютные и относительные. Данные виды измерений линейных размеров представлены в табл.2.

В производственных условиях наиболее широко применяются методы прямых измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

При *методе непосредственной оценки* значение измеряемой величины получают непосредственно по отсчетному устройству средства измерений, например штангенциркуля, микрометра и т.д. Кроме того, этот метод по характеру результата измерений является абсолютным, так как весь измеряемый параметр фиксируется непосредственно средством измерения.

Метод прост, не требует особых действий оператора и дополнительных вычислений. Особое внимание при измерениях этим

методом уделяется используемым средствам измерений, так как они служат основными источниками погрешности измерений. Это обуславливает необходимость тщательного выбора средств измерений, обеспечивающих высокую точность.

При *методе сравнения с мерой* измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. В литературе этот метод называется также относительным, так как средство измерения фиксирует лишь отклонение параметра от установочного значения.

Таблица 2

Виды измерений линейных величин

Измерение	Определение	Примеры измерения
Прямое	Измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных	Измерение глубины линейкой, глубиномера, штангенциркуля; диаметра вала - микрометром
Косвенное	Измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям	Измерение среднего диаметра методом трех проволок, устанавливаемых во впадины резьбы
Абсолютное	Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант	Измерение линейных размеров штангенциркулем, микрометром, глубиномером, на инструментальном микроскопе и т.д.
Относительное	Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение величины по отношению к одноименной величине,	Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером, настроенным по концевой мере; диаметра вала - рычажной скобой

Метод используют при проведении более точных измерений. Погрешность метода характеризуется в основном погрешностью используемой высокоточной меры.

Мера - средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Примерами используемых мер являются плоскопараллельные концевые меры и штриховые меры.

Метод сравнения с мерой при линейных измерениях реализуется в следующих разновидностях, среди которых различают:

- дифференциальный метод;
- метод совпадений.

Дифференциальный (нулевой) метод измерений - метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Так, диаметр отверстия измеряют индикаторным нутромером, предварительно настроенным на размер с помощью концевых мер длины. Наружные размеры измеряют рычажными и индикаторными скобами. Рычажные скобы имеют большую жесткость по сравнению с индикаторными и как следствие меньшую предельную погрешность измерения.

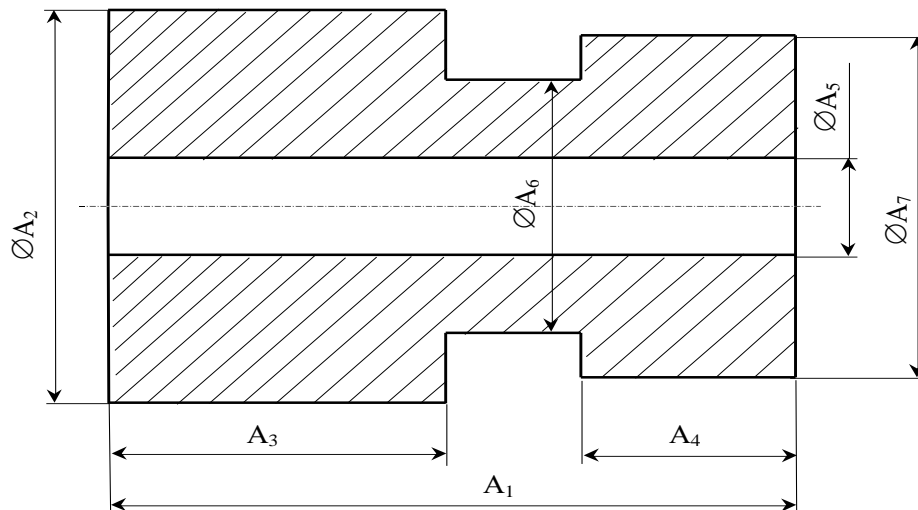
Метод совпадений - метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т. е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). К примеру, при измерении длины штангенциркулем наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса.

Если рассмотренные методы прямых измерений не позволяют решить измерительную задачу, прибегают к косвенным измерениям, что значительно расширяет диапазон измеряемых величин и возможности измерений.

4. Порядок выполнения работы

1. Освоить табличную методику выбора универсальных измерительных средств, которая рекомендуется для серийного, крупносерийного и массового производства.

- По чертежу детали (см. рисунок) с заданными контролируемыми размерами (табл.3) определить номинальный размер, качество, предельные отклонения элемента детали, используя ГОСТ 25347-81, ГОСТ 25346-81. Выбрать средства измерения для контроля параметров детали (штангенциркуль, микрометр, рычажная скоба, индикаторный нутромер) и указать их метрологические характеристики.
- Составить метрологическую карту (характеристика объекта измерения; метрологические характеристики выбранных СИ), (прил.1).
- Дать оценку пригодности выбранных средств измерения, сравнив величину наибольшей предельной погрешности средств измерения с предельной погрешностью измерения $\pm \Delta_{\text{lim CI}} \leq (0,6...0,8)\delta_{\text{изм}}$.
- Сделать соответствующие выводы по выбранным средствам измерения.



Чертеж детали

Таблица 3

Варианты заданий

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
1	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	40a11	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5H9	32h12	34h8
2	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	39,5h9	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5D10	32h12	34h8

3	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
4	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
5	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5D10	36h12	38u8
6	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40,5 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5J _S 10	36j _S 10	38u8
7	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5J _S 10	38h12	40h8
8	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5J _S 10	38h12	40h8
9	$170 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	26,5D10	40h12	42u8

5. Форма отчета

1. Наименование, цель работы и краткая теория.
2. Чертеж детали по заданному варианту.
3. Метрологическая карта.
4. Вывод о работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что является основой методик выбора средств измерений?
2. Что такое допускаемая погрешность измерения?
3. Как определяется предельная погрешность средств измерений?
4. Какие условия влияют на выбор средств измерения?
5. Какие факторы учитывают при выборе средств измерений линейных размеров?
6. Какие существуют виды средств измерений?
7. Какие методы прямых измерений вы знаете?
8. Какая величина является основополагающей при выборе средств измерений?
9. Как влияет допуск на обеспечение функциональной взаимозаменяемости?
10. Каков порядок действий при выборе средств для измерения линейных размеров?
11. Какие способы нанесения требований на линейные размеры в рабочих чертежах вы знаете?
12. Каким образом может быть уменьшена случайная составляющая погрешности измерения?

13. Какие нормативные документы используют при выборе средств измерений линейных размеров?
14. В чем заключается сущность дифференциального (нулевого) метода измерения линейных размеров?
15. Какие вы знаете метрологические характеристики средств измерений?

Лабораторная работа № 2

ПОВЕРКА МИКРОМЕТРА

Цель работы: изучить устройство и принцип действия микрометра; осуществить поверку микрометра.

1. Общие сведения

1.1. Устройство и принцип действия микрометра

Микрометр относится к классу микрометрических измерительных инструментов, принцип действия которых основан на использовании винтовой пары (винт - гайка), позволяющей преобразовать вращательное движение микровинта в поступательное.

Приборостроительная промышленность изготавливает микрометры в соответствии с требованиями ГОСТ 6507-90 с пределами измерений от 0 до 300 мм с интервалом 25 мм. При необходимости микрометры могут быть укомплектованы специальной стойкой с зажимом, позволяющей исключить дополнительную погрешность из-за нарушения температурных условий измерений.

Устройство микрометра изображено на рис.1.

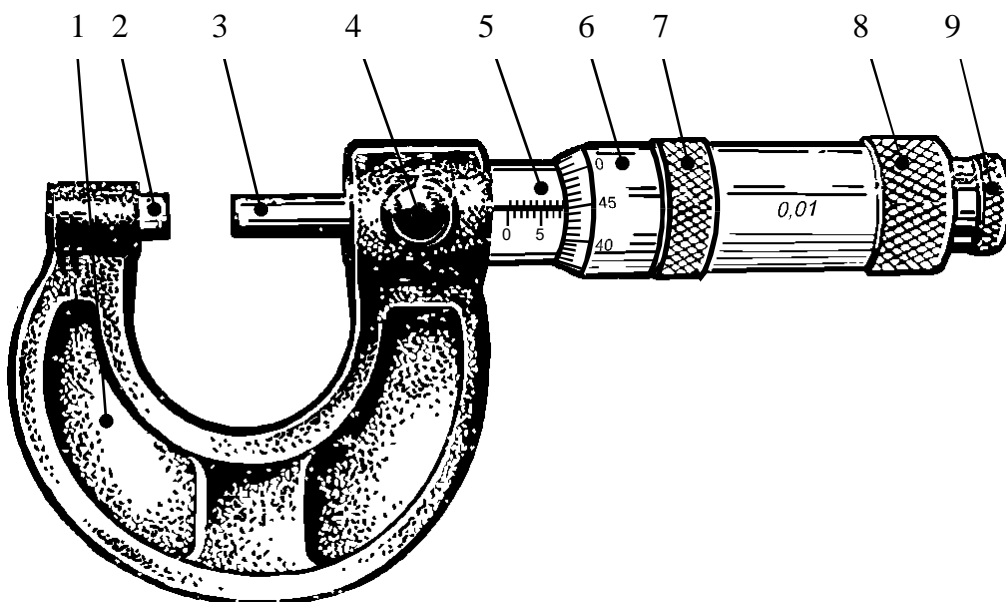


Рис.1. Устройство микрометра с диапазоном измерения от 0 до 25 мм

Основанием микрометра является скоба 1, а передаточным механизмом служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, расположенной в стебле 5. В скобу 1 запрессована пятка 2 и стембель 5. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан 6 присоединен к микровинту установочным колпачком 8. Вращение барабана осуществляется трещоткой 9 для создания постоянного калибровочного усилия, которое для микровинта равно $F = 7 \pm 2H$. Превышение измерительного усилия ограничивается трещоткой. Закрепляют микровинт в требуемом положении стопорным винтом 4. Накатной выступ 7 служит для удобства работы с микрометром.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал: продольной и круговой. Продольная шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и сдвинутых один относительно другого на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм, равной шагу микровинта. Круговая шкала имеет 50 делений (при шаге винта $S = 0,5$), нанесенных на торце барабана. По продольной шкале отсчитывают число целых миллиметров и 0,5 мм, по круговой - десятые и сотые доли миллиметра. Третий десятичный шаг отсчитывают приближенно, интерполируя цену деления шкалы барабана. Цена деления шкалы барабана равна отношению шага S к числу делений n на торце барабана

$$C = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01$$

Результат получают суммированием отсчетов по шкале стебля и отсчета по шкале барабана. Например, на рис.1 полный отсчет показания микрометра $L_M = L_{ст} + L_б = 8,45$ мм.

1.2. Установка микрометра

Микрометр устанавливается на нуль или соответствующее начальное показание шкалы 25 мм, 50 мм...и т.д. с помощью установочных мер в зависимости от интервалов измерений микрометра.

В положении плотного соприкосновения измерительных поверхностей микрометра и пятки закрепить стопор микровинта вращением винта стопора по часовой стрелке до прочного зажатия (рис.2). Разъединить барабан и микровинт, для чего охватить левой рукой барабан за накатной выступ, а правой установочный колпачок повернуть против часовой стрелки (на себя) до появления осевого люфта барабана на микровинте (рис.3). Совместить нулевой штрих шкалы барабана с

продольным штрихом шкалы стебля, для чего скобу микрометра охватить левой рукой, как показано на (рис.4), причем пальцами левой руки удерживать барабан в положении совпадения нулевых штрихов, а правой вращать установочный колпачок по часовой стрелке до полного закрепления барабана на микровинте. Освободить стопор микровинта, вращая его против часовой стрелки.

Проверить правильность выполненной установки микрометра, для этого отвести микровинт от пятки, вращая его за трещотку против часовой стрелки на 3 - 4 оборота и плавным движением подвести микровинт к пятке. В этом положении нулевой штрих шкалы барабана должен совпасть с продольным штрихом шкалы стебля, а срез барабана должен находиться над нулевым штрихом шкалы стебля.

Если установка с первого раза не удалась, то ее повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность совпадения нулевых штрихов.

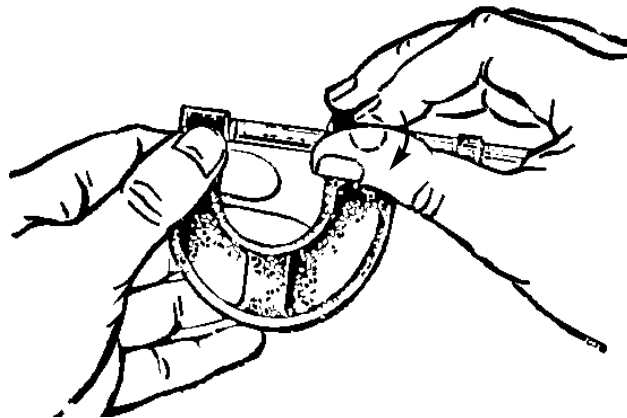


Рис.2. Закрепление винтового стопора гладкого микрометра

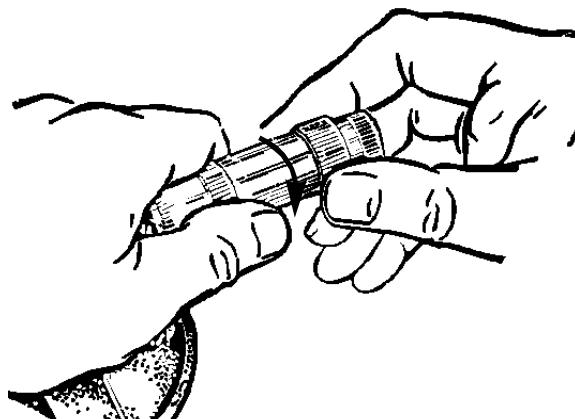


Рис.3. Освобождение барабана микрометра

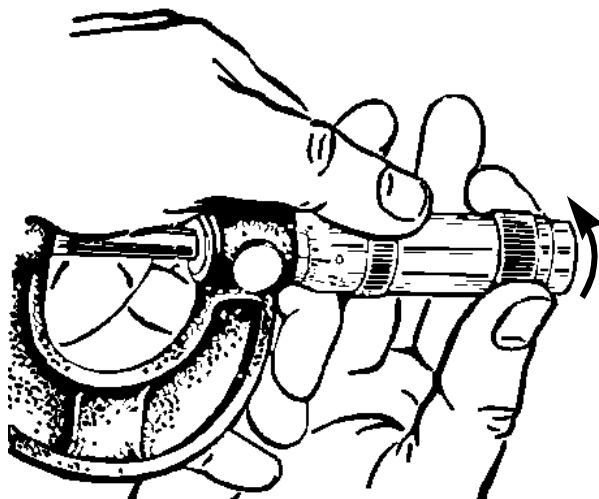


Рис.4. Закрепление барабана микрометра установочным колпачком

2. Методика поверки микрометра

Поверка - это совокупность действий, выполняемых для определения или оценки погрешностей средств измерений и установления их пригодности к применению.

2.1. Операции поверки

При проведении поверки микрометра должны быть выполнены следующие операции: внешний осмотр; опробование; определение (контроль) метрологических характеристик (определение погрешности шага и профиля микровинта; определение отклонения от параллельности и плоскостности измерительных поверхностей; погрешности расположения штрихов измерительных шкал; погрешности деформации скобы, возникающей под действием измерительного усилия и т.д.). Микрометры, находящиеся в эксплуатации, поверяются по погрешностям показаний и по отклонениям от параллельности измерительных плоскостей.

2.2. Условия поверки и подготовка к ней

На правильность поверки микрометров влияет температурный режим, при котором проводится поверка. Допустимые по ГОСТ 6507-90 отклонения температуры от 20 градусов при поверке микрометров приведены в табл.1.

Микрометр и установочные меры, подлежащие поверке, выдерживаются в помещении, где проводится поверка не менее 3 часов.

Таблица 1

Допустимые отклонения температуры от 20°C, °C

Пределы измерения микрометра, мм	До 150	Свыше 150 до 500	Свыше 500 до 600
При поверке микрометра	4	3	2
При поверке установочных мер	3	2	1

2.3. Проведение поверки

2.3.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие микрометра требованиям ГОСТ 6507-90 в части формы измерительных поверхностей микрометра и установочной меры, качества поверхностей, оцифровки и штрихов шкал, комплектности. Измерительные поверхности микрометра необходимо очистить от смазки.

2.3.2. Опробование

При опробовании проверяют плавность перемещения барабана микрометра вдоль стебля; отсутствие вращения микрометрического винта, закрепленного стопорным устройством, обеспечивающим измерительное усилие (при этом показания микрометра не должны изменяться); неизменность положения закрепленной пятки.

2.3.3. Определение метрологических характеристик

Определение погрешности показаний

Для этого назначаются размеры, по которым будет проведена поверка микрометра. Число поверяемых точек должно быть не менее шести, и располагаться они должны равномерно по шкале. Например, если микрометр имеет диапазон измерения от 0 до 25 мм, то в качестве поверяемых точек можно выбрать 0, 5, 10, 15, 20 и 25 мм.

Показания микрометра поверяются по каждому контролируемому размеру. Соответствующие размеры устанавливаются с помощью плоскопараллельных мер длины (плиток). Для получения более достоверных результатов измерений каждое измерение повторяют 10 раз. Среднее арифметическое значение повторных измерений снижает влияние случайных погрешностей измерений. Данные эксперимента заносят в табл.2.

Таблица 2

Результаты измерений погрешности показаний микрометра

Поверяемые точки шкалы	Отсчет по шкале микрометра					Среднее арифметическое значение результата измерения \bar{x}	Среднее квадратическое отклонение σ	Абсолютная погрешность микрометра Δx	Граница доверительного интервала $x_{1,2}$
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 10				
0									
5									
...									
25									

Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра

Отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра измеряются в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Разность размеров в двух противоположных точках будет характеризовать непараллельность рабочих плоскостей. Для измерения составляется блок концевых мер, равный примерно среднеарифметическому размеру между наибольшим и наименьшим размерами, измеряемыми микрометром. Например, для микрометра с пределами измерений 0 - 25 рекомендуется для проверки непараллельности брать размер 12...13 мм. При составлении блока концевых мер измерительные поверхности должны быть обезжирены, протерты с помощью замшевого материала и тщательно притерты друг к другу.

Измерение и отсчет аналогичны методу определения погрешности показаний микрометра, только касание измерительных поверхностей микрометра с блоком плиток ограничивается сегментом высотой приблизительно 1/4 диаметра микрометра. Схема расположения концевой меры при проверке микрометра с измерительной поверхностью микроинтента представлена на рис.5. Для повышения точности отсчета показаний следует пользоваться увеличительным стеклом, позволяющим определить значение с погрешностью до 25 % от цены деления шкалы. Результаты измерений и расчетов оформляются в соответствии с табл.3.

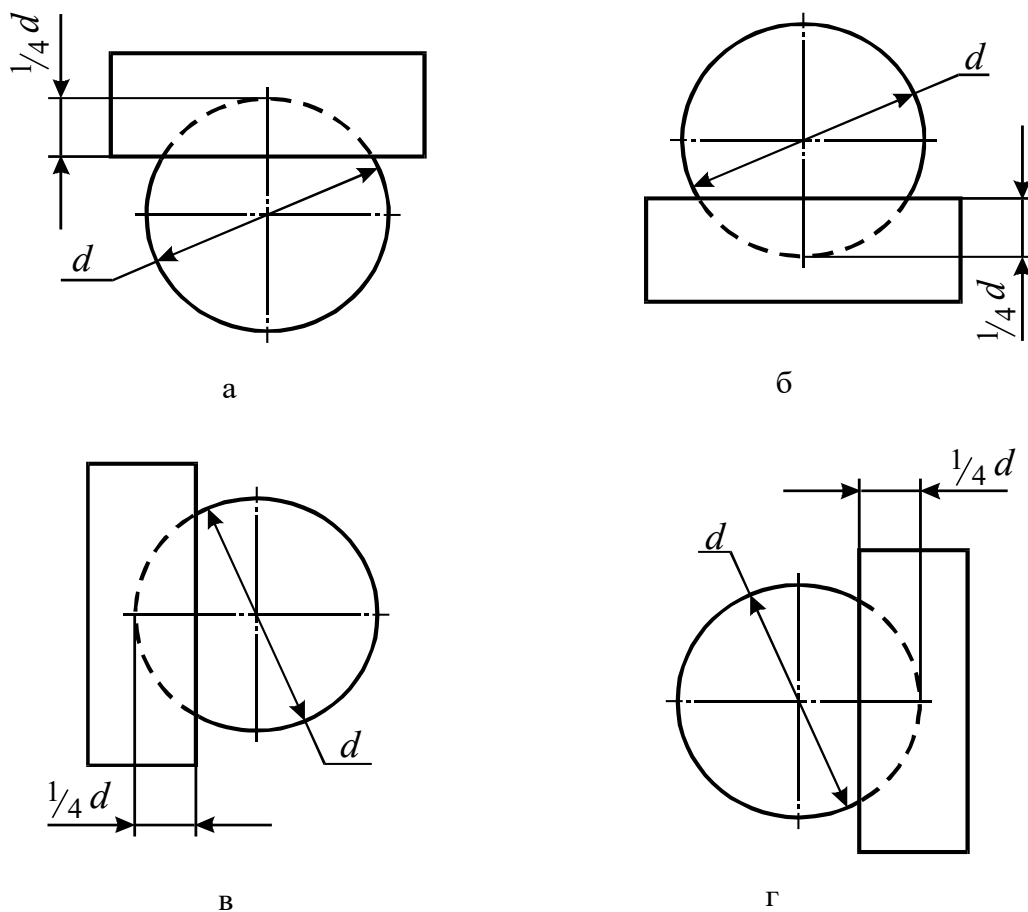


Рис.5. Касание измерительной поверхности микровинта с концевой мерой при проверке микрометра:
а - сверху; б - снизу; в - спереди; г - сзади

Таблица 3

Результаты измерений отклонения от параллельности измерительных поверхностей

Положение измерений	Показания микрометра					Среднее арифметическое значение результата измерения \bar{x}	Среднее квадратическое отклонение σ	Абсолютная погрешность микрометра Δx	Граница доверительного интервала $\times_{1,2}$
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 10				
а									
б									
в									
г									

3. Обработка результатов измерений

Пользуясь статистическими методами обработки результатов, определим погрешности измерения для каждой исследуемой точки шкалы следующим образом:

а) вычисляется среднее арифметическое значение измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где n - число измерений; x_i - значение каждого измерения (случайная величина);

б) вычисляется среднее квадратическое отклонение

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

в) выбирается уровень надежности (доверительная вероятность) результатов измерений: $P=0,90$; $P=0,95$; $P=0,99$. По табл.4 находим коэффициент Стьюдента $t_p(n)$ для выбранной вероятности P и числа измерений n ;

Таблица 4

Значения коэффициента $t_p(n)$ для выбранной вероятности P и числа измерений n

Число измерений	При доверительной вероятности		
	0,90	0,95	0,99
5	2,13	2,77	4,60
6	2,02	2,57	4,03
7	1,94	2,45	3,71
8	1,89	2,36	3,50
9	1,86	2,31	3,36
10	1,83	2,26	3,25
11	1,81	2,23	3,17
12	1,80	2,20	3,11
13	1,78	2,18	3,06

14	1,77	2,16	2,98
15	1,76	2,14	2,95

г) рассчитываются предельные значения абсолютных погрешностей измерений

$$\Delta x = t_p(n) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

и определяются границы доверительного интервала

$$x_{1,2} = \bar{x} \pm \Delta x$$

Значения вычисленных величин заносятся в табл. 2 и 3. Математическая обработка результатов измерений может быть произведена на компьютере с помощью прикладной программы «Metrolog». При работе с этой программой пользователю предоставляется возможность выбора требуемого исследования микрометра на точность шкалы или на параллельность. В процессе работы с программой учитывается:

- количество измерений;
- количество поверяемых точек шкалы.

Для дальнейшей работы с программой дополнительно выдается руководство пользователя.

4. Заключение о годности микрометра

Микрометр считается годным для работы, если ни одно отклонение не превышает допустимых по ГОСТ 6507-90. Допустимые погрешности микрометра даны в табл.5.

Таблица 5

Допустимые погрешности микрометра по ГОСТ 6507-90

Верхний предел измерений, мм	Допустимая погрешность микрометра, мкм	Допустимая непараллельность измерительных поверхностей, мкм
5,10,25	±4	2
50	±4	2,5
75,100	±4	3
125,150	±5	4

175,200	± 5	4
225,250,300	± 5	6

Если отклонение превышает допустимое, но имеет один знак, микрометр следует настроить, и заключение давать с учетом перенастройки. Если настройкой добиться показаний микрометра в пределах допустимых отклонений не удастся, микрометр подлежит браковке.

Если отклонения от параллельности измерительных поверхностей превышают допустимые по ГОСТ 6507-90, а погрешности показаний микрометра удовлетворяют требованиям ГОСТ 6507-90 или этим требованиям не может удовлетворять после перенастройки, следует дать заключение, что требуется исправление (доводка) измерительных поверхностей.

Таким образом, сравнивая результаты эксперимента с нормами допустимых отклонений по ГОСТ 6507-90, дается заключение о годности микрометра.

5. Форма отчета

1. Наименование, цель работы и краткая теория (рис.1).
2. Сводные таблицы по результатам измерения, расчетные формулы.
3. Выводы о работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «поверка» средств измерения?
2. Чем вызвана необходимость периодической поверки средств измерения?
3. На чем основан принцип работы микрометра?
4. Из каких основных частей состоит микрометр?
5. Какие шкалы используются в микрометре? Как устроено отсчетное устройство микрометра?
6. Как определяется цена деления шкалы?
7. Какое значение имеет температура при поверке микрометра?
8. Как будет деформироваться скоба микрометра при возрастании температуры?
9. Как осуществляется поверка микрометра?

10. Что является результатом поверки?
11. Какому ГОСТу должен удовлетворять исследуемый микрометр?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: изучить методы обработки результатов измерений действительных размеров деталей с применением методов математической статистики.

1. Объект и средства измерений

Объектом исследования являются 35 валов и втулок диаметром 40 мм.

В качестве средств измерения используются:

- стойка типа С-III с круглым столиком;
- первичный индуктивный преобразователь модели 214 в сочетании с аналого-цифровым преобразователем L 305 и IBM PC (возможно использование скобы рычажной);
- цифровой штангенциркуль ШЦ-01 (возможно использование нутромера с многооборотным индикатором типа 2МИГ).

2. Общие сведения

2.1. Систематические и случайные погрешности

В процессе изготовления большого количества деталей имеет место рассеивание их действительных размеров, определяемое измерением. Причинами являются несовершенство оборудования, оснастки, режущего и измерительного инструмента, колебание режимов резания, ошибки оператора и т.д. В результате действительный размер изготовленной детали, полученный измерением, является случайной величиной.

Все погрешности можно разбить на систематические, случайные и грубые ошибки (промахи).

Систематические погрешности постоянны по величине и знаку или изменяются по определенному закону в зависимости от характера неслучайных факторов, их вызвавших.

Постоянные систематические погрешности являются следствием неточной настройки оборудования, измерительных приборов или условий измерения (изменения температуры от нормальной, деформаций от действия усилий, погрешность схемы измерительного прибора).

Переменные систематические погрешности являются, например, следствием износа режущего инструмента, изменения во времени нормальной температуры, радиального биения и т.п. Во многих случаях

систематические погрешности могут быть сведены к нулю за счет тщательной организации и планирования измерений.

Случайные погрешности не постоянны по величине и знаку, они непредсказуемы, но на основании предыдущих данных с помощью теории вероятности и математической статистики можно оценить пределы, в которых изменяется значение случайной суммарной погрешности.

Причинами случайных погрешностей могут быть:

- непостоянство припуска на механическую обработку,
- изменение механических свойств материала,
- погрешности базирования при установке деталей для измерения.

В результате случайных погрешностей однотипные детали имеют в одном и том же сечении отклонения формы и шероховатости поверхностей.

Грубые ошибки не влияют на процесс изготовления деталей. Их можно исключить точной настройкой станка, устранением ошибок измерения путем правильной обработки результатов измерения. Поэтому в данной лабораторной работе они не рассматриваются.

2.2. Основные понятия о вероятности

Обработку результатов измерений часто проводят с применением методов теории вероятностей. Отношение числа n случаев появления события A к числу N произведенных испытаний, при котором это событие могло появиться, называют частотой W события A .

Если число измерений N достаточно большое, то частота появления события становится устойчивой и значение $W(A)$ будет колебаться около некоторого постоянного числа.

Это число является вероятностью P появления события A :

$$P(A) \approx W(A) = \frac{n}{N} .$$

2.3. Законы распределения случайной величины

Случайная величина при измерении характеризуется законом распределения (функцией плотности вероятности).

Плотность распределения вероятности $P(X)$ является пределом отношения приращения вероятности попадания случайной величины X в некоторый интервал к величине этого интервала при его неограниченном уменьшении.

Характеристиками случайных величин являются также математическое ожидание (или центр распределения) a и дисперсия D . Величина a характеризует среднее значение, а D – разброс случайного значения.

Величину $\sigma = \sqrt{D}$ называют средним квадратичным отклонением (СКО).

Из числа теоретических законов распределения эмпирических законов распределения случайной величины наиболее часто встречается закон нормального распределения (закон Гаусса).

Известно, что данному закону подчиняются случайные величины, на которые оказывает влияние большое число факторов, причем ни один из них не является доминирующим и играет малую роль в общей

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

совокупности.

Кривые нормального распределения описываются уравнением

где $P(X)$ – плотность распределения вероятности;

a – центр распределения;

σ – среднее квадратическое отклонение;

X – аргумент функции плотности вероятности.

Размеры множества деталей, получаемых путем обработки на предварительно настроенных станках, хорошо согласуются с законом Гаусса.

$$\bar{X} = \frac{X_1 n_1 + X_2 n_2 + \dots + X_k n_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \sum_{i=1}^k X_i \frac{n_i}{N},$$

На практике мы имеем дело с конечным числом деталей в партии. Поэтому для математической обработки результатов измерений используют приближенные значения a и σ . Причем $a \approx \bar{X}$ рассчитывается

$$\bar{S}_x = \sqrt{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \frac{n_i}{N}},$$

по формуле

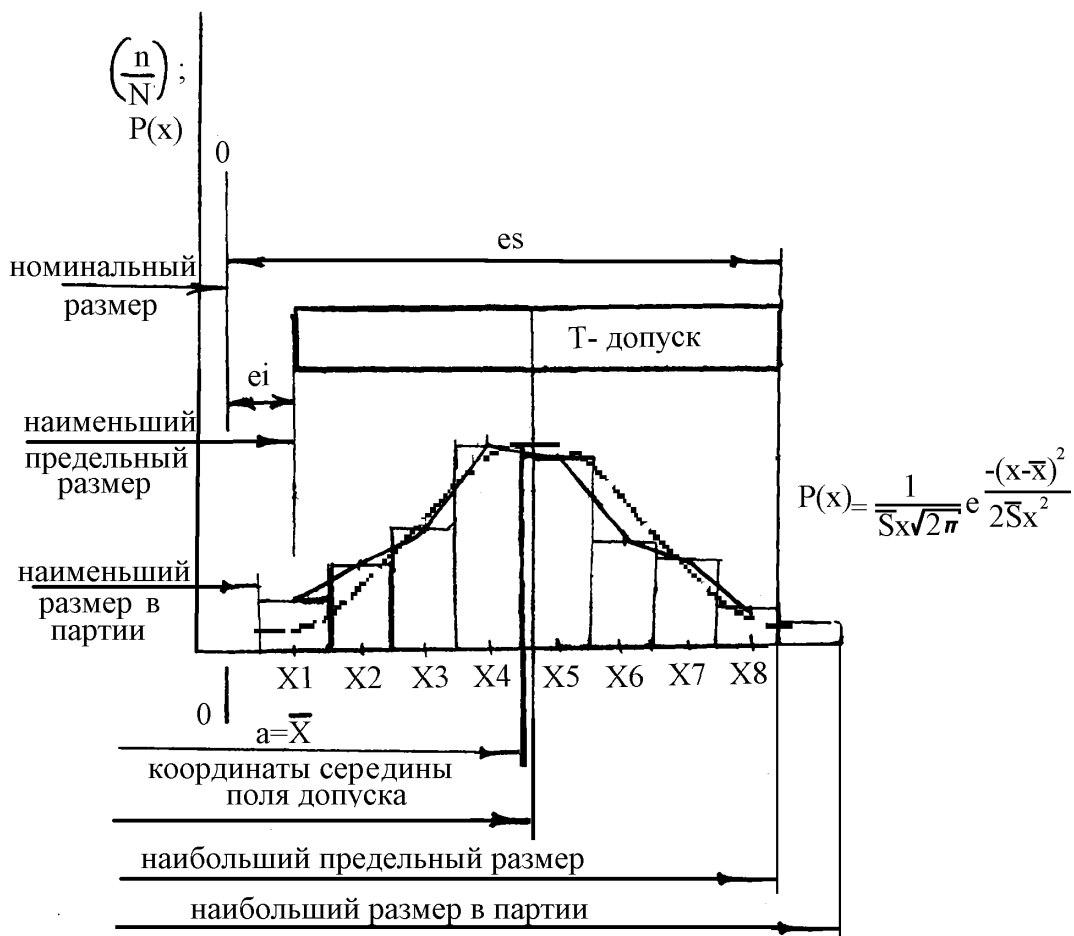
а среднее значение объема выборки как

где k – число равных интервалов, на которые разбита вся зона изменения действительных размеров в партии (рекомендуется принимать $k = 8 \dots 15$);

x_i – значение, соответствующее середине i -го интервала;
 N – число измерений.

Полученное путем измерения значение $\overline{S_x}$ позволяет определить наибольшее рассеивание размеров.

Для закона нормального распределения граница поля рассеивания $\pm 3\overline{S_x}$ 99,73% деталей лежит в пределах . С уменьшением полученного значения $\overline{S_x}$ действительная точность изготовления детали



возрастает.

Характер рассеивания случайной величины можно представить в виде гистограммы, состоящей из прямоугольников (см. рисунок). Через их

центры можно провести экспериментальную кривую, которую называют полигоном распределения. По оси абсцисс откладываются интервалы действительных размеров в миллиметрах, а по оси ординат – высоты прямоугольников, величины которых пропорциональны отношению n/N .

3. Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя партию из 35 – 40 сопряжений вал – втулка и измерить диаметры валов с помощью индуктивного преобразователя модели 214, АЦП L305 и компьютера, а втулок – нутромером. Измерение проводить в двух взаимно перпендикулярных осевых плоскостях с точностью половины цены деления прибора. Результаты измерений занести в таблицу, расположив их в возрастающем порядке.
2. Определить величину зоны рассеивания результатов измерений диаметров валов и втулок (разность между наибольшим и наименьшим измерениями).
3. Разделить зону рассеивания результатов на 8 интервалов и записать в таблицу границы интервалов, их середину и количество размеров деталей, входящих в каждый интервал.

Результаты измерений и их математическая обработка

Номер интервалов рассеивания	Границы интервалов зоны рассеивания		Середина интервала X_i , мм	Частота проявления n_i	Частота n_i/N	Отклонение от ср. значения $X_i - \bar{X}$
	Свыше	До / включ.				
В А Л Ы	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
В Т У Л	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

К И	6						
	7						
	8						

4. Вычислить частоту попадания размеров каждого интервала.
5. Построить гистограмму распределения действительных размеров в партии (см. рисунок), откладывая по оси ординат n/N значения, а по оси абсцисс – интервалы, на которые разбита зона рассеивания размеров валов. Аналогичные построения выполнить для втулок.
6. Построить эмпирические кривые распределения, приняв за экспериментальные точки, соответствующие середине интервалов x_i .
7. Провести обработку результатов измерений с помощью \bar{X} компьютера. Вычислить эмпирические средние размеры вала и втулки, эмпирические дисперсии σ и эмпирические средние \bar{S}_x квадратические отклонения .
8. Построить график зависимостей

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

для валов и втулок, считая, что $a \approx \bar{X}, \sigma \approx S_x, \sigma^2 = S^2$.

9. Приняв целую часть наименьшего из действительных размеров за номинальный и считая, что величина 6σ равна допуску на изготовление детали по табл. 6 ГОСТ 25346-82, определить качество и выписать величину стандартного допуска каждой из деталей сопряжения.
10. Дать графическое изображение полей допусков посадки сопряжения с заключением о виде посадки.

4. Форма отчета

1. Наименование работы, цель, краткая теория.
2. Таблица результатов измерений и их математическая обработка.
3. График рассеивания случайной величины.
4. Выводы.

5. Контрольные вопросы

1. Как классифицируются погрешности?
2. Каким образом записывается уравнение нормального закона распределения случайных погрешностей?

3. Что заложено в понятие гистограммы и полигона распределения случайной величины?
4. Какие объекты и средства измерений используются в данной лабораторной работе?

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ И РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА

Цель работы: изучить теоретические и экспериментальные методы определения длины общей нормали и радиального биения зубчатого венца с помощью нормалемера, прибора для автоматизированного контроля зубчатых колес ЗИП - 1 и компьютерной системы обработки информации.

1. Краткая теория и расчетные зависимости

Общей нормалью называют прямую, соединяющую точки касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными касательными к ним плоскостями.

Средняя длина общей нормали определяется как отношение среднего арифметического из всех действительных длин общей нормали W_i по зубчатому колесу к числу измерений n (рис. 1).

$$W_m = (W_1 + W_2 + \dots + W_n) / n$$

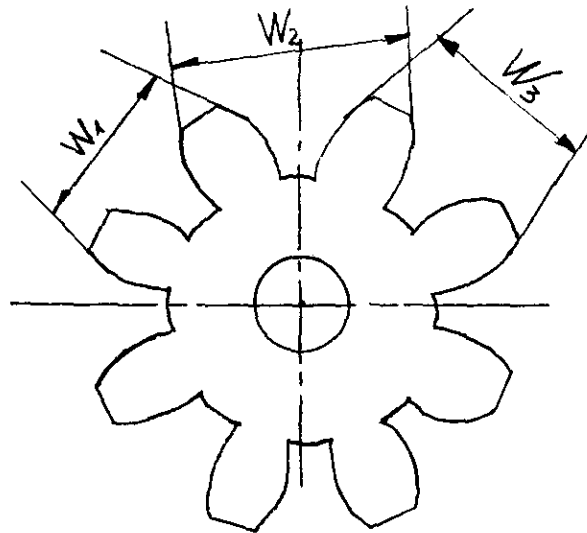


Рис. 1. Схема измерений длины общей нормали

Для того чтобы губки нормалемера касались в обоих случаях эвольвентных участков профилей, необходимо брать некоторые определенные значения Z_n зубьев в охватываемой группе в зависимости от числа зубьев Z (табл. 1):

Таблица 1

Зависимость охватываемых зубьев в группе от их общего числа

Z	12-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72	73-81
Z_n	2	3	4	5	6	7	8	9

Теоретически длина общей нормали для прямозубых колес может быть определена как

$$W = m \cdot \cos \alpha [\pi (Z_n - 0,5) + 2x \cdot \operatorname{tg} \alpha + Z \cdot \operatorname{inv} \alpha],$$

где Z - число зубьев колеса;

x - коэффициент смещения исходного контура ($x=0$);

Z_n - число зубьев, захватываемых при измерении;

α - угол зацепления (при стандартном угле зацепления 20° $\cos \alpha = 0,939693$, $\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904$).

Годность прямозубого некорректированного колеса по боковому зазору может быть установлена в соответствии с ГОСТ1643-81 по наименьшему отклонению длины общей нормали ($-E_{wms}$) и допуску на среднюю длину общей нормали T_{wm} .

Пример: имеется зубчатое колесо внешнего зацепления 8-В ГОСТ 1643-81 с делительным диаметром $d=75$ мм и модулем $m=3$ мм. По табл. 16

ГОСТ 1643-81 находим слагаемое I $(-E_{wms})=100$ мкм (для вида сопряжения В, 8-й степени точности и $d=75$ мм).

Слагаемое II $(-E_{wms})$ находим по табл. 17. При $F_r=45$ мкм – по табл. 6 ГОСТ 1643-81 для 8-й степени точности и $d=75$ мм, оно равно 11 мкм. Следовательно, $(-E_{wms})=(100+11)= -111$ мкм.

По табл.18 ГОСТ 1643-81 находим допуск на среднюю длину общей нормали. Для сопряжения В и вида допуска (в) при $F_r=45$ мкм допуск на длину общей нормали $T_{wm}=70$ мкм. Откуда нижнее отклонение длины общей нормали равно $-111-70= -181$ мкм.

Длина общей нормали годного колеса $W_r = W_{-0,181}^{-0,111}$.

2. Порядок выполнения работы

а) измерение колебания длины общей нормали.

1. Получить у преподавателя исследуемое зубчатое колесо и нормалемер.

2. По формуле $m = \frac{d_a}{Z+2}$ определить модуль m зацепления при измеренном диаметре вершин зубьев d_a и числе зубьев Z .
3. Определить число групп зубьев Z_n , составляющих длину общей нормали, по табл. 1 или по формуле $Z_n=0,111Z+0,5$.
4. Измерить длину общей нормали по всем группам зубьев. Результаты занести в табл. 2.

Таблица 2

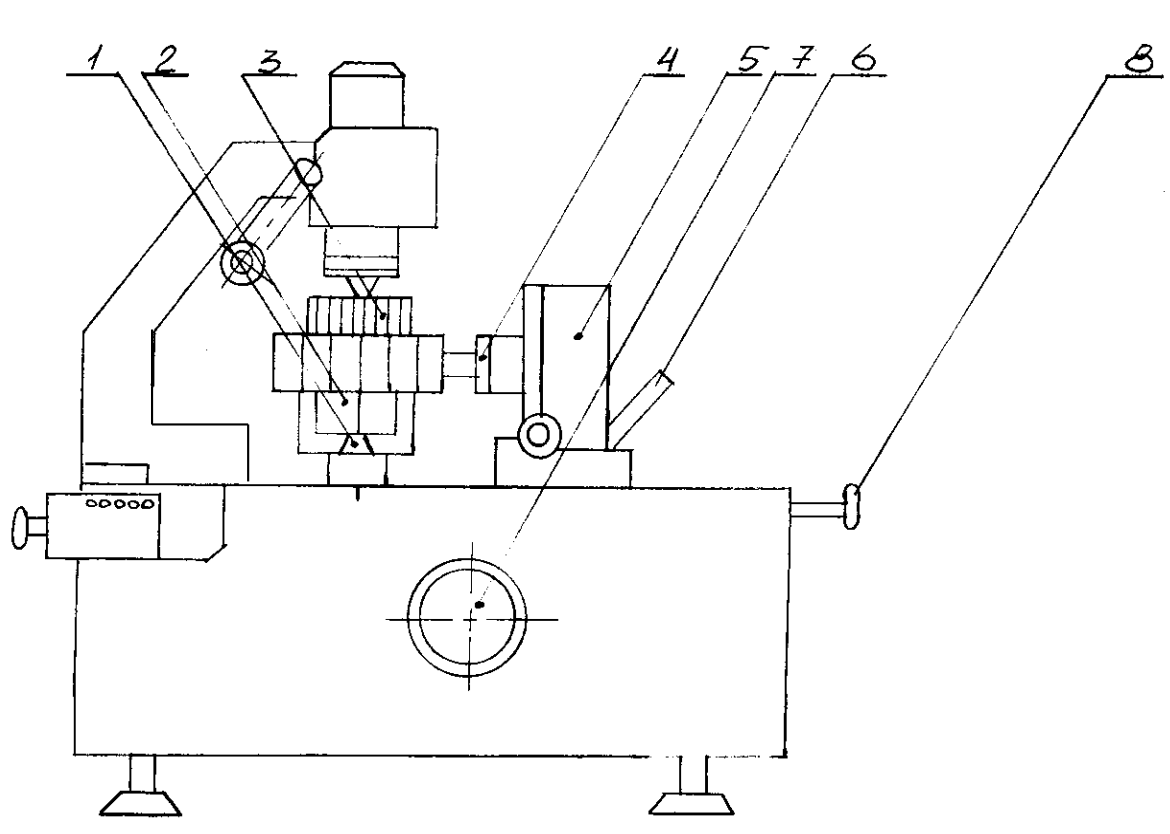
Результаты измерения длины общей нормали

Номер группы	1	2	3	...	Z
Длина общей нормали в группе W_i					
Средняя длина общей нормали W_m					

5. Рассчитать теоретическую длину общей нормали W по вышеприведенной формуле.
6. В соответствии с примером, указанным выше для степени точности колеса 8В ГОСТ 1643-81, сделать заключение о его годности по длине общей нормали.

б) измерение радиального биения зубчатого венца

Контроль радиального биения F_r осуществляется с помощью прибора ЗИП-1, устройство которого представлено на рис.2.



Ри

с.2. Общий вид и схема измерений на приборе ЗИП - 1

Работа на данном приборе начинается с установки контролируемого колеса 3 на оправку 2, которая располагается между центрами 1. В штوك наладки 4, сопряженной с вертикальной стойкой 5 устанавливается измерительный наконечник, соответствующий модулю контролируемого колеса. С помощью преподавателя отрегулировать поворот измеряемого колеса на один угловой шаг, а также ввод измерительного наконечника, его поджим и запас хода по впадине зуба колеса. Зафиксировать суппорт от перемещения рычагом 7. Рукоятки 6 и 8 служат для ручной настройки прибора.

Включить компьютер и вызвать управляющую программу для платы АЦП L-305. Включить прибор ЗИП-1 и измерить радиальное биение. Результаты измерения будут представлены в виде графика на рис.3, который следует снять на миллиметровую бумагу с экрана монитора.

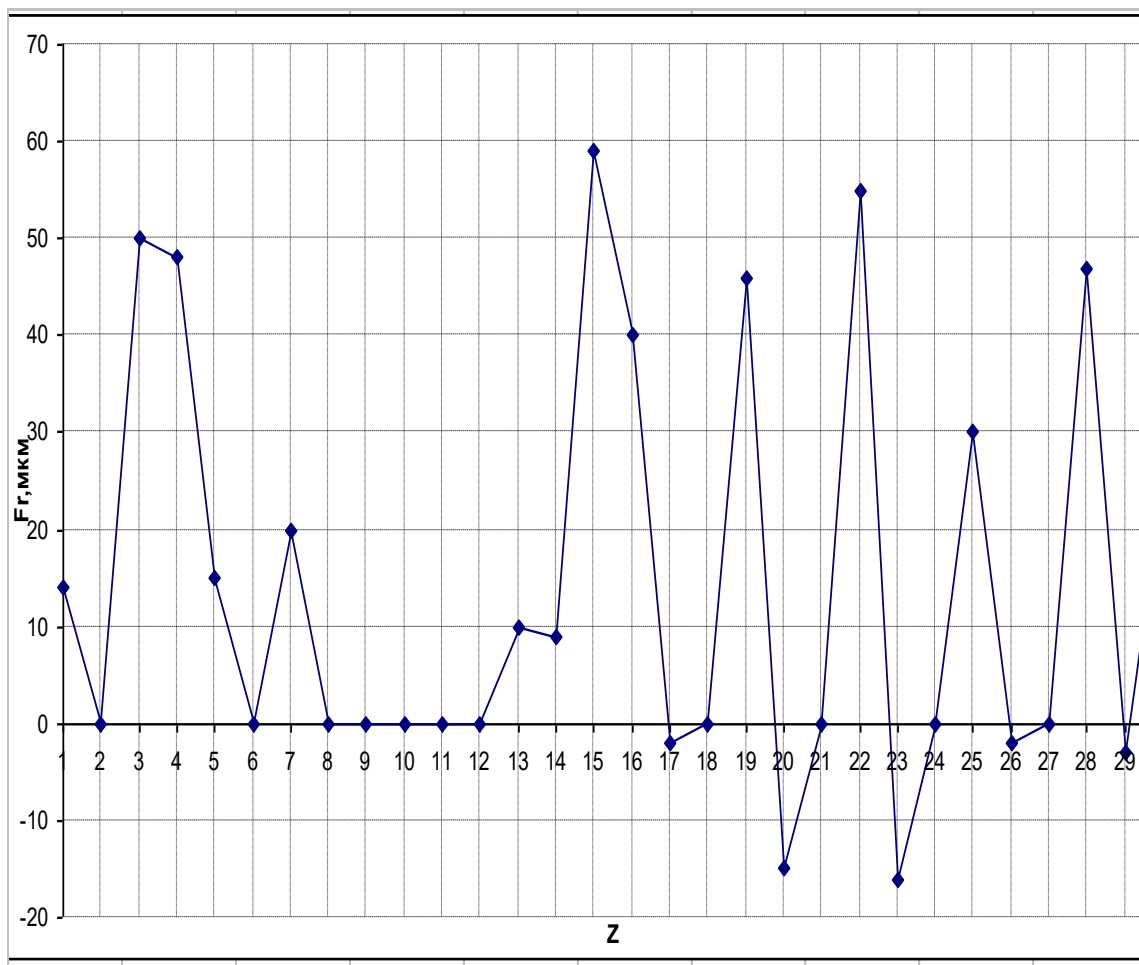


Рис.3. График зависимости радиального биения от числа зубьев

3. Форма отчета

1. Наименование работы, цель, краткая теория, рис.1 и 2.
2. Расчет теоретической длины общей нормали. Результаты измерения длины общей нормали. Заключение о годности колеса по степени точности 8-В.
3. График зависимости радиального биения от числа зубьев.
4. Выводы.

4. Контрольные вопросы

1. По какой методике проводится определение длины общей нормали?
2. Какими средствами измерений можно определить длину общей нормали?
3. Каковы методика определения и блок-схема измерительной системы радиального биения зубчатого венца?

4. Объяснить физические величины, входящие в расчетные формулы, содержащиеся в данной лабораторной работе.

Лабораторная работа № 5

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Излагается методика измерения размеров цилиндрических деталей с помощью различных универсальных измерительных средств и оценки годности данной детали в соответствии с заданными требованиями по чертежу.

Цель работы - приобрести первичные практические навыки в выполнении измерений с помощью различных универсальных измерительных средств,
- приобрести навыки в оценке годности детали по линейным размерам,

I. Перечень вопросов, требующих изучения для выполнения работы

1. Знать:
 - определения номинального, действительного, предельного размеров, отклонений размеров, допуска и поля допуска на размер;
 - основного отклонения и качества точности.
 - обозначение предельных размеров на чертежах.
 - методику выбора универсальных измерительных средств в зависимости от точности изделий (работа №1).

2. Содержание работы

1. Освоить методику выбора универсальных измерительных средств в зависимости от точности изготовления деталей (лаб. работа №1).
2. Ознакомиться с конструкцией и работой простейших универсальных измерительных средств (штангенинструмента, микрометра, индикаторного нутромера, рычажной скобы).
3. Подготовить таблицу для фиксирования результатов работы (табл.1).
4. В соответствии со своим вариантом выполненной лабораторной работы №1 заполнить 1-6 столбцы таблицы 1.

Таблица 1

Условное обозначение размера	Предельные размеры по чертежу		Наименование измерительного средства	Метрологические характеристики измерительного средства		Результаты измерения, мм						Заключение о годности
	max	min		Цена деления	Погреш. измерения	Сечения						
						1-1		2-2		3-3		
	Направления						I-I	II-II	I-I	II-II	I-I	
1	2	3	4	5	6	7						8

4. С помощью выбранных универсальных измерительных средств определить действительные размеры проверяемой детали, результаты занести в столбцы 7-12 таблицы 1 и дать заключение о ее годности.

В качестве объекта измерения предусмотрена деталь (рис. 1) с заданными размерами (табл.2) в соответствии с вариантом лабораторной работы №1.

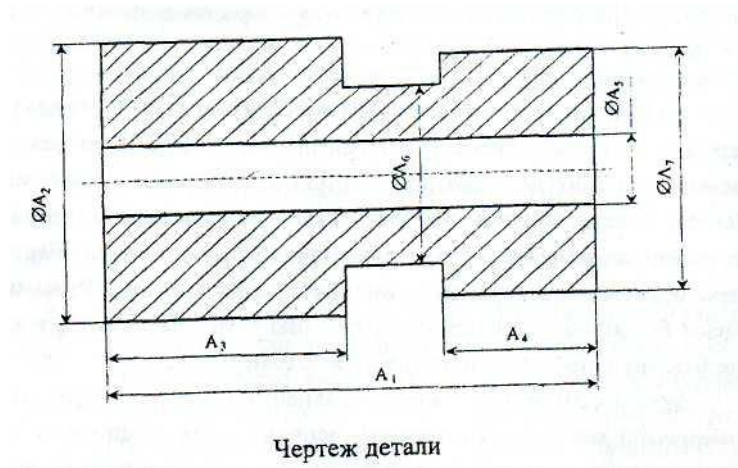


Таблица 2.

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
1	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	40a11	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5H9	32h12	34h8
2	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	39,5h9	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5D10	32h12	34h8
3	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
4	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8

5	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5D10	36h12	38u8
6	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40,5 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5Js10	36js10	38u8
7	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
8	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
9	$170 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	26,5D10	40h12	42u8

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с объектом измерения и измерительными приборами на рабочем месте. Установить предельные размеры согласно чертежу, записать их в табл.1 и представить схемы расположения полей допусков. Выбрать для контроля соответствующие универсальные измерительные средства и указать их метрологические характеристики.

2. Краткие сведения об универсальных измерительных средствах и работе с ними.

Штангенциркуль – предназначен для измерения линейных размеров, внешних и внутренних диаметров.

Штангенциркуль (рис.2) состоит из штанги 2, выполненной из одного с неподвижными губками 1 и 8, рамки 4 с подвижными губками 3 и 7 – используется для измерений наружных и внутренних линейных размеров. На штанге нанесена основная миллиметровая шкала 5 с делениями, а на скосе рамки - дополнительная шкала 6 (нониус).

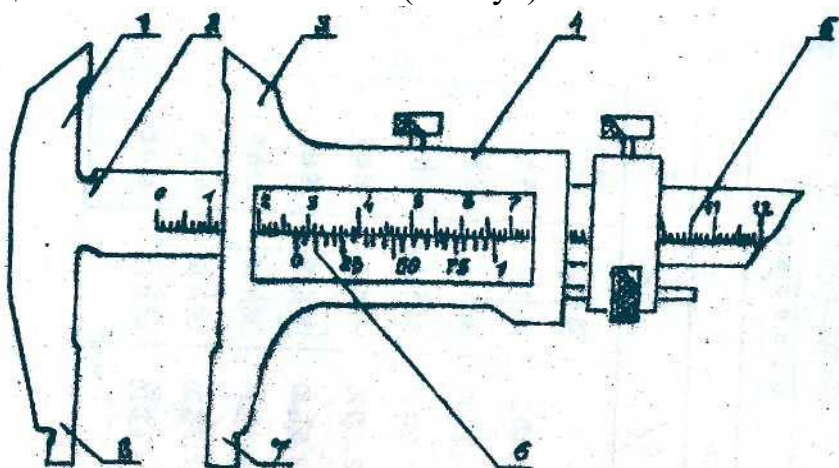


Рис.2. Конструкция штангенциркуля.

Отсчетное приспособление а виде дополнительной шкалы - нониуса позволяет определять дробные доли деления основной шкалы. При

сведенных губках нулевой штрих шкалы нониуса также совпадает со штрихом основной шкалы, определяющим длину шкалы нониуса.

При измерении шкала нониуса, как правило, смещается относительно основной шкалы. Если нулевой штрих нониуса располагается между штрихами основной шкалы, то следующие за ними штрихи нониуса также занимают промежуточные положения между штрихами основной шкалы. В этом случае отсчёт измеряемой величины A по шкале с нониусом складывается из отсчета полных значений N по основной шкале и отсчета дробной части делений по шкале нониуса, т.е.

$$A = N + KC$$

где K - порядковый номер штриха нониуса, совпадавший со штрихом основной шкалы;

C - цена деления нониуса.

Например, при $C = 0,1$ мм нулевой штрих нониуса находится между двадцатым и двадцать первой штрихом основной шкалы, совпадает пятый штрих нониуса, отсчет будет составлять $20 + 0,1 \times 5 = 20,5$ мм.

Штангенциркули выпускаются с ценой деления 0,1; 0,05; 0,02 мм.

С помощью выбранного штангенциркуля произвести 6 измерений контролируемого параметра в разных сечениях и направлениях, в соответствии с рис.3.

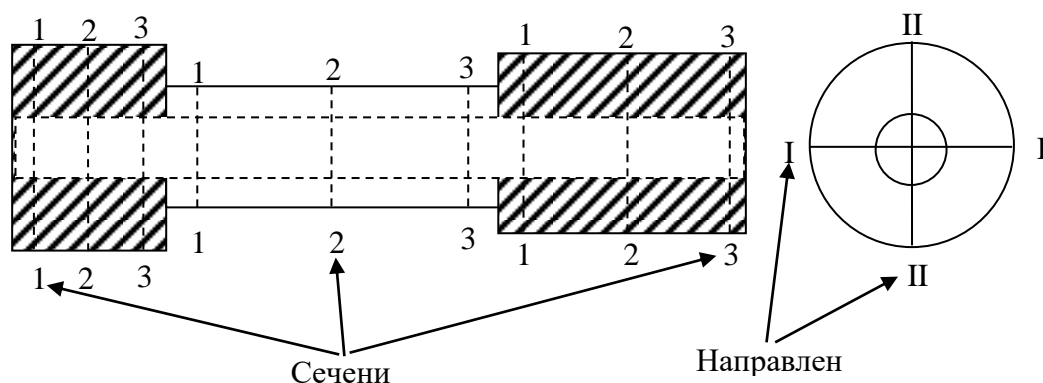


Рис.3. Схема измерения размеров детали

Микрометр – предназначен для измерения внешних диаметров.

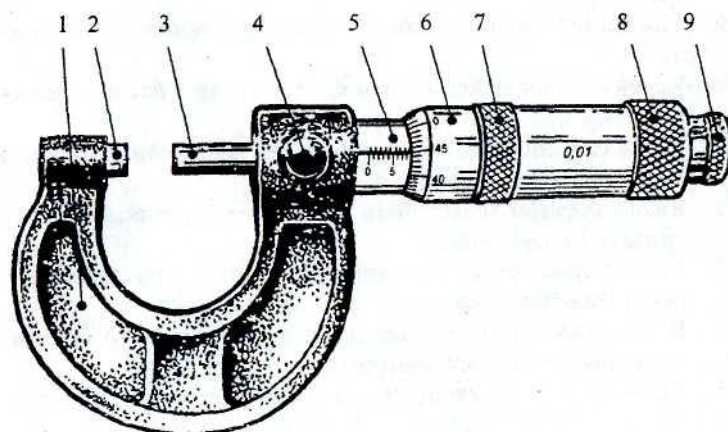


Рис.4. Микрометр

Основанием микрометра является скоба 1, а передаточным механизмом служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта 3 и микрометрической гайки, расположенной в стебле 5. В скобу 1 запрессована пятка 2 и стебель 5. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан 6 присоединен к микровинту установочным колпачком 8. Вращение барабана осуществляется трещоткой 9 для создания постоянного калибровочного усилия, которое для микровинта равно $F = 7 \pm 2\text{Н}$. Превышение измерительного усилия ограничивается трещоткой. Закрепляют микровинт в требуемом положении стопорным винтом 4. Накатной выступ 7 служит для удобства работы с микрометром.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал:

- продольной и
- круговой.

Продольная (грубого отсчета) шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и сдвинутых один относительно другого на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм, равной шагу микровинта.

Круговая (точного отсчета) шкала имеет 50 делений (при шаге винта $S = 0,5$), нанесенных на торце барабана.

По продольной шкале отсчитывают число целых миллиметров и 0,5 мм, по круговой - десятые и сотые доли миллиметра. Третий десятичный шаг отсчитывают приближенно, интерполируя цену деления шкалы барабана с точностью до десятых долей деления (микрометров). Цена деления шкалы барабана равна отношению шага S к числу делений n на торце барабана

$$C = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01.$$

Результат получают суммированием отсчетов по шкале стебля и отсчета по шкале барабана.

Например, на рис.4 полный отсчет показания микрометра

$$L_m = L_{ст} + L_б = 8,45 \text{ мм.}$$

Перед началом измерений с помощью концевых мер необходимо произвести установку (проверку) нуля (начала шкалы) микрометра.

В соответствии с выводами лабораторной работы №1 (для своего варианта) произвести измерения соответствующих параметров (внешних диаметров) детали в трех равноотстоящих сечениях и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис.3). Результаты занести в 7-12 столбцы таблицы 1.

Рычажная скоба – предназначена для измерения внешних диаметров.

Рычажная скоба (рис.5) относится к группе измерительных инструментов с рычажно-зубчатой передачей. При измерении чувствительная пятая I, перемещаясь, действует на рычаг 2 и зубчатым сектором 3 вызывает поворот колеса и стрелки 4, укрепленной неподвижно на его оси.

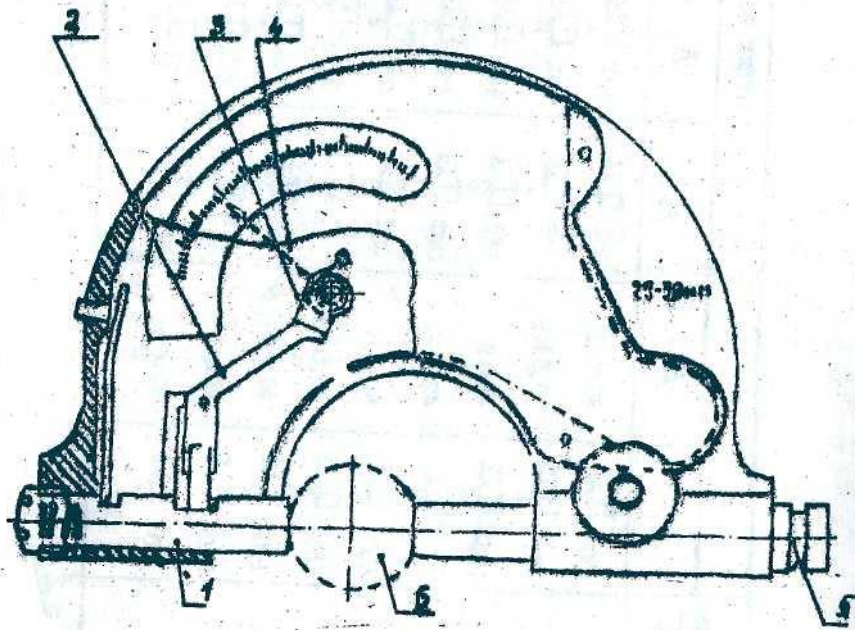


Рис.5. Скоба рычажная

Цена деления рычажной скобы – 0,002 мм. Размер контролируемой детали определяют относительным методом. Для этого размер детали необходимо предварительно измерить штангенциркулем и полученный размер принять за номинальный. По номинальному размеру набирается блок плоскопараллельных концевых мер длины. По собранному блоку настраивается скоба на определенный (номинальный) размер. Для чего

блок помещается между измерительной пятой 1 и винтом настройки 5 и, вращая винт настройки 5 в сторону уменьшения расстояния между измерительной пятой и винтом настройки, добиваются, чтобы стрелка скобы показывало нуль. Удерживая стрелку на нуле, с помощью зажима 7, фиксируют винт настройки в установленном положении.

После настройки блок концевых мер убирается и на его место помещается измеряемая деталь 6 и производятся измерения отклонений фактических размеров детали от номинального $D_{\text{Хизм}_i}$ в трех равноотстоящих сечениях и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис.3).

Затем рассчитываются фактические размеры детали (внешние диаметры) по каждому направлению по формуле

$$d_{\text{изм}_i} = X_{\text{ном}} + D_{\text{Хизм}_i}$$

и заносятся в таблицу 1.

Нутромер индикаторный – предназначен для измерения внутренних диаметров.

Нутромер индикаторный (рис.6,а) имеет рычажную передачу 2, которая служит для передачи перемещения измерительного штифта 3 к индикатору 1. Перед выполнением измерений нутромер индикаторный должен быть настроен на номинальный размер подобно рычажной скобе. Для этого с помощью плоскопараллельных концевых мер набирается размер, равный номинальному. Блок помещается в станину струбцины 2 между боковиками 4 и зажимается винтом 3 (рис.6,б). В этом случае расстояние между боковиками равно номинальному. После этого производится настройка нутромера на заданный (номинальный) размер. Сначала по номинальному размеру (внутреннему диаметру) подбирается сменный штифт необходимой длины и вкручивается в установочное отверстие штанги нутромера.

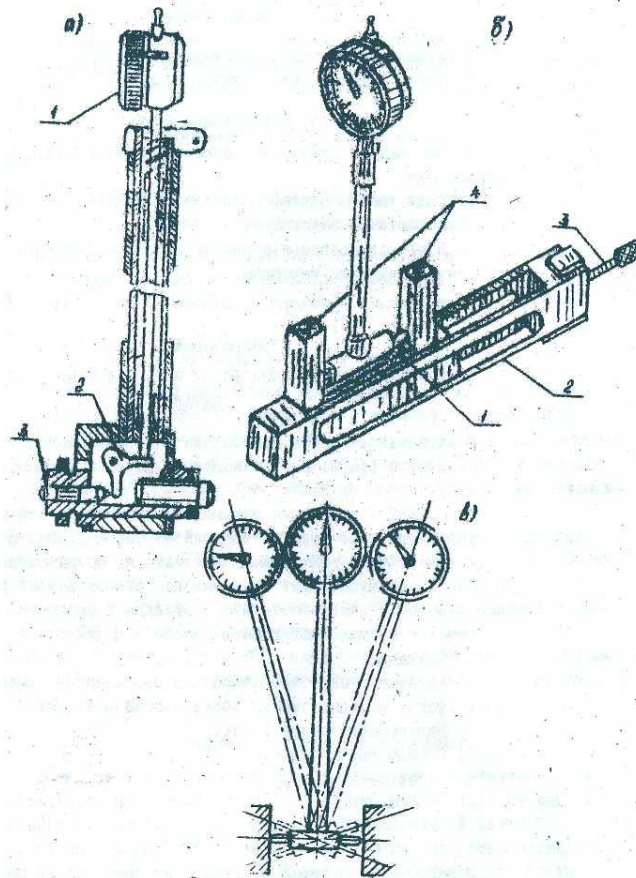


Рис.6. Нутромер индикаторный

Длина штифта подбирается такой, чтобы ее значение по номиналу было немного больше номинального диаметра измеряемого отверстия. Номинальные значения регулировочных штифтов изменяются через 2 мм. Затем проверяют правильность выбора регулировочного штифта. Для чего измерительную часть нутромера вводят в измеряемое отверстие или помещают между боковиками подготовленной струбины, предварительно при этом немного наклонив штангу нутромера. При правильном подборе штифта во время введения штанги нутромера в отверстие его измерительный щуп входит внутрь штанги, что приводит к вращению стрелки часового индикатора 1 (рис.6,в). Причем, стрелка должна иметь возможность перемещаться как в сторону (+), так и в сторону (-) по шкале часового индикатора. Затем штангу нутромера помещают между боковиками струбины, удерживая ее перпендикулярно корпусу струбины (рис.6,б), и поворотом шкалы нутромера за внешний ободок устанавливают стрелку индикатора на нуль. Для контроля правильности установки нуля нутромер покачивается относительно перпендикулярного положения в обе стороны (рис.6,в). Нулевое показание должно быть только в перпендикулярном положении штанги нутромера относительно корпуса струбины.

После настройки индикаторного нутромера его штанга вводится в измеряемое отверстие и производятся измерения отклонений фактических размеров детали (внутренних диаметров) от номинального $D_{\text{ном}}$ в трех равноотстоящих сечениях и в двух взаимно перпендикулярных направлениях, удерживая штангу нутромера параллельно оси отверстия.

Затем рассчитываются фактические размеры детали (внутренние диаметры) по каждому направлению по формуле

$$D_{\text{изм}_i} = X_{\text{ном}} + \Delta X_{\text{изм}_i}$$

и заносятся в таблицу 1.

3. Полученные при измерениях действительны размеры сопоставляются с заданными предельными размерами проверяемой детали по чертежу и делается вывод о ее годности. Обработка и форма представления результатов измерений производится в соответствии с указаниями ГОСТ 8,011-72.

4. Форма отчета

1. Наименование, цель и содержание работы;
2. Эскиз детали, схемы, таблицы, вывод о работе.

5. Контрольные вопросы

1. Принцип измерения штангенциркулем.
2. Принцип измерения микрометром.
3. Подготовка рычажной скобы к измерениям и определение размера детали.
4. Подготовка индикаторного нутромера к измерениям и определение размера детали.
5. В чем заключается сущность общей методики оценки годности детали по линейным чертежам?

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Лабораторная работа №1. Выбор методов и средств измерений линейных размеров.....</i>	2
<i>Лабораторная работа №2. Поверка микрометра</i>	13
<i>Лабораторная работа №3. Исследование качества изготовления гладких цилиндрических соединений.....</i>	24
<i>Лабораторная работа №4. Исследование качества изготовления зубчатых колес по показателям длины общей нормали и радиального биения зубчатого венца.....</i>	31
<i>Лабораторная работа №5. Контроль размеров цилиндрических деталей</i>	32
Приложение 1.....	46
Приложение 2.....	47
Приложение 3.....	49
Библиографический список.....	52

Метрологическая карта

Контролируемые параметры детали	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
Характеристика объекта измерения							
Тип элемента детали							
Условное обозначение							
Обозначение на чертеже							
Номинальный размер, мм							
Квалитет							
Допуск, мкм							
Допустимая погрешность измерения $\delta_{изм}$, мкм (по ГОСТ 8.051-81)							
Предельная погрешность измерения $\delta_{СИ}$, мкм $\delta_{СИ}=(0,6...0,8)\delta_{изм}$							
Метрологические характеристики СИ							
Вид СИ							
Интервал измеряемых размеров, мм							
Предельная погрешность СИ Δ , мкм $\pm \Delta_{lim СИ} \leq (0,6...0,8)\delta_{изм}$							
Предел измерения, мм							
Цена деления шкалы, мм							
Метод измерения							

Приложение 2

Допустимые погрешности измерения линейных размеров до 500 мм по ГОСТ 8.051-81, мкм

Интервалы номинальн ых размеров, мм	Для квалитетов													
	2-го		3-го		4-го		5-го		6-го		7-го		8-го	
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	I T	δ	I T	δ
До 3	1,2	0,4	2,0	0,8	3,0	1,0	4,0	1,0	6,0	1,8	1	3,0	1	3,0
Св. 3 до 6	1,5	0,6	2,5	1,0	4,0	1,0	5,0	1,0	8,0	2,0	1	3,0	1	4,0
Св. 6 до 10	1,5	0,6	2,5	1,0	4,0	1,0	6,0	2,0	9,0	2,0	1	4,0	2	5,0
Св. 10 до 18	2,0	0,8	3,0	1,2	5,0	1,0	8,0	2,0	11	3,0	1	5,0	2	7,0
Св. 18 до 30	2,5	1,0	4,0	1,4	6,0	2,0	9,0	3,0	13	4,0	2	6,0	3	8,0
Св. 30 до 50	2,5	1,0	4,0	1,4	7,0	2,0	11	4,0	16	5,0	2	7,0	3	10,
Св. 50 до 80	3,0	1,2	5,0	1,8	8,0	2,0	13	4,0	19	5,0	3	9,0	4	12,
Св. 80 до 120	4,0	1,6	6,0	2,0	10	3,0	15	5,0	22	6,0	3	10,	5	12,
Св. 120 до 180	5,0	2,0	8,0	2,8	12	4,0	18	6,0	25	7,0	4	12,	6	16,
Св. 180 до 250	7,0	2,8	10	4,0	14	5,0	20	7,0	29	8,0	4	12,	7	18,
Св. 250 до 315	8,0	3,0	12	4,0	16	5,0	23	8,0	32	10,	5	14,	8	20,
Св. 315 до 400	9,0	3,0	13	5,0	18	6,0	25	9,0	36	10,	5	16,	8	24,
Св. 400 до 500	10,	4,0	15	5,0	20	6,0	27	9,0	40	12,	6	18,	9	26,
	0	0		0		0		0		0	3	0	7	0

Интервалы номинальн ых размеров, мм	Для квалитетов													
	9-го		10-го		11-го		12-го		13-го		14-го		15-го	
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3	25	6	40	8	60	1	10	20	14	30	250	50	400	80
Св. 3 до 6	30	8	48	1	75	1	12	30	18	40	300	50	480	10
				0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 6 до 10	36	9	58	1	90	1	15	30	22	50	360	80	580	12
				2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 10 до 18	43	1	70	1	11	3	18	40	27	60	430	90	700	14
				4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 18 до 30	52	1	84	1	13	3	21	50	33	70	520	12	840	18
				8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 30 до 50	62	1	10	2	16	4	25	50	39	80	620	14	100	20
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 50 до 80	74	1	12	3	19	4	30	60	46	10	740	16	120	24
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 80 до 120	87	2	14	3	22	5	35	70	54	12	870	18	140	28
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 120 до 180	10	3	16	4	25	5	40	80	63	14	100	20	160	32
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 180 до 250	11	3	18	4	29	6	46	10	72	16	115	24	185	38
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 250 до 315	13	3	21	5	32	7	52	12	81	18	130	26	210	44
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 315 до 400	14	4	23	5	36	8	57	12	89	18	140	28	230	46
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Св. 400 до 500	15	4	25	5	40	8	63	14	97	20	155	32	250	50
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Приложение 3

Метрологические характеристики средств измерения

Наименование средства измерения	Условное обозначение	Цена деления	Предел измерения, мм	Интервалы измеряемых размеров					
				До 10	Св. 10 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	
	ШЦ	0,1	0...125	10	150	150	170	190	
		0,1	0...160	0	150	150	170	190	
1. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТ 1.1. Штангенциркуль (при измерении валов)	ШЦ	0,05	0...160	10	80	90	100	100	
		0,02	0...250	0	40	45	45	45	
1.2. Штангенциркуль (при измерении отверстий)	ШЦ	0,1	0...125	10	150	150	170	190	
		0,1	0...160	0	150	150	170	190	
		0,05	0...160	10	80	90	100	100	
		0,02	0...250	0	40	45	45	45	
					10				
					0				
2. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ 2.1. Микрометры гладкие	МК 0-го кл.	0,01	0...25	4,	5,5	-	-	-	
		0,01	0...25 и более	5	8	9	10	12	
	МК 1-го кл.	0,01	0...25 и более	7	13	14	15	18	
				12					
	2.2. Микрометрический глубиномер	МГ 1-го кл.	0,01	0...25 и более	14	16	18	22	30
			0,01	0...25 и более	22	25	30	35	45
	МГ 2-го кл.								

Продолжение прил.3

2.3. Микрометрический	МН 1-го кл	0,01	25...75 и более	-	-	18	22	30
		0,01	25...75 и более					

нутромер	МН 2-го кл		более	-	-	20	25	30
3. РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ	СИ	0,1	0...50 и более	7	7	7,5	7,5	8
3.1. Скоба индикаторная								
3.2. Скоба рычажная	СР 0-го кл.	0,02	0...25 и более	3	3	3,5	3,5	4
		0,02	0...25 и более	3	3,5	4	4,5	5
3.3. Микрометры рычажные	МР	0,02	0...25	3	4	-	-	-
	МРИ	0,02	100...125	-	-	-	-	5
3.4. Нутромер индикаторный с измерительной головкой типа ИГ			3...6	3	3	-	-	-
			6...10	-	-	-	-	-
	НИ	0,001	10...18	-	-	-	-	-
3.5. Нутромер индикаторный с измерительной головкой типа 2ИГ	НИ	0,002	18...50	3,5	4	4	-	-

Окончание прил.3

Наименование средства Измерения	Условное обозначение	Цена деления шкалы, мм	Предел измерения, мм	Интервалы измеряемых размеров				
				Д	Св.1	Св.5	Св.8	Св.1
				о 10	0 до 50	0 до 80	0 до 120	20 до 180
3.6. Нутромер индикаторный с измерительной головкой типа ИЧ (ИЧ-2, ИЧ-5, ИЧ-10) или	НИ	0,01(0 кл) 0,01(1 кл)	18...50 0 18...50 0	5,5 8	5,5 8	- -	- -	- -

ИТ (ИТ-2) 0 или 1 кл. 3.7. Глубиномер индикатор- ный с индикатором типа ИЧ, ИТ	ГИ	0,01(0 кл) 0,01(1 кл)		11 16	11 16	12 17	12 17	13 18
4. ЗУБЧАТО – ИЗМЕРИТЕЛЬ- НЫЕ ГОЛОВКИ 4.1. Индикаторы часового типа ИЧ,ИТ А – при работе норми- рованного участка шкалы В – при работе в пределах одного оборота стрелки	ИТ-2 ИЧ-2 ИЧ-5 ИЧ-10 те же	0,01 0,01 0,01 0,01 0,01	0...2 0...2 0...5 0...10 тот же	 0- го кл · 5, 5 1- го кл · 8 0- го кл · 12 1- го кл · 15	 5,5 8 12 15	 5,5 9 13 16	 6 9 13 16	 6,5 9 14 17

4.2. Индикаторы типа ИГ	ИГ-1 ИГ-2	0,001 0,002	0,05 0,1	0,7 1,2	1 1,5	1,4 1,8	1,8 2,8	2 3
4.3. Многооборотные индикаторы типа МИГ	1 МИГ 2 МИГ	0,001 0,002	1 2	2 3	2 3	2,5 3,5	3 4	3 5
4.4. Измерительные	0,1	0,1	4	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8

ГОЛОВКИ типа ИГП (микрораторы)	ИГП	мкм	мкм	0,45	0,45	0,8	0,8	1,2
	0,2	0,2	6	0,8	0,8	1	1	1,2
	ИГП	мкм	мкм	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6
	0,5	0,5	15	2,4	2,4	3	3	3,6
	ИГП	мкм	мкм	6	6	8	8	9
	1 ИГП	1 мкм	30	9	9	10	10	15
	2 ИГП	2 мкм	мкм					
	5 ИГП	5 мкм	60					
	10	10	мкм					
	ИГП	мкм	150					
4.5. Измерительные головки типа ИПМ (микаторы малога- баритные)	0,2	0,2	10	0,3	0,3	0,6	0,6	1,0
	ИПМ	мкм	мкм	0,9	0,9	1	1	1,5
	0,5	0,5	25					
4.6. Измерительные головки типа ИРП (микаторы бокового действия)	ИПМ	мкм	мкм					
	1 ИРП	1 мкм	40	1,5	1,5	2	2	3
	2 ИРП	2 мкм	мкм	3	3	4	4	6
			80					
			мкм					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев А.Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем. – М.: Изд-во МГОУ А/О «Росвузнаука», 1994. – 350 с.
2. Метрология и электрические измерения / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 275 с.
3. ГОСТ1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические. Нормы кинематической точности. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 25 с.