

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Приборостроение и биомедицинская инженерия»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2018

УДК 681.51 (076)

Составители: И. К. Цыбрий

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Метрологическое обеспечение приборостроительного производства» – Ростов-на-Дону : Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 27 с.

Приведены краткая теория, задания и порядок выполнения практических работ по дисциплине «Метрологическое обеспечение приборостроительного производства».

Предназначены для магистрантов направления подготовки 12.04.01 – «Приборостроение».

УДК 681.51 (076)

Печатается по решению редакционно-издательского совета Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Авилова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Приборостроение и биомедицинская инженерия» канд. техн. наук, доцент И.К. Цыбрий

В печать

_____.____.20____ г. Формат 60×84/16. Объем ____ усл. п. л. Тираж ____ экз. Заказ № ____.

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия: 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный технический университет, 2018

Практическая работа 1.

Основные понятия метрологического обеспечения приборостроительного производства

Целью практического занятия является изучение и обсуждение:

- содержание понятия «метрологическое обеспечение»,
- целей и задач метрологического обеспечения приборостроительного производства,
- научных основ метрологического обеспечения приборостроительного производства,
- особенностей метрологического обеспечения на различных стадиях жизненного цикла приборных систем,
- принципов построения и функционирования метрологической службы в РФ от метрологических служб предприятия до Госстандарта РФ.

В процессе практических занятий используются следующие литературные источники:

- ПР 50.2.002–94. ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм. Изд-во стандартов <http://libgost.ru/>

- ГОСТ 8.326-89 ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений. Изд-во стандартов <http://libgost.ru/>

- РМГ 74-2004. ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. Изд-во стандартов <http://libgost.ru/>

- ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения
Изд-во стандартов <http://libgost.ru/>

- ПР 50-732-93 Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц. Изд-во стандартов <http://libgost.ru/>

- МИ 2083—90. ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. Изд-во стандартов. <http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=47087>

- МИ 1967-89 "ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения". Изд-во стандартов. <http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=47087>

- Закон “Об обеспечении единства измерений” № 102-ФЗ от 26.06.2008. <http://ntc.duma.gov.ru/bpa/>.

Практическая работа 2.

Разработка методики измерений геометрических параметров деталей на универсальном измерительном микроскопе

Универсальный измерительный микроскоп предназначен для измерения линейных и угловых размеров различных точных изделий. Основными преимуществами универсальных микроскопов являются большие пределы измерения и более высокая точность измерений.

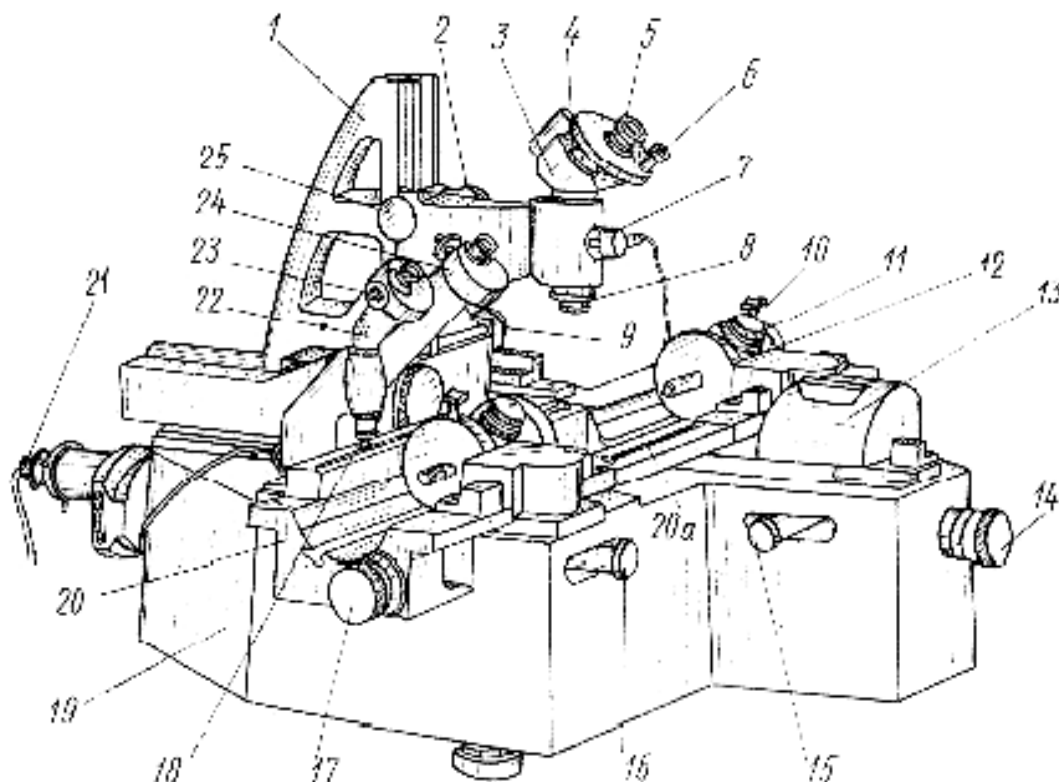


Рис. 1. Универсальный измерительный микроскоп

Универсальный измерительный микроскоп УИМ-21 (рис.1) состоит из массивного основания 19, относительно которого могут независимо перемещаться во взаимно перпендикулярных направлениях стол 20 и каретка 13.

На каретке укрепляется колонна с микроскопом 3 и осветителем 21. Легкость и плавность перемещений стола и каретки достигаются за счет того, что они опираются на шариковые подшипники, которые катятся по доведенным направляющим.

Стол и каретка прикрепляются к своим микрометрическим винтам 17 и 14 зажимами 16 и 15. Вначале, при отпущенных зажимах, стол и каретку перемещают вручную в нужное положение относительно микровинтов, затем соединяют их зажимами с микрометрическими винтами и с помощью этих

винтов производят малые перемещения.

Величина перемещения стола определяется по шкале 18 (длина 200 мм, длина деления 1 мм) с помощью прикрепленного к станине спирального микроскопа 22, а величина перемещения поперечной каретки - по шкале длиной 100 мм спиральным микроскопом 24. Цена деления спиральных микроскопов 1 мкм.

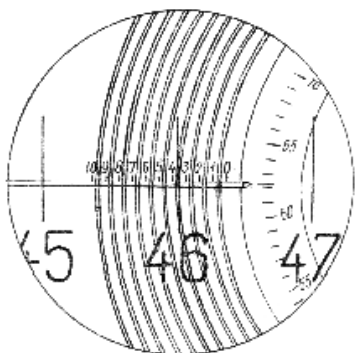


Рис. 2. Спиральный микроскоп

По спиральному микроскопу показания снимаются следующим образом (рис.2):

а) целое число миллиметров отсчитывается по тому штриху основной шкалы, который находится в пределах неподвижной шкалы десятых долей миллиметра (46 мм на рис.2);

б) десятые доли миллиметра отсчитываются по неподвижной шкале в зависимости от того, какой последний штрих этой шкалы прошел зафиксированный ранее штрих (46мм) основной шкалы (в примере на рис.2 штрих 46 мм прошел штрих 0,3 мм);

в) сотые и тысячные доли миллиметра отсчитываются после поворота пластинки со спиралью Архимеда за рукоятку 23. Пластинку поворачивают так, чтобы штрих основной шкалы (46 мм) в области указателя располагался симметрично между рисками витка двойной спирали. Отсчет производится по круговой шкале и указателю (62 мкм на рис.2).

Таким образом, полный отсчет в данном примере 46,362мм.

Стол имеет цилиндрический направляющий желоб, куда устанавливают бабки 12 с центрами. Верхняя плоскость стола служит для установки на ней планок с измерительными ножами или для установки предметного стеклянного столика.

С целью увеличения точности измерения к универсальным микроскопам прилагаются измерительные ножи. Рабочая высота ножа рассчитана таким образом, что при установке его на специальной опорной планке лезвие ножа находится на высоте центров. Ножи бывают прямые и скошенные (левые и правые). На верхней поверхности ножа параллельно лезвию нанесена тонкая риска. Расстояние от лезвия до риски делается равным 0,3 или 0,9 мм.

Деталь освещается либо от источника света 21 снизу параллельным пучком лучей, либо сверху от постороннего источника света. Изображение

детали рассматривается через окуляр 5 микроскопа. Фокусирование производится вначале грубо, перемещением микроскопа маховичком 25 при отпущенном стопоре 2, затем более точно кольцом 8.

Колонна 1 вместе с микроскопом и осветителем может быть наклонена относительно поперечной каретки винтом 9, что необходимо при измерении резьб. Отсчет выполняется по шкале с ценой деления 6'.

Измерительный микроскоп снабжается сменными окулярными головками: универсальная штриховая 5 (рис.1), двойного изображения (рис.4) и профильная, служащая для сравнения профиля детали с набором профилей на окулярной пластинке.

Универсальная штриховая головка имеет поворотную стеклянную пластину с перекрестьем и дополнительными штриховыми линиями (рис.3). Процесс измерения заключается в получении разности отсчетов по отсчетным микроскопам при двух последовательных совмещениях теневого изображения контура детали с одной и той же штриховой линией окулярной головки.

Дополнительные штриховые линии необходимы для измерения деталей с применением специальных измерительных ножей, поэтому расстояния от центрального штриха до дополнительных соответствуют расстояниям от лезвия ножа до риски на его поверхности (0,3 или 0,9 мм).

Штриховая пластина может поворачиваться маховичком 4 (рис.1), угол поворота отсчитывается по шкалам угломерного микроскопа 6 (по основной шкале с ценой деления 1° и по дополнительной шкале с ценой деления $1'$). Шкалы освещаются зеркальцем от осветителя 7, расположенных под угломерным микроскопом.

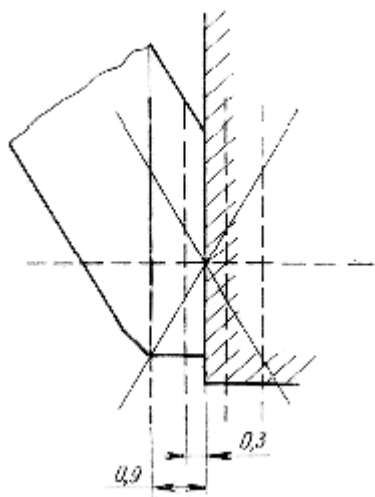


Рис. 3. Схема измерения специальными измерительными ножами

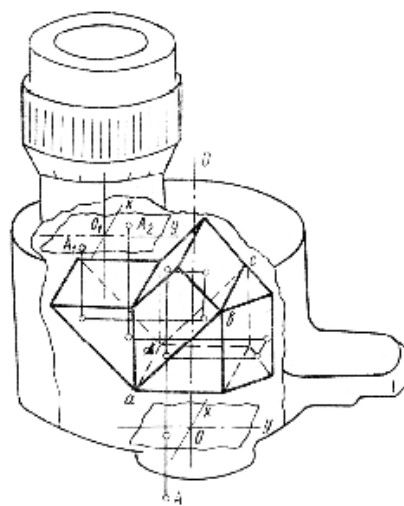


Рис. 4. Головка двойного изображения

Головка двойного изображения (рис.4) служит для определения расстояний между осями отверстий или пазов. Головка состоит из корпуса, окуляра и системы призм. Плоскость *abcd* является полупрозрачным

зеркалом, т.е. часть света проходит через него, а другая часть отражается. Пучок света, несущий изображение детали (A), на грани $abcd$ раздваивается, и из призмы выходят уже два пучка, образующие два изображения - прямое ($A1$) и перевернутое на 180° ($A2$). Если проследить ход лучей после их разделения, то видно, что при перемещении микроскопа относительно детали изображения будут сближаться или удаляться друг от друга. Поэтому, если добиться совмещения обоих изображений, то ось микроскопа OO будет располагаться над осью отверстия или паза. Таким образом, применяя головку двойного изображения, можно определять расстояния не между краями отверстий и пазов, а непосредственно между их осями.

Увеличение окуляров головок равно 10^x , увеличения сменных объективов - 1^x ; $1,5^x$; 3^x и 5^x , соответствующие поля зрения - 21; 14; 7 и 4,2 мм. В данной работе используется наиболее распространенный объектив 3^x , т.е. общее увеличение микроскопа 30^x .

Порядок выполнения работы

1. Измерения расстояния между осями отверстий

1.1. Подготовить микроскоп к работе. Для этого, отпустив стопорные винты 11 (рис.1), раздвинуть бабки 12 и установить стеклянный столик на шлифованную плоскость стола (регулировочные винты столика должны располагаться со стороны наблюдателя).

Подключить микроскоп к осветительной сети. Установить в освещенной зоне предметного стекла столика измеряемую деталь. Перемещая вручную стол и каретку микроскопа или деталь по стеклянному предметному столику, расположить деталь так, чтобы одно из отверстий находилось в поле зрения микроскопа.

Сфокусировать микроскоп относительно детали. Для этого, опустив стопор 2 и перемещая микроскоп вверх и вниз маховичком 25, добиться четкого изображения отверстия, после чего стопор 2 закрепить. При необходимости тонкую регулировку произвести кольцом 8.

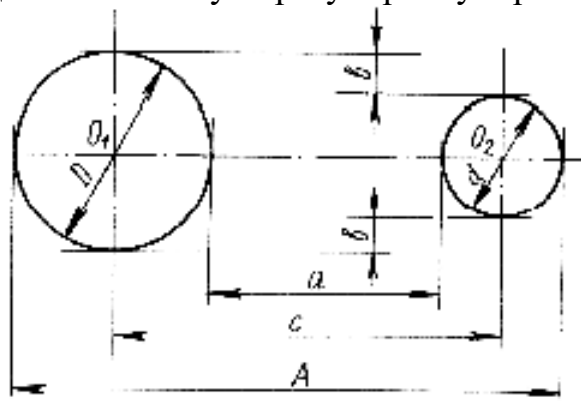


Рис. 5. Схема измерения межосевого расстояния при параллельном перемещении стола относительно O_1O_2

1. 2. Измерить расстояние между осями отверстий D и d (рис.5), используя универсальную штриховую головку. В этом случае межосевое расстояние отверстий можно определять только косвенным методом, либо по результатам измерения диаметров отверстий и расстояния между их краями:

$$C = a + \frac{D+d}{2} = A - \frac{D+d}{2}, \quad (1)$$

либо только по двум расстояниям между краями:

$$C = \frac{A+a}{2}. \quad (2)$$

Перед измерением расстояний A и a деталь необходимо установить так, чтобы межосевая линия O_1O_2 располагалась параллельно направлению движения стола. Для этого последовательными перемещениями стола и поворотами детали добиться такого положения, чтобы расстояния b , измеренные поперечным микроскопом, были одинаковы.

Операция выверки детали трудоемка, поэтому рекомендуется другой вариант определения расстояния C .

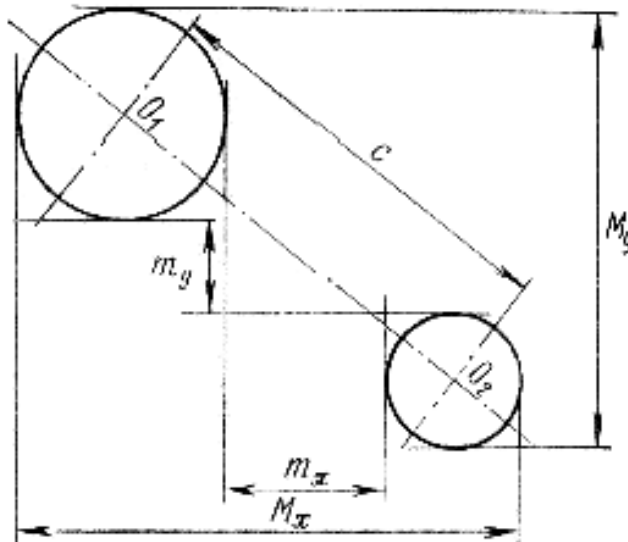


Рис. 6. Схема измерения межосевого расстояния при произвольном расположении детали

Измеряются расстояния между краями отверстий в двух взаимно перпендикулярных направлениях, т.е. m_x , m_y и M_x , M_y . Тогда (рис. 6):

$$C_x = m_x + \frac{D+d}{2} = M_x - \frac{D+d}{2} = \frac{M_x + m_x}{2}; \quad (3)$$

$$C_y = m_y + \frac{D+d}{2} = M_y - \frac{D+d}{2} = \frac{M_y + m_y}{2}; \quad (4)$$

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2}. \quad (5)$$

1.3. Измерить расстояние между осями при использовании головки двойного изображения. Вывернуть крепящий винт, расположенный справа под универсальной головкой 5, осторожно снять ее, установить взамен головку двойного изображения и снова закрепить винтом.

После установки этой головки в поле зрения будут видны два

изображения одного из отверстий. Перемещением стола и каретки совместить оба изображения и по спиральным микроскопам отсчитать координаты x_1 и y_1 центра этого отверстия. Перемещением стола и каретки расположить центр второго отверстия под осью микроскопа, совместив оба его изображения, и по спиральным микроскопам определить координаты x_2 и y_2 второго отверстия.

Межосевое расстояние определяется по формуле

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (6)$$

2. Измерение конусности калибра

2.1. Подготовить микроскоп к работе. Снять предметный стеклянный столик и установить деталь в центры, при необходимости можно перемещать и бабки 12 при отпущенном стопоре 11 и сами центры при отпущенном стопоре 10. Во избежание порчи осветительной линзы микроскопа деталь обязательно устанавливать в крайних положениях стола и каретки. Снова установить на микроскопе универсальную штриховую головку. Отфокусировать микроскоп на край установленного в центрах калибра.

2.2. Измерить конусность. Совместить центр перекрестия штриховой пластины с краем теневого изображения детали на расстоянии 2 - 5 мм от одного из торцов, снять показания продольного и поперечного микроскопов.

Затем определить диаметр в этом сечении, для чего переместить каретку до совмещения центра перекрестия с диаметрально противоположным краем детали и снять отсчет поперечного микроскопа.

Переместить стол микроскопа в сторону второго торца конуса на определенное расстояние L (для упрощения расчетов желательны перемещения на 50, 100 мм и т.п.), которое отсчитывается по продольному микроскопу.

Определить диаметр конуса во втором сечении и рассчитать конусность K и угол α .

2.3. Измерить половину угла при вершине конуса α . Поворотом окулярной пластинки маховичком 4 совместить горизонтальную штриховую линию с краем теневого изображения и произвести отсчет по угломерному микроскопу 6.

2.4. Измерить конусность с применением ножей. Установить два специальных ножедержателя в пазы 20а стола 20 и закрепить их стопорными винтами так, чтобы удобно было прижать лезвия ножей к диаметрально противоположным образующим конуса в нужном сечении. Лезвие ножа должно так прилегать к образующей конуса, чтобы между ними не было просвета.

Тщательно отфокусировать поворотом кольца 8 микроскоп на риску измерительного ножа, совместить соответствующую (0,3 или 0,9 мм) дополнительную штриховую линию головки с риской ножа (центральная

линия должна почти совпадать с краем теневого изображения, как показано на рис.3).

Снять показания и определить конусность так, как указано в п. 2.

3. Составить отчет о проделанной работе, поместив результаты измерений в таблицу 1.

Таблица 1.

Работа		Измерение деталей на универсальном микроскопе	
Данные о приборе		Схема головки двойного изображения	
Наименование			
Цена деления спирального микроскопа			
Цена деления угломерного микроскопа			
Пределы измерения перемещений			
Схема расположения подшипников стола и каретки			
Результаты измерения межосевых расстояний			
универсальной штриховой головкой		головкой двойного действия	
Эскиз детали с указанием всех отсчетов		Эскиз детали с указанием всех отсчетов	
$C_x =$	$C_y =$ $C =$	$C_x =$	$C_y =$ $C =$
Результаты измерения конуса			
без ножей		с применением ножей	
Эскиз детали с указанием всех отсчетов		Эскиз детали с указанием всех отсчетов	
$K =$	$\alpha =$	$K =$	$\alpha =$

Практическая работа 3.

Изучение методики измерений с помощью проекционного оптического прибора

Проекционный прибор БП служит для измерения и контроля деталей сложного контура (фасонных шаблонов, кулачков, мелко модульных зубчатых колес, штампов и т.п.).

При контроле в серийном производстве увеличенный контур детали сопоставляют с двумя предельными контурами. Изделие признается годным, если действительный контур не выходит за предельные контуры чертежа. Измерение может выполняться двумя методами: вычерчиванием увеличенного контура измеряемой детали с последующим измерением чертежа или непосредственным измерением размеров детали путем отсчетных перемещений координатного и поворотного столиков.

В частности от контролируемого параметра и формы детали на проекторе можно работать: в проходящем свете снизу; в проходящем свете сбоку; в отраженном свете сверху.

Из оптической схемы (рис.7) видно, что метод контроля меняется в зависимости от того, как располагается осветитель 1 относительно объектива 6 и измеряемой детали, установленной на столике 4 проектора.

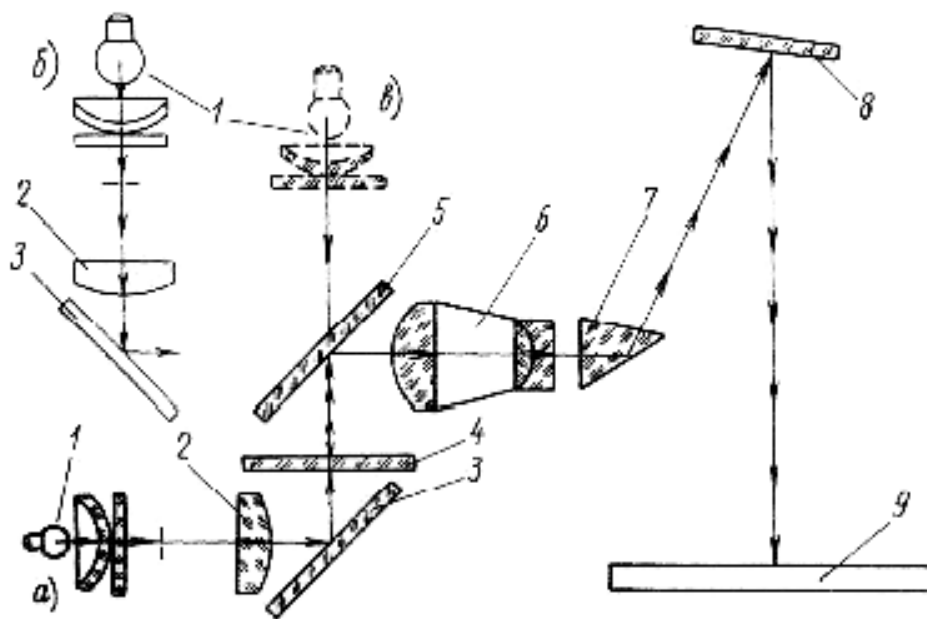


Рис. 7. Оптическая схема проекционного прибора

В проходящем свете снизу удобно проверять плоские детали, положив их на стекло столика. Тогда лучи от осветителя 1 проходят конденсор 2, отражаются от зеркала 3, освещая деталь снизу, отражаются от обычного зеркала 5, проходят через объектив 6 и призму 7, отражаются от верхнего зеркала 8, и дают теневое изображение на экране 9.

В проходящем свете сбоку обычно измеряют резьбу, так как при этом имеется возможность избежать искажения осевого сечения резьбы. В этом

случае осветитель 1 вместе с конденсором 2 и зеркалом 3 располагаются сбоку, как показано на рис.7, б, а зеркало 5 отводится.

В отраженном свете проверяют контур части детали, который перекрывается другими выступающими ее частями. При таком контроле осветитель 1 (рис.7, в) располагается над проверяемой деталью. Пучок лучей, проходя через полупрозрачное зеркало 5, которое подводится вместо обычного, освещает торец измеряемой детали. Отраженные от детали лучи вновь отражаются от зеркала 5 и далее, как при проходящем свете снизу, дают изображение на экране 9.

Проектор состоит из массивного основания с пустотелой колонной, к которой крепится кронштейн, измерительного координатного столика 1 (рис.8 и 9), объектива 9 с револьверной головкой 10, в которой расположены обычные и полупрозрачные зеркала, а также верхнего зеркала и экрана 18.

Осветитель 4 в зависимости от схемы измерения крепится либо к трубе столика, либо к револьверной головке, либо к колонне при помощи специальной трубы, которая укрепляется в отверстие 15. Проектор БП снабжается сменными объективами с увеличением 10^x , 20^x и 50^x при соответствующих полях зрения 60, 30 и 12 мм. Цена деления барабанов микровинтов - 5 мкм. Величина отсчета по нониусу угловой шкалы поворотного столика - $3'$.

Порядок выполнения работы

Работа в проходящем свете снизу

1. Проверить, закреплен ли осветитель для работы в проходящем свете; при необходимости установить его. Для этого отвернуть винт 3 и снять осветитель с револьверной головки (рис.9), закрепить осветитель на трубе 5 и закрепить его винтом 3 (рис.8).

2. Ввернуть в гнездо колонны объектив требуемого увеличения в соответствии с размером детали и полем зрения объектива. Поворотом стопора 11 против часовой стрелки открепить револьверную головку и расположить ее горизонтально. Ввинтить объектив и повернуть револьверную головку так, чтобы над деталью располагалось обыкновенное зеркало, и закрепить ее стопором.

3. Установить конденсор 6, соответствующий увеличению объектива. Для этого отпустить винт 2 и поворотом барабана добиться появления в окне 7 соответствующего числа.

4. Включить прибор в сеть, установить деталь примерно в центре освещенной части стекла столика 16 (рис.9) и поворотом штурвала 20 при опущенном стопоре 19 добиться четкого изображения детали на экране 18.

5. Дать эскиз детали, для этого обвести контур тени на листе бумаги, закрепленном на экране. Снять лист, необходимые размеры измерить штангенциркулем или линейкой и указать их на эскизе с учетом

масштаба увеличения.

6. На экране нанести оси координат так, чтобы начало координат совпадало с центром вращения стола, а оси координат - с направлениями продольного и поперечного перемещений стола.

Найти центр вращения стола на экране. Для этого микрометрические винты стола установить на нулевые показания. Между продольным микровинтом *13* и опорной плоскостью стола должна быть установлена концевая мера 50 мм, а между поперечным микровинтом *14* и другой опорной плоскостью стола - мера 25 мм.

Вместо контролируемой детали установить примерно на середину стекла круглого стола оправу с перекрестьем и вращением штурвала добиться четкого изображения штрихов оправы на экране. Поворачивая круглый стол, отметить на бумаге изображение точки пересечения штрихов через каждые 90°. Эти четыре точки соединить так, чтобы получить две пересекающиеся линии.

Для проверки передвигать осторожно от руки оправу с перекрестьем до тех пор, пока точка пересечения штрихов на оправе не совместится с перекрестьем, полученным на бумаге. Вращая круглый стол, убедиться, что это перекрестье является центром вращения стола. При необходимости повторить нахождение центра.

Найти две взаимно перпендикулярные оси координат. Оставив оправу с перекрестьем в центре вращения стола, переместить стол микровинтом в продольном направлении, отметив на экране точкой новое положение перекрестья. Повторить подобную операцию при поперечном перемещении стола.

Через начало координат и полученные отметки на экране провести оси координат.

7. Измерить необходимые размеры. При измерении линейных размеров надо с помощью микровинтов *13* и *14* перемещать деталь так, чтобы ее контуры последовательно совпадали с координатными линиями. В случае необходимости деталь поворачивать маховичком

12 при отпущенном стопоре 8. Отсчет производится по барабанам микровинтов. Для увеличения пределов измерения между микровинтами и столиками можно устанавливать концевые меры *17*.

При измерении угловых размеров следует, перемещая деталь от руки, совместить вершину измеряемого угла или центра детали с изображением центра вращения стола на экране. Измерить углы, снимая показания по угловой шкале стола и нониусу.

8. Результаты измерения указать на том же эскизе в скобках рядом с ранее полученными размерами.

Работа в отраженном свете

1. Установить осветитель для работы в отраженном свете (рис.9). При

отпущенном стопоре 11 повернуть револьверную головку 10 на 180° , чтобы вместо обычного зеркала над деталью расположилось полупрозрачное зеркало. Закрепить головку поворотом стопора по часовой стрелке. Отпустить винт 3, снять осветитель с трубы 5, установить его на револьверную головку и закрепить винтом.

2. Дать эскиз детали и выполнить необходимые измерения. Порядок выполнения такой же, как и при работе в проходящем свете.

Ознакомиться с конструкцией микрометрических винтов и дать эскиз микрометрического устройства.

3. Составить отчет о проделанной работе, поместив результаты измерений в таблицу 2.

Таблица 2

Работа		Измерение деталей на проекторе
Данные о приборе		
Наименование		Схема хода лучей
Увеличение объектива		
Цена деления барабанов		
Величина отсчета по нониусу		
Эскиз микрометрического устройства		

Практическая работа 4.

Изучение методики измерений отклонений от круглости

Для измерения отклонений от круглости цилиндрических и конических поверхностей деталей часто используют специальные приборы – кругломеры, работающие по методу относительного прецизионного вращения измерительного преобразователя и детали.

В зависимости от объекта, которому сообщается вращение, кругломеры делятся на два типа: КН – с вращающимся измерительным преобразователем и КД – с вращающейся измеряемой деталью.

Диаграммный диск с записанными на нем в полярных координатах сигналами от перемещения измерительного наконечника преобразователя представляет собой круглограмму, по которой определяется числовое значение отклонения от круглости. Запись круглограммы осуществляется самописцем электроискровым способом на бумажных диаграммных дисках, вращающихся синхронно с прецизионным шпинделем. Диаграммный диск имеет 12 равномерно расположенных по окружности лучей (радиусов) с делениями через 2 мм.

Для исключения записей на круглограммах шероховатости измеряемой поверхности измерительные наконечники преобразователя выполняются с большим радиусом закруглений (0,5 мм и 2,5 мм). У кругломеров предусмотрены фильтры частот, с помощью которых устанавливается число неровностей, регистрируемых за 1 оборот.

В данной лабораторной работе предусмотрено применение кругломера модели ВЕ-20А (тип КН).

Прибор для измерения круглости ВЕ-20А основан на радиальном методе контроля и предназначен для проверки отклонений от правильной окружности любого перпендикулярного к оси сечения

наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения с высокой точностью.

Размеры диаметров измеряемых поверхностей: наружных – 0,5÷250 мм, внутренних – 3÷260 мм. Наибольшая высота детали - до 380 мм. Предельное расстояние проверяемого сечения от торца – 200 мм. Погрешность вращения шпинделя не более 0,15 мкм. Радиусы ошупывающих игл – 0,5; 2,5 мм. Усилие щупа датчика на деталь 0,05-0,20 Н.

Порядок выполнения работы

Для обеспечения большой стабильности при высокоточных измерениях перед началом работы электронную аппаратуру прибора вместе с датчиком необходимо прогреть в течение 20-25 минут. Прогрев шпинделя при холостых оборотах выполняется в течение 3-7 минут включением тумблера 25.

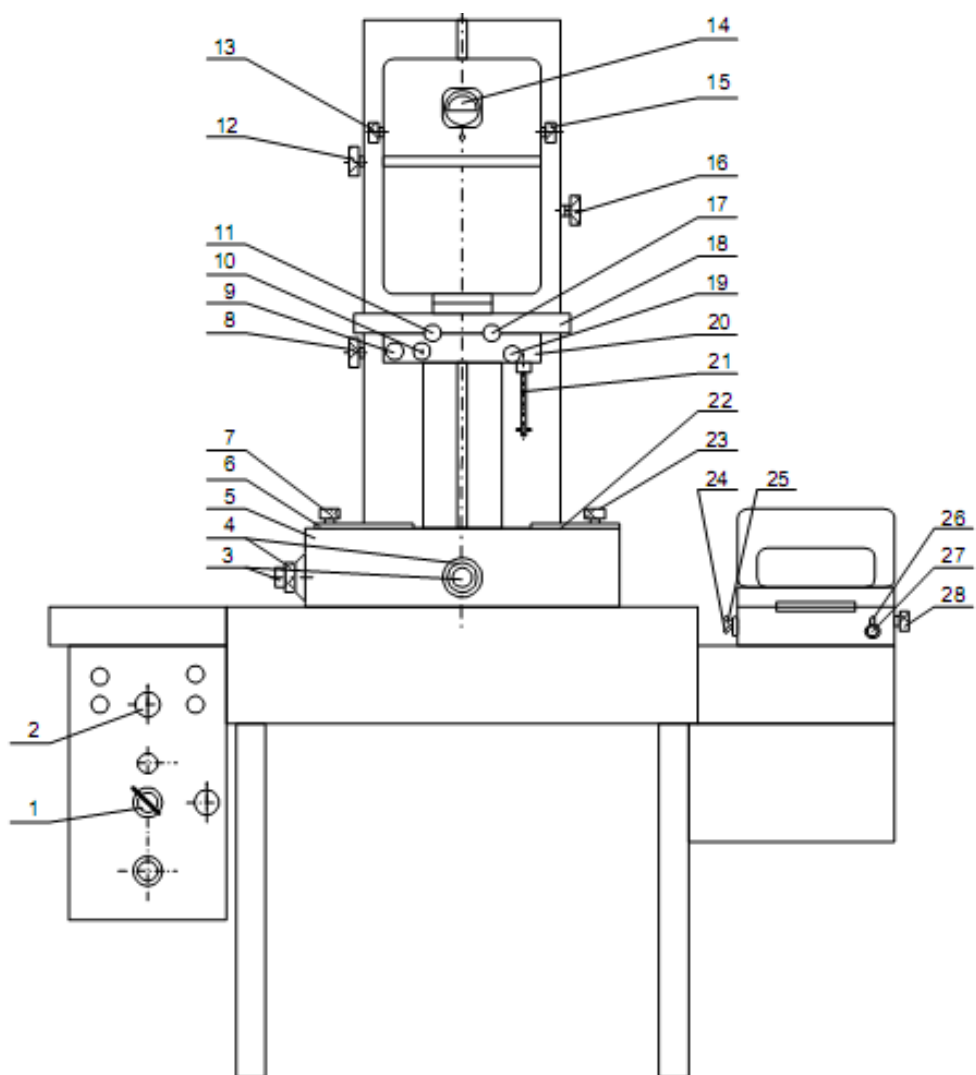


Рис. 8. Общий вид кругломера

После прогрева прибора в дальнейшем работа выполняется в следующей последовательности (позиции на рис.7):

1. Включить вилку питания прибора в электрическую сеть.
2. Переключатель фильтров 1 поставить в левое нейтральное положение, а переключатель увеличений 2 в положение «0,5», а ручку установки пера на «0» - примерно в середине положения 4.
3. Механизмы микроперемещения центрирующего столика при помощи рукояток 3 и 4 установить в среднее положение, которое обозначено круговой риской на сепараторе механизма.
4. При помощи ручки 11 отвести каретку с датчиком от оси вращения шпинделя.
5. На центрирующем столике 5 установить деталь, ориентировочно в центре.
6. Выбрать щуп 21 соответствующей длины и установить в державку датчика, осторожно придерживая рукой u-образную опору.

При установке щупа относительно проверяемой детали нужно особенно

следить за тем, чтобы точка контакта щупа с деталью находилась на радиусной части иглы. Также необходимо обратить особое внимание, чтобы игла щупа была направлена в центр детали, ибо смещение искажает действительную величину увеличения. Особенно это заметно при измерении деталей малых диаметров. Как правило, смещение после неосторожного вставления щупа заметно на глаз. Подправляется осторожным поворачиванием нижней части щупа в призматической державке.

7. Переключателем 19 установить необходимое направление и величину усилия щупа. В положение «0» - для измерения отверстий, в положение «В» - для измерения валов (наружных поверхностей). При использовании длинных щупов переключатель ставится на крайние риски, а при использовании коротких – на средние.

8. Освободить рукоятки 8, 12 направляющих измерительной головки и поднять или опустить ее при помощи рукоятки 16 в положение, необходимое для измерения выбранного сечения детали.

9. Указатель 10 положения датчика при помощи ручки 9 червячного механизма вывести в среднюю часть круглого окошка.

10. Подвести наконечник щупа датчика при помощи передвижения каретки по направляющим ручкой 11 на некоторое расстояние (2-5мм) от поверхности детали и, вращая рукояткой 15 шпиндель, произвести грубую центровку детали. Для этого необходимо передвигать центрирующий стол в нужном направлении по двум координатам при помощи ручек механизмов микроперемещения. Точность центровки оценивается грубо на глаз одинаковостью расстояний между деталью и наконечником иглы щупа, который останавливается против механизма микроперемещения и с противоположной стороны через 180°.

11. Не трогая деталь на столе, освободить прижимной болт 23 призмы 22, передвинуть ее по пазу центрирующего столика до соприкосновения с деталью и опять закрепить.

12. Освободить винт 7 опорного пружинного механизма 6, передвинуть его до плавного прижима детали к призме и закрепить.

13. После выравнивания зазоров плавно подводят каретку с датчиком к детали до тех пор, пока наконечник иглы щупа не коснется проверяемой поверхности, и стрелка индикатора центрирования 14 не выйдет на середину шкалы. Вращая шпиндель, замечают размах колебаний и, при помощи механизмов микроперемещения передвигая стол с деталью по двум направлениям, сводят их до минимума. Если погрешность детали не более нескольких микрон, стрелка практически не должна колебаться.

После этого переключателем 2 устанавливается предполагаемое увеличение, каретка зажимается винтом при помощи ручки 17, ручкой 9 микрометрического механизма подводится датчик, и точность центрирования дополнительно корректируется описанным выше способом. Если колебания стрелки при ручном или механическом вращении шпинделя уложится в

пределы малого прямоугольника, центрирование можно считать законченным. Окончательное центрирование рекомендуется выполнять при механическом вращении шпинделя в течение 1-3 его оборота. Рукоятка 13 в таком случае должна находиться во включенном положении (для включения она поворачивается против часовой стрелки).

В тех случаях, когда при выбранном увеличении не удастся добиться такого положения, в котором размах колебаний стрелки уложился бы в пределы верхнего малого прямоугольника, необходимо уменьшить увеличение, так как иначе из-за большой погрешности геометрической формы детали круглограмма ее при данном увеличении не вложится в поле записи диаграммного диска бумаги. Если колебания стрелки достаточно малы, и занимают небольшую часть верхнего малого прямоугольника ручку 2 можно переключить на более высокое увеличение и дополнительно покорректировать центрирование.

14 Повернуть ручку 26 по часовой стрелке до отказа, через специальную вырезку в крышке с левой стороны записывающего прибора установить диаграммный диск бумаги и обратно приподнять ручку 26 в бывшее положение.

15 Переключатель 7 (рис.12) поставить в положение «З.П.» (записывающий прибор). При выполнении записей только на диаграммных дисках в полярной системе координат переключатель в этом положении может остаться постоянно.

16 Поворотом рукоятки 13 включить механическое вращение шпинделя и, убедившись, что в течение 1-2 его оборотов стрелка индикатора центрирования не выходит из пределов верхнего малого прямоугольника, плавно нажать на ручку 27 в осевом направлении и отпустить для выполнения записи результатов. За один оборот шпинделя и диаграммного диска бумаги отклоняющаяся система и запись выключатся, что можно заметить по щелчку рычага микровыключателей и переходу пера в среднее нулевое положение.

Во время записи рукой к бумаге не дотрагиваться !

17 Выключить вращение шпинделя.

18 Снять диаграммный диск с записанной круглограммой. Вписать в соответствующие графы наименование проверенной детали, увеличение и фильтр (см. приложение), если он был включен.

19 С помощью специального трафарета (шаблона) определить отклонение от круглости Δ_0 , которое в соответствии со стандартом определяется наибольшим расстоянием от точек реального профиля до прилегающей окружности I и записать результат в соответствующей графе диаграммного диска.

Прилегающая окружность обычно воспроизводится прозрачным шаблоном с концентрическими окружностями, расстояние между которыми 2 мм: это своеобразная шкала, цена деления которой определяется

установленным увеличением прибора. Например, при увеличении $2000\times$ цена деления шаблона будет равна 1 мкм.

Прозрачный шаблон следует наложить на диаграммный диск и подобрать окружность самого малого (для наружных поверхностей) диаметра, которая касалась бы круглограммы в самых выступающих ее точках А, В и С. Это и будет прилегающая окружность.

20. Дать заключение о годности детали по заданной преподавателем степени точности ее изготовления 1-16 для цилиндрических деталей. Круглограммы прилагаются к отчету.

Лабораторная работа	Определение отклонений от круглости		
Данные о приборе		Данные о детали	
Наименование		Контролируемый диаметр	
Пределы измерения		Степень точности	
Увеличение		Допуск круглости	
Фильтр			
Круглограмма			
Заключение о годности			

Практическая работа 5.

Применение контрольных карт для оценки качества технологического процесса резьбонарезания

Статистический контроль качества основан на обработке информации о текущем состоянии технологического процесса размерной обработки детали, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости. Визуализация процесса возможна путем составления контрольных карт или построения гистограмм распределения.

Контрольная карта (рис.1) имеет центральную линию CL , соответствующую эталонному значению характеристики, в качестве которого обычно служит среднее арифметическое рассматриваемых данных. Кроме того, контрольная карта имеет две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии CL , которые находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – генеральное стандартное отклонение используемой статистики.

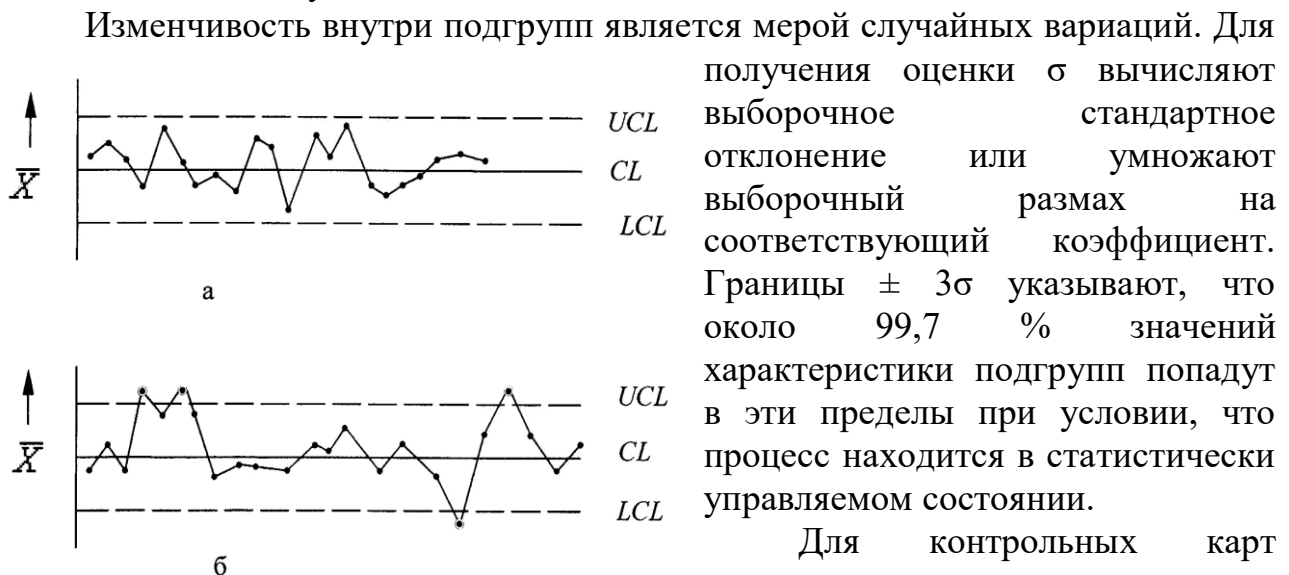


Рис. 1. Примеры контрольных карт: а - управляемое состояние процесса; б - неуправляемое состояние процесса

Для контрольных карт предполагается нормальное распределение для вариаций внутри выборок. Карты для количественных данных отражают состояние процесса через разброс и через расположение центра.

Поэтому контрольные карты для количественных данных почти всегда применяют и анализируют парами - одна карта для расположения одна - для разброса. Наиболее часто в серийном и массовом производствах при регулировании процесса изготовления продукции используют пару \bar{X} - и R - карты. В табл. 1 и 2 приведены формулы для расчета контрольных границ и коэффициенты соответственно для \bar{X} - и R - карт. Алгоритм работы с \bar{X} - и R - картами приведен на рис. 2. Пример контрольной карты – на рис.3.

Таблица 1.

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы*	
	Центральная линия CL	LCL и UCL	Центральная линия CL	LCL и UCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 или μ	$X_0 \pm A_1 \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$
s	\bar{s}	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 или $C_4 \sigma_0$	$B_5 \sigma_0, B_6 \sigma_0$
Примечание. * – заданы стандартные значения X_0 или μ , R_0 , S_0 или σ_0 .				

Результаты измерений контролируемого параметра заносят в таблицу 3. Затем рассчитывают контрольные границы, строят контрольные карты и проводят их анализ с целью дать оценку состояния технологического процесса.

Построение гистограмм как средства оценки качества технологического процесса описано в практической работе 2.

Таблица 2.

Дейст- витель- ное зна- чение контро- лируе- мого пара- метра	Номер выборки																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	25		
X^1																									
X^2																									
X^3																									
X^4																									
X^5																									
Сумма X^i																									
Средние X																									
Размахи R																									

Таблица 3.

Объ- ем вы- бор- ки n	Коэффициенты для вычисления кон- трольных границ							Коэффициенты для вычисления центральной линии CL							
	A_1	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$
2	2,12	1,88	2,65	0,00	3,27	0,00	2,61	0,00	3,69	0,00	3,27	0,797	1,253	1,13	0,887
3	1,73	1,02	1,95	0,00	2,57	0,00	2,27	0,00	4,36	0,00	2,57	0,889	1,128	1,69	0,591
4	1,50	0,73	1,63	0,00	2,27	0,00	2,09	0,00	4,70	0,00	2,28	0,921	1,085	2,06	0,486
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	1,0638	2,326	0,4299
6	1,22	0,48	1,29	0,03	1,97	0,03	1,87	0,00	5,08	0,00	2,00	0,951	1,0510	2,53	0,395
7	1,13	0,42	1,18	0,12	1,88	0,11	1,81	0,20	5,20	0,08	1,92	0,959	1,042	2,70	0,370
8	1,06	0,37	1,10	0,18	1,81	0,18	1,75	0,39	5,31	0,14	1,86	0,965	1,036	2,85	0,351
9	1,00	0,34	1,03	0,24	1,76	0,23	1,71	0,55	5,39	0,18	1,82	0,969	1,032	2,97	0,337
10	0,95	0,31	0,97	0,28	1,72	0,28	1,67	0,69	5,47	0,22	1,78	0,973	1,028	3,08	0,325
11	0,90	0,28	0,93	0,32	1,68	0,31	1,64	0,81	5,53	0,26	1,74	0,975	1,025	3,17	0,315
12	0,87	0,27	0,89	0,35	1,65	0,35	1,61	0,92	5,59	0,28	1,72	0,978	1,023	3,26	0,307

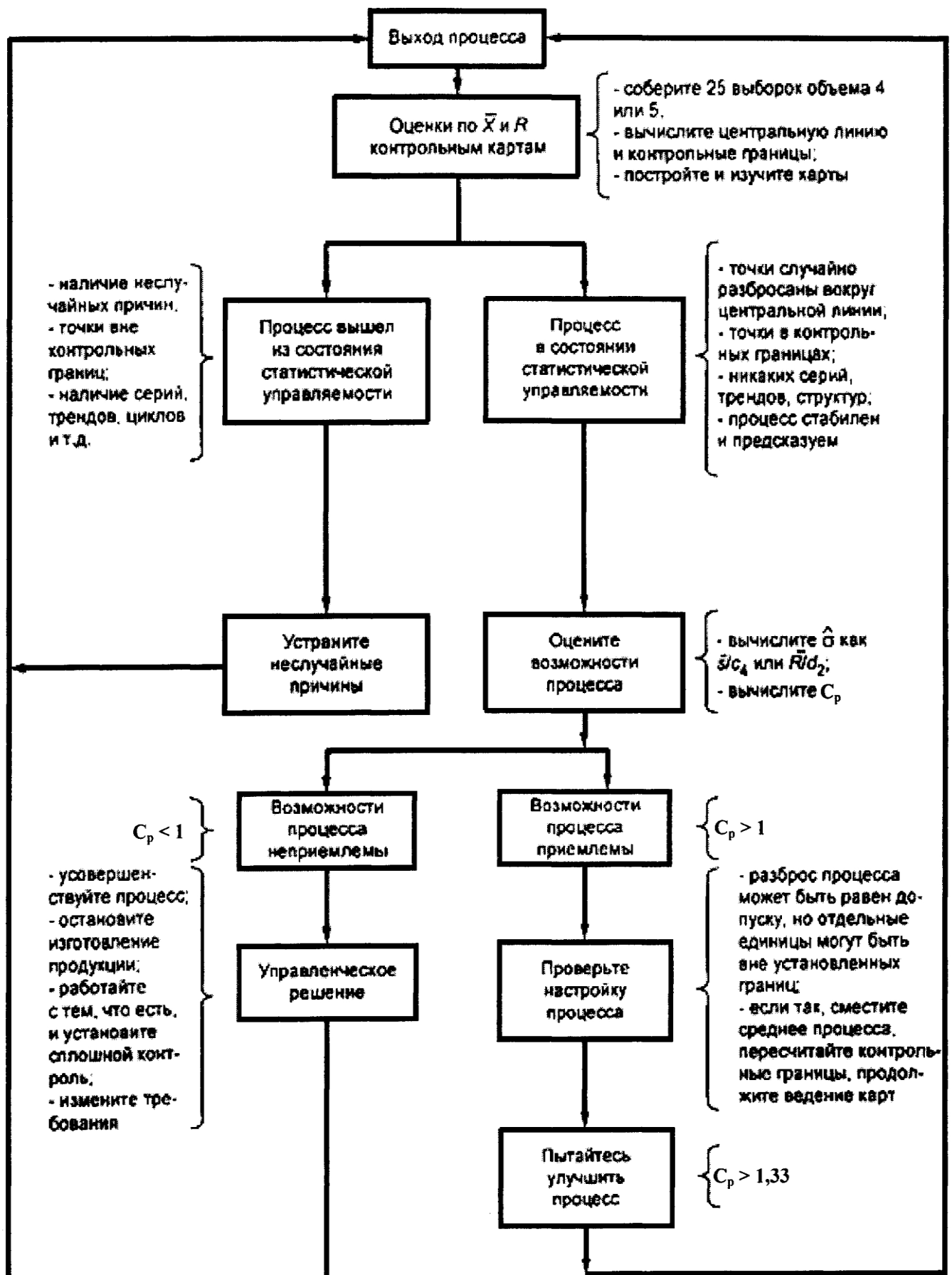


Рис. 2. Стратегия совершенствования процесса при применении \bar{X} - R - карты

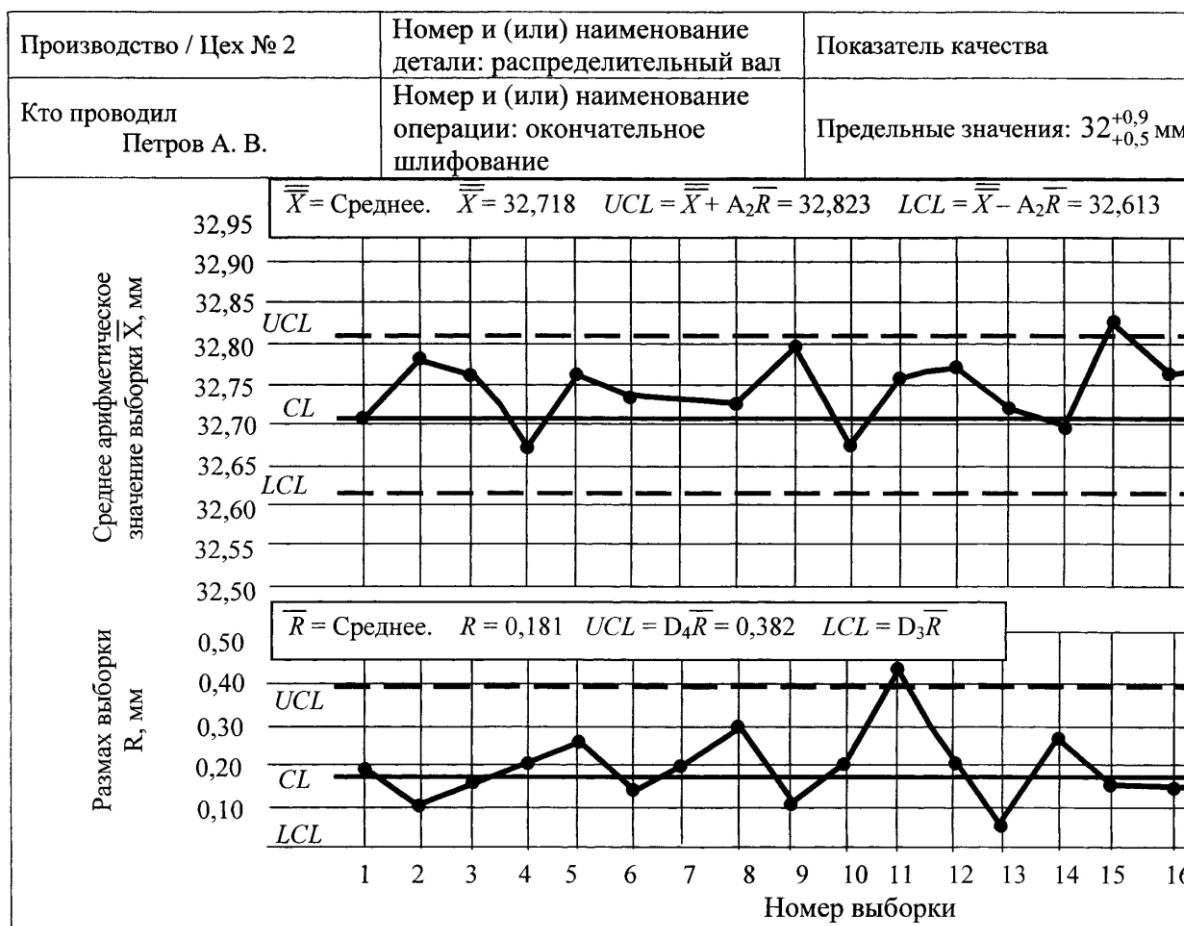


Рис.3. Пример контрольной карты

Порядок выполнения работы:

- определить перечень контролируемых параметров согласно заданию в приложении Excel к методическим указаниям;
- отметить на контрольных картах положение линий CL, UCL и LCL;
- рассчитать действительное среднее значение процесса по выборочным данным;
- рассчитать действительное среднее СКО процесса по выборочным данным;
- нанести полученные значения на контрольную карту и сделать выводы о качестве технологического процесса;
- построить гистограммы распределения среднего и СКО по выборочным данным;
- сравнить с нормированными значениями среднего и СКО и сделать выводы о качестве технологического процесса.

Практическая работа 6.

Разработка методики и проведение поверки универсального цифрового вольтметра В7-38

При проектировании цифровых приборов необходимо уделять особое внимание как совершенствованию схемных решений, соответствующих требованиям потребителей, так и разработке средств и способов поверки технических и метрологических характеристик приборов.

Методы и средства поверки амперметров, вольтметров, ваттметров и варметров устанавливает ГОСТ 8.497-83. стандарт распространяется на приборы по ГОСТ 8711-78 и ГОСТ 8476-78, а также на измерительные части этих приборов и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок на постоянном и переменном токе в диапазоне частот 10 – 20000 Гц.

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему, принцип работы и технические характеристики универсального цифрового вольтметра В7-38

2. Операции и средства поверки

2.1. Определить и занести в таблицу 1 средства поверки и их нормативно-технические характеристики, соответствующие каждой операции поверки.

Таблица 1

Наименование операции	Средства поверки и их нормативно - технические характеристики
Внешний осмотр Опробование Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции Определение основной погрешности, вариации показаний и остаточного отклонения указателя приборов от нулевой отметки: при поверке: на постоянном токе на переменном токе	

2.2. Установить условия поверки и необходимые подготовительные операции

2.3. Указать требования безопасности при проведении поверки

3. Проведение поверки

3.1. Произвести внешний осмотр при отключенном от сети приборе.

3.2. Провести опробование прибора

3.3. Провести калибровку прибора

3.4. Определить основную погрешность измерения напряжения постоянного тока

3.5. Определить основную погрешность измерения напряжения переменного тока в диапазоне от 10^{-5} до 100 В

3.6. Определить основную погрешность измерения сопротивления постоянному току подключением ко входу прибора магазинов сопротивлений.

3.7. Определить основную погрешность измерения силы постоянного тока.

4. Оформление результатов поверки

4.1. Результаты поверки по п.3.4 внести в таблицу:

Предел измерения, В	Поверяемые отметки, В	Результаты измерения, В	Погрешность измерения, ед. младшего разряда	Допустимое значение погрешности измерения, ед. младшего разряда
---------------------	-----------------------	-------------------------	---	---

4.2. Определить погрешность измерения и допустимое значение погрешности измерения

4.3. Результаты поверки по п.3.4 внести в таблицу:

Предел измерения, В	Частота, Гц	Поверяемые отметки, В	Результаты измерения, В	Погрешность измерения, ед. младшего разряда	Допустимое значение погрешности измерения, ед. младшего разряда
---------------------	-------------	-----------------------	-------------------------	---	---

4.4. Определить погрешность измерения и допустимое значение погрешности измерения

4.5. Результаты поверки по п.3.6 внести в таблицу:

Поверяемые отметки, мА	Результаты измерения, мА	Погрешность измерения, ед. младшего разряда	Поверяемые отметки, мА	Результаты измерения, мА	Погрешность измерения, ед. младшего разряда
------------------------	--------------------------	---	------------------------	--------------------------	---

4.6. Определить погрешность измерения и допустимое значение погрешности измерения

4.7. Результаты поверки по п.3.5 внести в таблицу:

Поверяемые отметки, кОм	Результаты измерения, кОм	Допустимое значение погрешности измерения, ед. младшего разряда	Поверяемые отметки, кОм	Результаты измерения, кОм	Допустимое значение погрешности измерения, ед. младшего разряда
-------------------------------	---------------------------------	--	-------------------------------	---------------------------------	--

4.8. Рассчитать случайную погрешность результатов измерения сопротивления, для чего выбрать отметку, на которой наблюдалось наибольшее отклонение и провести на ней 50 повторных измерений.

Результаты измерений занести в таблицу.

Среднее значение в таблице 8.2 соответствует оценке математического ожидания:

$$\tilde{\mu}(R_i) = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n};$$

Дисперсия выборки соответствует оценке дисперсии:

$$\tilde{D}(R_i) = \frac{\sum_{i=1}^n [R_i - \tilde{\mu}(R_i)]^2}{n-1}$$

Стандартное отклонение соответствует оценке среднего квадратического отклонения: $\tilde{\sigma}(R_i) = \sqrt{\tilde{D}(R_i)}$

Тогда границы доверительного интервала случайной погрешности результатов установки напряжения: $\varepsilon = t_s \tilde{\sigma}(U_i)$

Погрешность результата измерения: $\Delta = \sqrt{\varepsilon^2 + \delta_d^2}$

Перечень используемых источников

1. Цыбрий И.К. Статистические методы обработки экспериментальных данных: Учеб. пособие, Ростов н/Д: ДГТУ, 2010

2. Информационно-статистическая теория измерений. Практические работы/сост. В.Л.Волков.-Н.Новгород: НГТУ, 2001