

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:11:13
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1dehd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал)

Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Энергетические системы и точное машиностроение»

Н.В. Аверин, А.С. Асаев

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

Учебное пособие

Рязань
2022

УДК 621.0
ББК 34.1
А 19

Аверин, Н. В.

А 19 Измерение угловых размеров: учебное пособие / Н.В. Аверин, А.С. Асаев. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2022. – 24 с.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 38.03.02 Менеджмент всех форм обучения. Может использоваться в ходе изучения дисциплин «Взаимозаменяемость, стандартизация, технические измерения», «Метрология», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества».

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 621.0
ББК 34.1

© Аверин Н.В., Асаев А.С., 2022
© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2022

Содержание

Введение	4
1 Угломеры.....	5
2 Угломер с нониусом типа УМ.....	5
3 Угломер с нониусом типа УН.....	11
4 Оптический угломер УО	18
5 Порядок обработки и форма представления результата прямого измерения...	22
Библиографический список.....	23

Введение

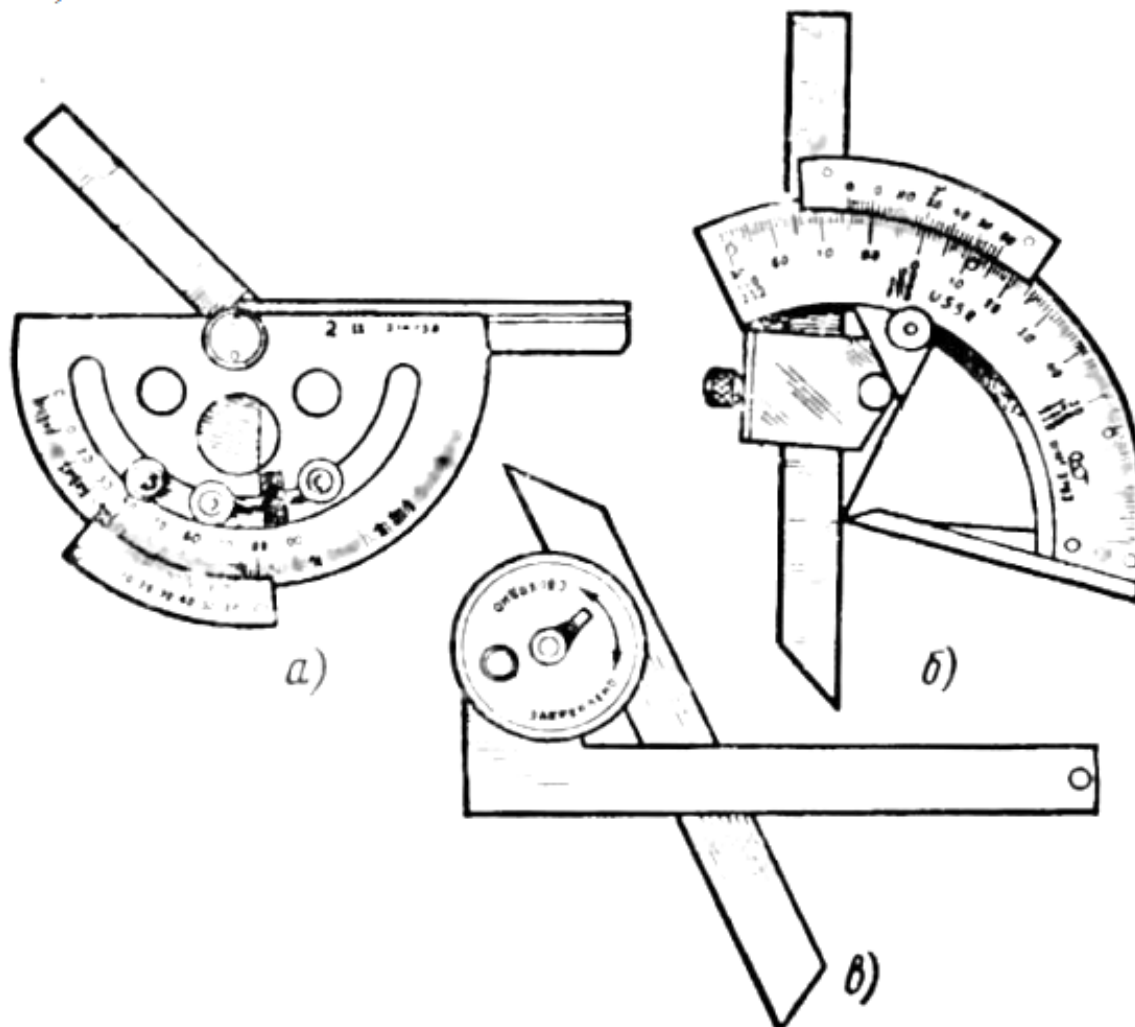
Целью методического пособия является оказание помощи студентам в процессе самостоятельного изучения материала по теме: «Измерение углов и конусов при помощи угломеров» и привитие у них навыков в пользовании простейшими средствами измерений.

Перед выполнением лабораторных работ студентам рекомендуется ознакомиться по литературе [1-9] и настоящему пособию с устройством, принципом действия и метрологическими показателями угломеров.

В настоящем пособии представлены сведения об устройстве, принципе действия и метрологических показателях простейших средств измерений – угломеров.

1 Угломеры

Для контроля углов у деталей (изделий) в машиностроении широко используют угломеры, угловые призматические меры, уровни, синусные линейки (рисунок 1).



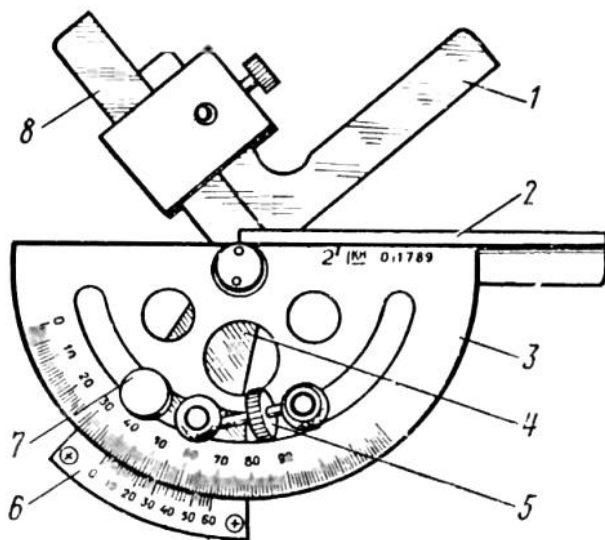
а – угломер УМ; б – угломер УН; в – оптический угломер УО

Рисунок 1 – Типы угломеров

У угломеров согласно ГОСТ 5378–88 линейка, жёстко связанная с нониусом или указателем, может поворачиваться вокруг оси, являющейся одновременно осью угловой шкалы.

2 Угломер с нониусом типа УМ

Угломер предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до 180°. Угломер типа УМ представлен на рисунке 2, а его метрологические характеристики в таблице 1.

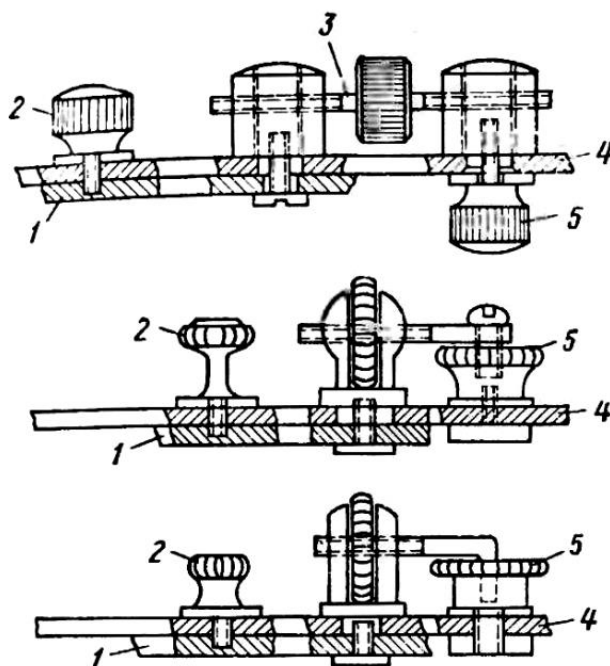


1 – угольник; 2 – линейка основания; 3 – основание; 4 – сектор; 5 – устройство для микрометрической подачи; 6 – нониус; 7 – стопор; 8 – подвижная линейка
Рисунок 2 – Угломер типа УМ

Таблица 1 – Метрологические характеристики угломеров типа УМ

Модель	Диапазон измерений, °	Предел допускаемой погрешности, ′
2УМ	0–180	±2
4УМ		±10
5УМ		±5

Механизм микроподачи и стопорения представлены на рисунке 3.



1 – сектор; 2 – стопор; 3 – винт с правой и левой резьбой; 4 – основание; 5 – зажим микроподачи

Рисунок 3 – Механизм микроподачи и стопорения

Целое число градусов отсчитывается нулевым штрихом нониуса по шкале основания слева направо (рисунок 4).



Рисунок 4 – Пример считывания результата измерения. Целое число градусов равно 31. Измеренное значение – $31^{\circ} 40'$

Дробная величина градуса ($40'$) получена в результате умножения величины отсчёта ($2'$) на порядковый номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом основания. Для ускорения чтения показаний используют цифры нониуса.

При чтении показаний на угломере с нониусом целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса. Затем находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса.

Для установки и измерения углов от 0 до 90° угломер соединён с угольником (рисунок 5).

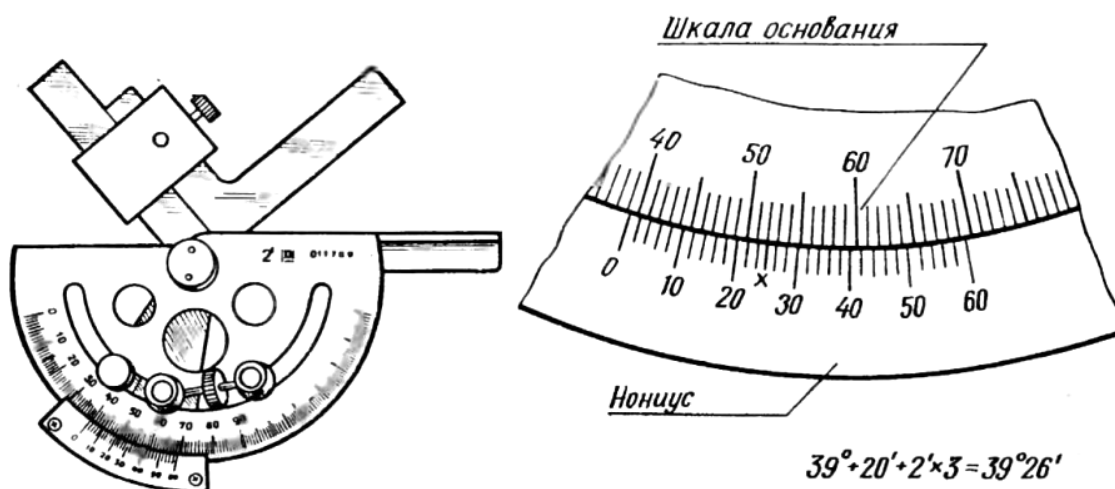


Рисунок 5 – Измерение острых углов

Для установки и измерения углов от 90 до 180° угломер применяют без угольника и к его показаниям прибавляют 90° (рисунок 6).

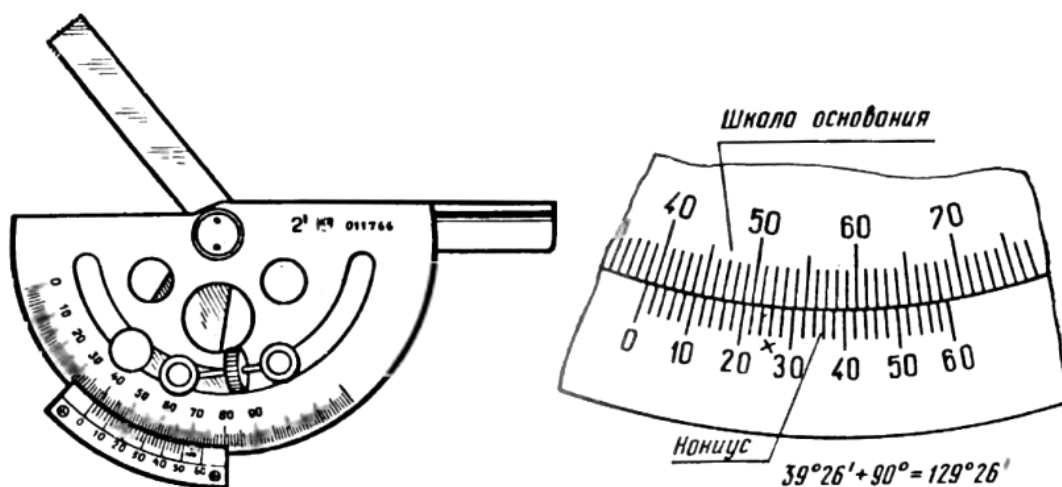


Рисунок 6 – Измерение тупых углов

Перед применением угломер следует протереть. При отсутствии просвета между измерительными поверхностями угломера (или лекального угольника и угломера) нулевые штрихи нониуса и основания должны совпадать (рисунок 7).

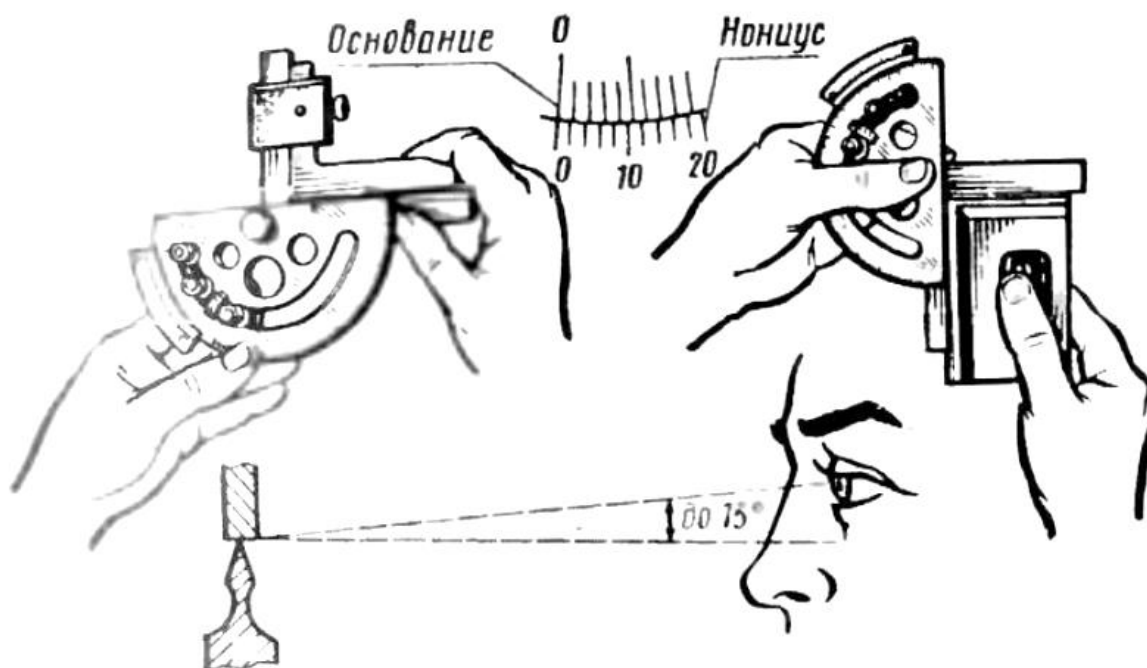


Рисунок 7 – Проверка нулевого положения угломера

После приблизительной установки размера правой рукой закрепляют микроподачу (рисунок 8). Сектор относительно основания перемещают также правой рукой (рисунок 9). После установки размера левой рукой закрепляют винт стопора (рисунок 10).

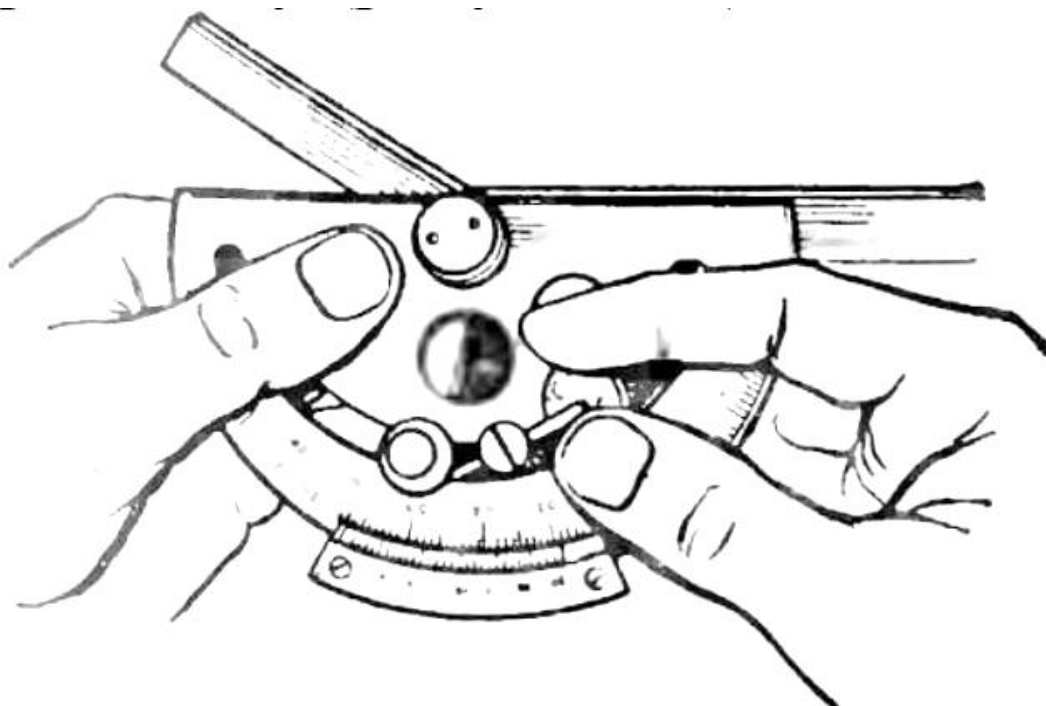


Рисунок 8 – Закрепление микроподачи

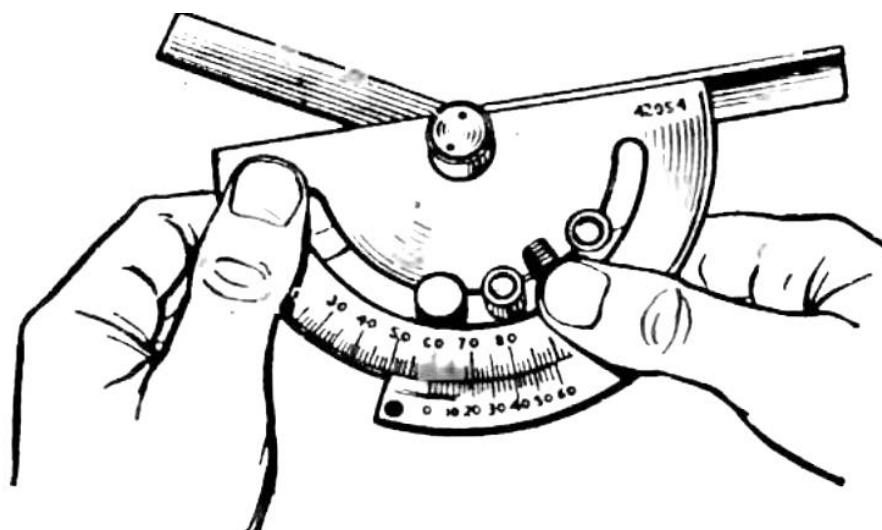


Рисунок 9 – Точная установка размера

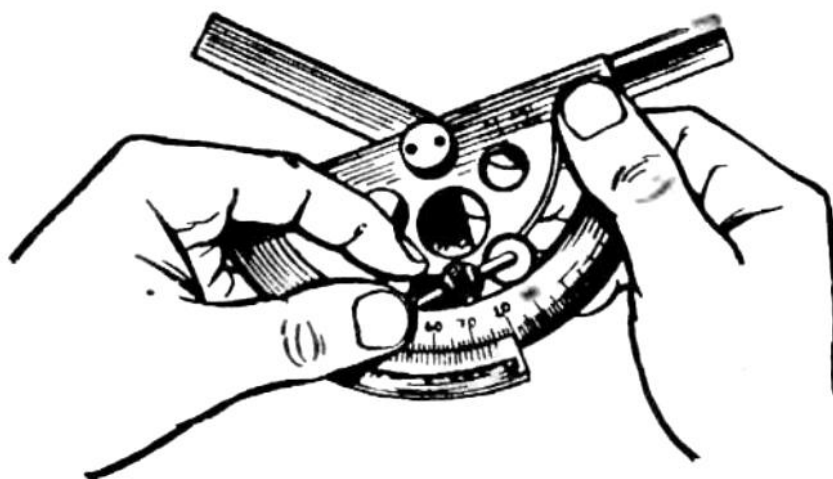


Рисунок 10 – Стопорение шкалы

Установка угломера относительно незакрепленной измеряемой детали осуществляется следующим образом: прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают её, уменьшая просвет между деталью и второй измерительной поверхностью угломера до полного их соприкосновения.

После того как угломер установлен относительно детали, проверяют равномерность просвета между измерительными и проверяемыми поверхностями или его отсутствие (при малой шероховатости измерительных и проверяемых поверхностей), фиксируют положение стопором и читают показание (рисунок 11). При чтении показаний угломер следует держать прямо перед глазами.

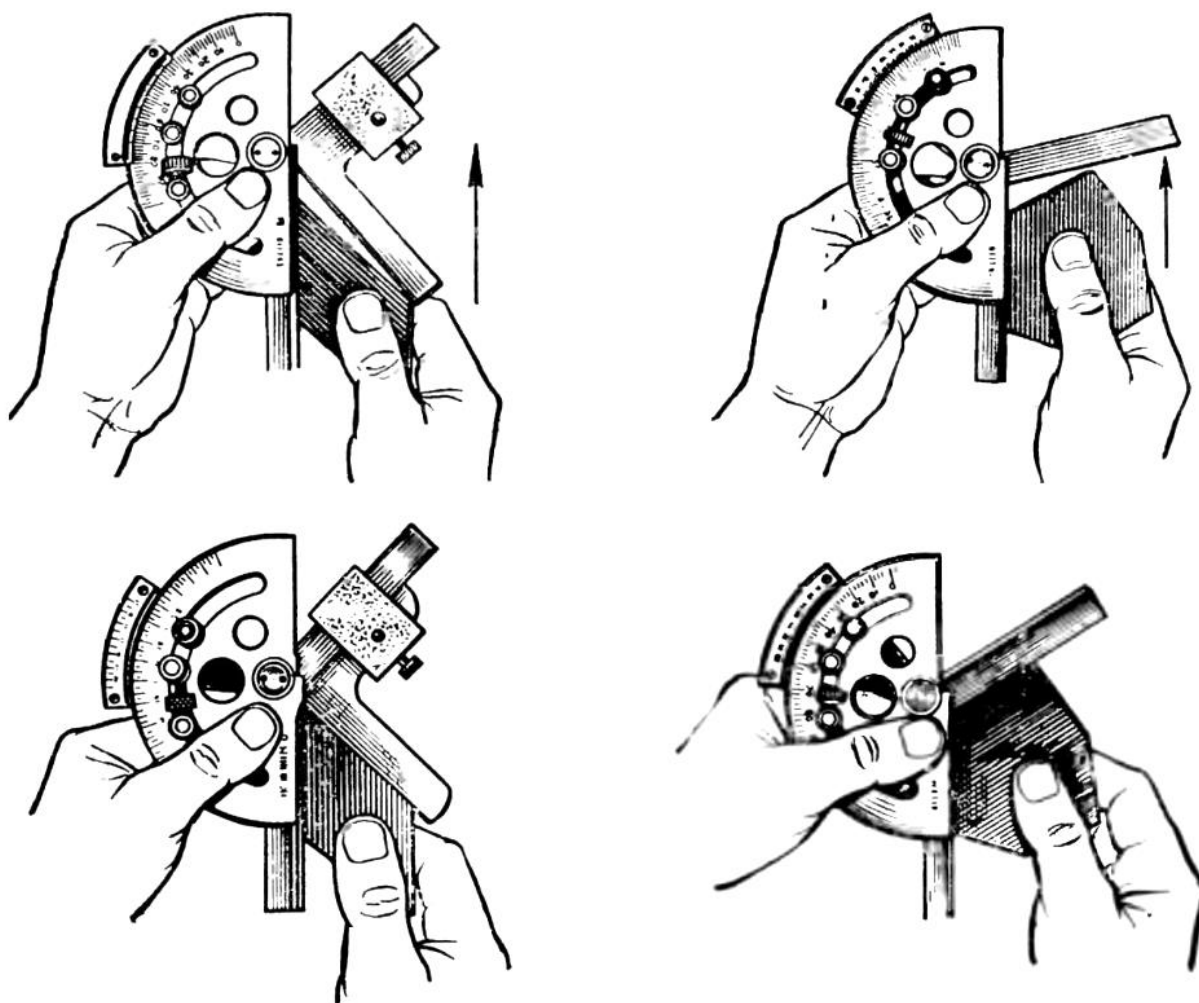


Рисунок 11 – Примеры установки угломера относительно незакрепленной измеряемой детали

Измерение закрепленной детали представлено на рисунке 12.

После применения угломер надо протереть, смазать антикоррозионным составом, ослабить зажимы и уложить в футляр

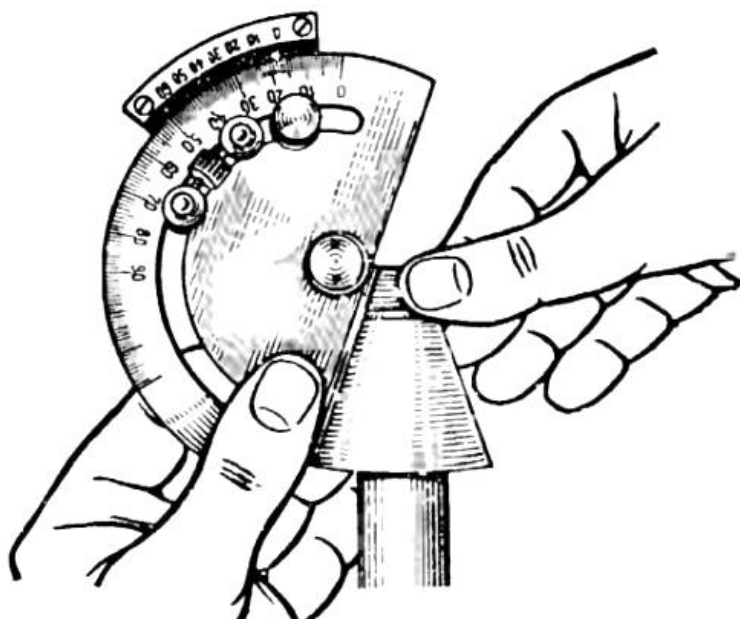
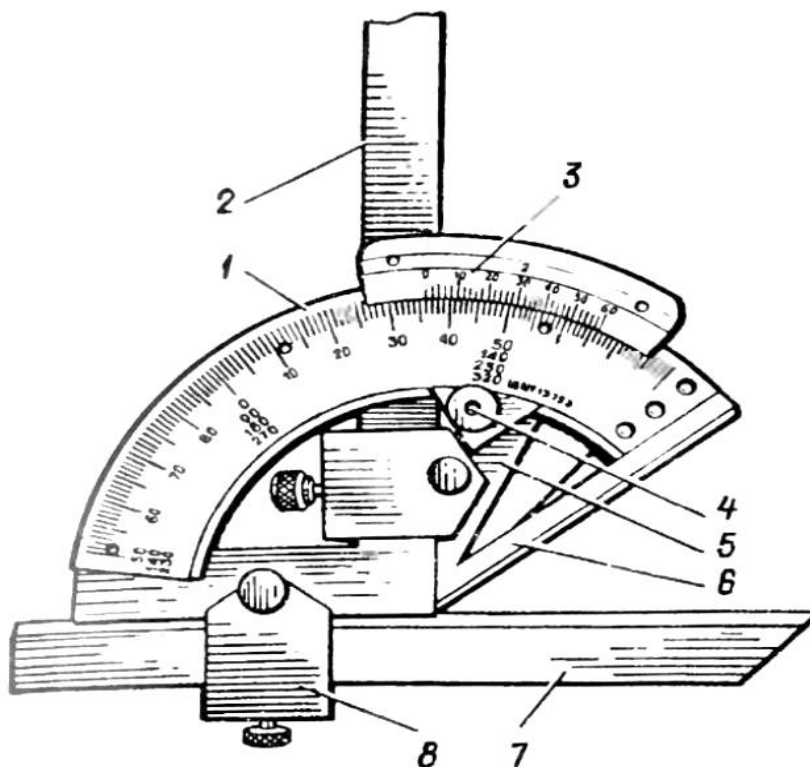


Рисунок 12 – Измерение закрепленной детали

3 Угломер с нониусом типа УН

Угломер предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°. Конструкция угломера представлена на рисунке 13, а его метрологические характеристики – в таблице 2.



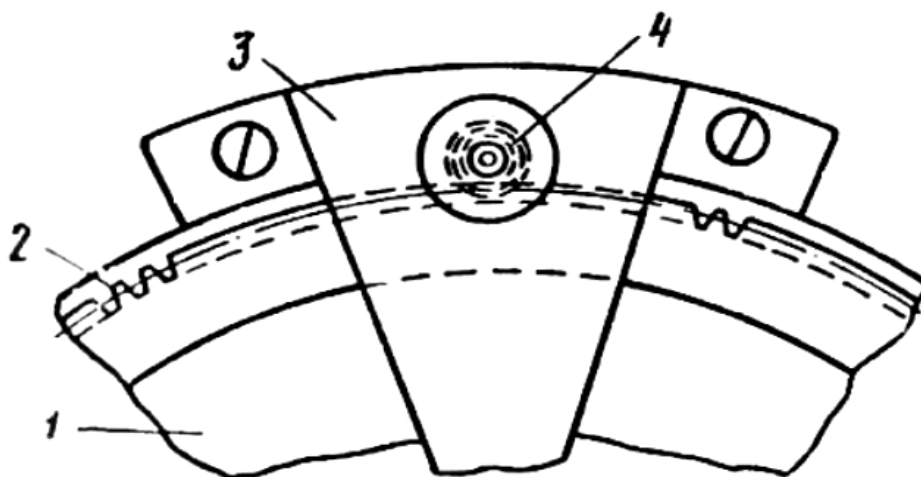
1 – основание; 2 – угольник; 3 – нониус; 4 – стопор; 5 – сектор; 6 – линейка основания;
7 – съемная линейка; 8 – державка

Рисунок 13 – Общее устройство угломера типа УН

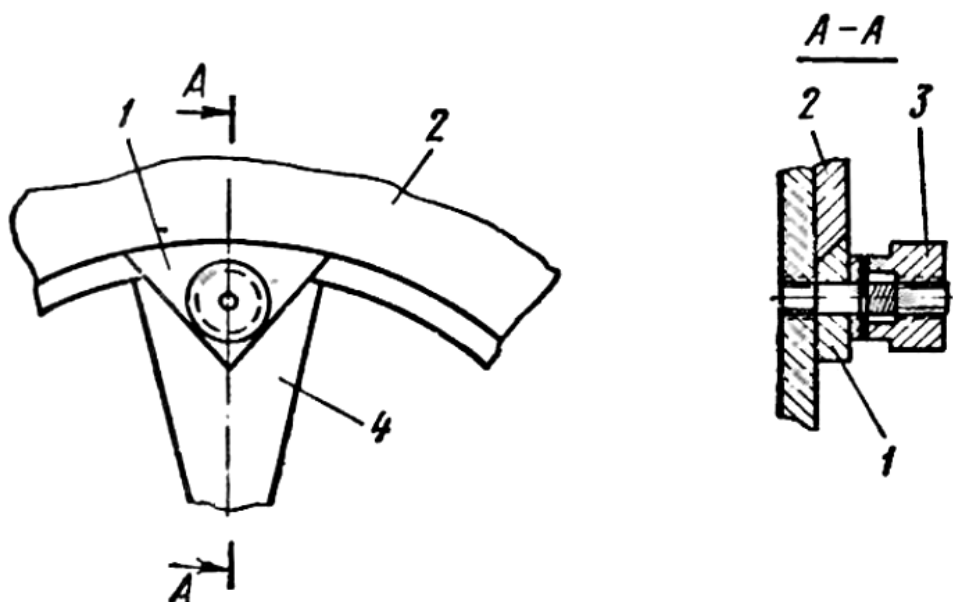
Таблица 2 – Метрологические характеристики угломера УН

Модель	Диапазон измерений, °		Предел допускаемой погрешности, `
	наружных углов	внутренних углов	
УН	0–320	40–180	±2

Микроподача и стопорение осуществляются следующим образом: Сектор с нониусом плавно перемещают по дуге основания при помощи реечной передачи (рисунок 14). Положение угломера фиксируют стопором (рисунок 15).



1 – основание; 2 – рейка; 3 – сектор; 4 – реечное зубчатое колесо
Рисунок 14 – Устройство реечной передачи



1 – сухарь; 2 – основание; 3 – зажимная гайка; 4 – сектор
Рисунок 15 – Устройство стопора

Правая и левая части шкалы основания рассматриваются от его нулевого штриха (рисунок 16).

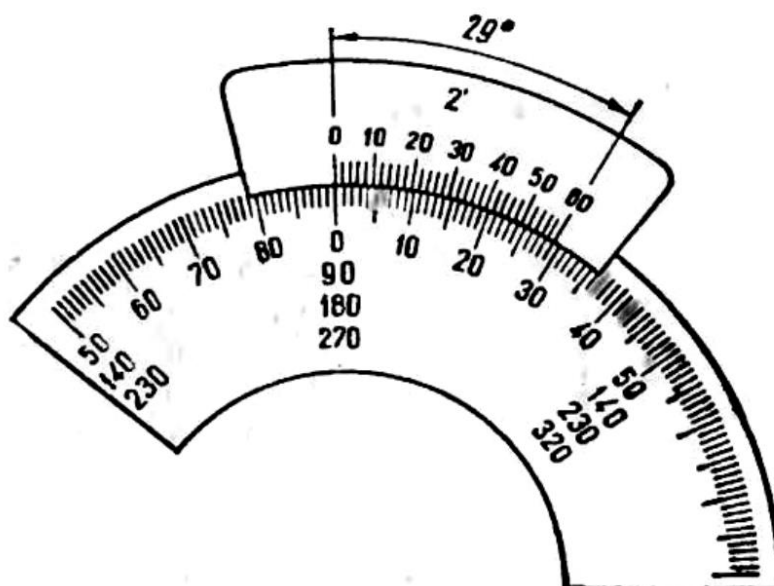


Рисунок 16 – Построение шкалы основания и нониуса

При измерении наружных углов от 0° до 50° показания читают по правой части шкалы (рисунок 17).

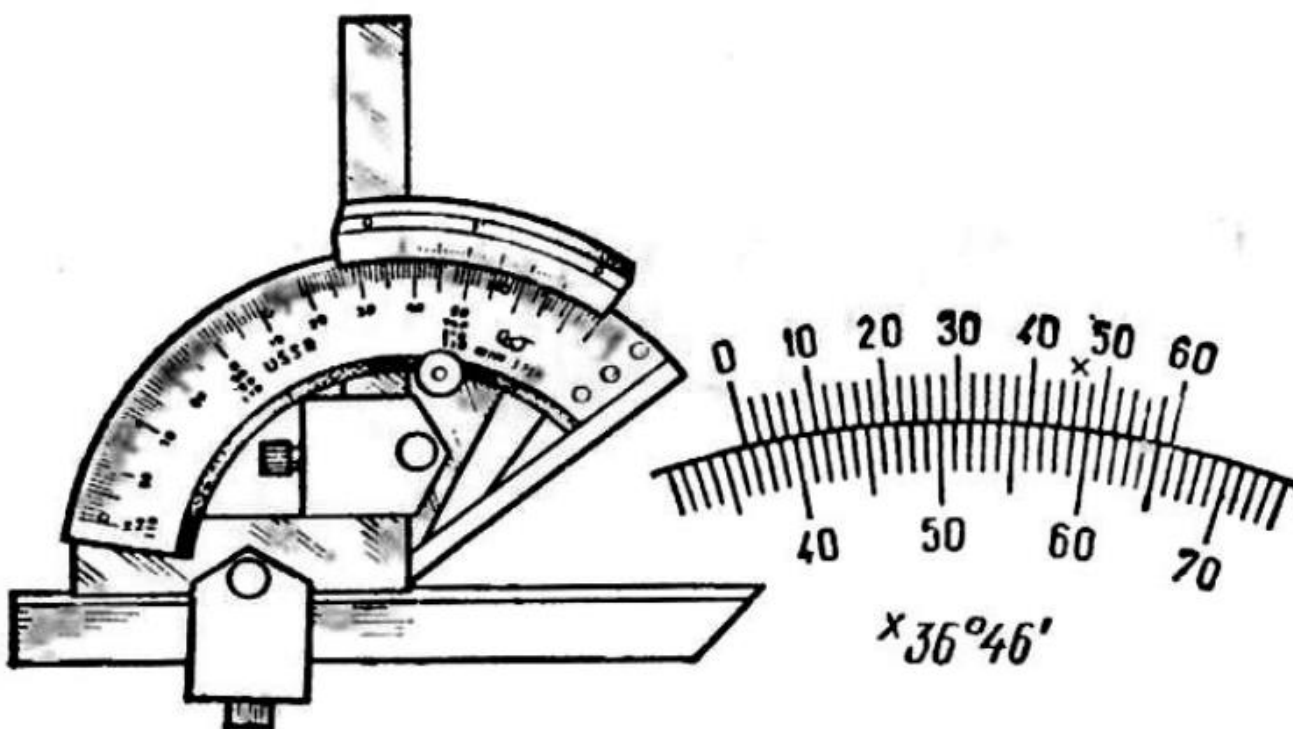


Рисунок 17 – Считывание показаний при измерении наружных углов от 0° до 50°

При измерении наружных углов от 50° до 90° показания читают по левой части шкалы (рисунок 18).

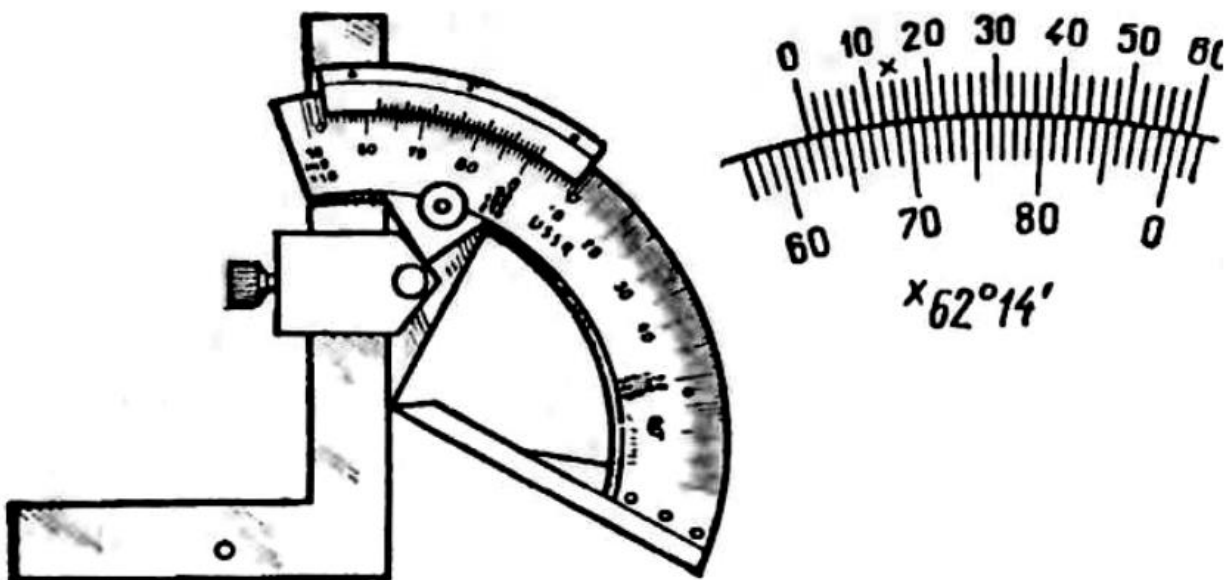


Рисунок 18 – Считывание показаний при измерении наружных углов от 50° до 90°

При измерении наружных углов от 90° до 140° к показаниям правой части шкалы прибавляют 90° (рисунок 19).

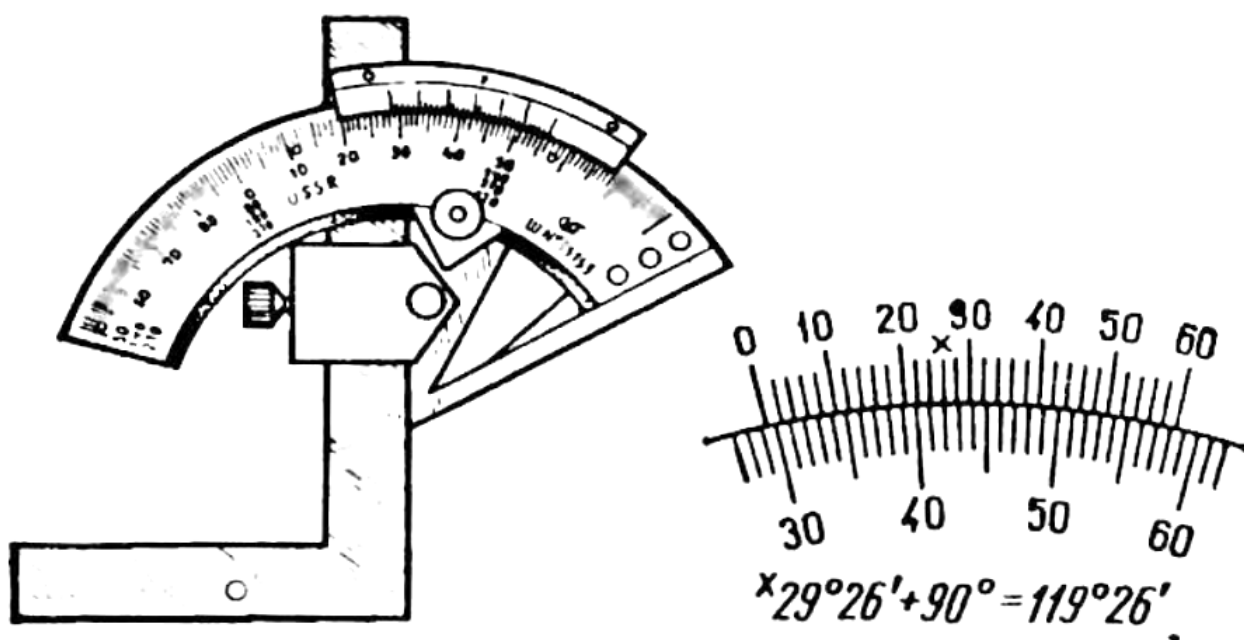


Рисунок 19 – Считывание показаний при измерении наружных углов от 90° до 140°

При измерении наружных углов от 140° до 180° к показаниям левой части шкалы прибавляют 90° (рисунок 20).

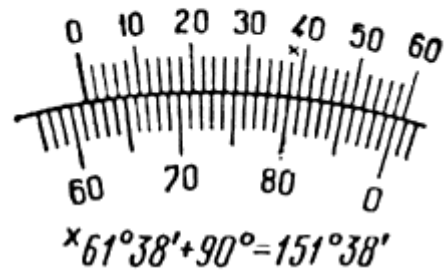
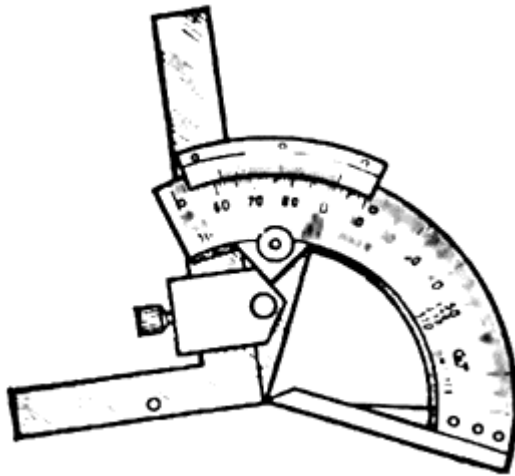


Рисунок 20 – Считывание показаний при измерении наружных углов от 140° до 180°

Считывание показаний при измерении наружных углов от 140° до 180° (рисунок 21).

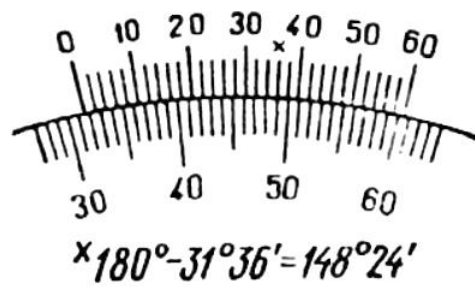
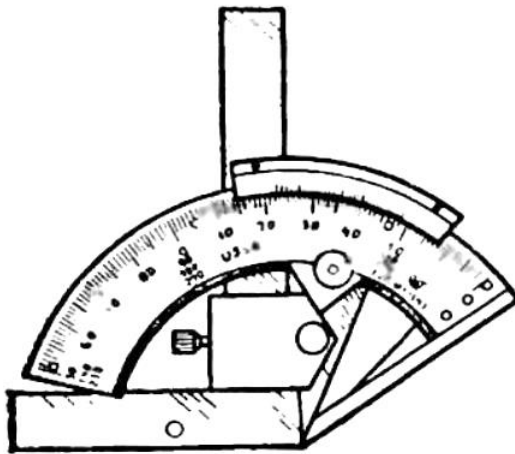


Рисунок 21 – Считывание показаний при измерении внутренних углов от 180° до 130°

При измерении внутренних углов от 130° до 90° показания левой части шкалы вычитают из 180° (рисунок 22).

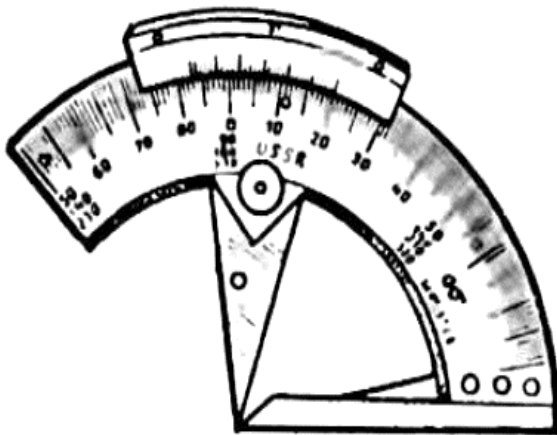


Рисунок 22 – Считывание показаний при измерении внутренних углов от 130° до 90°

При измерении внутренних углов от 90° до 40° показания правой части шкалы вычитают из 90° (рисунок 23).

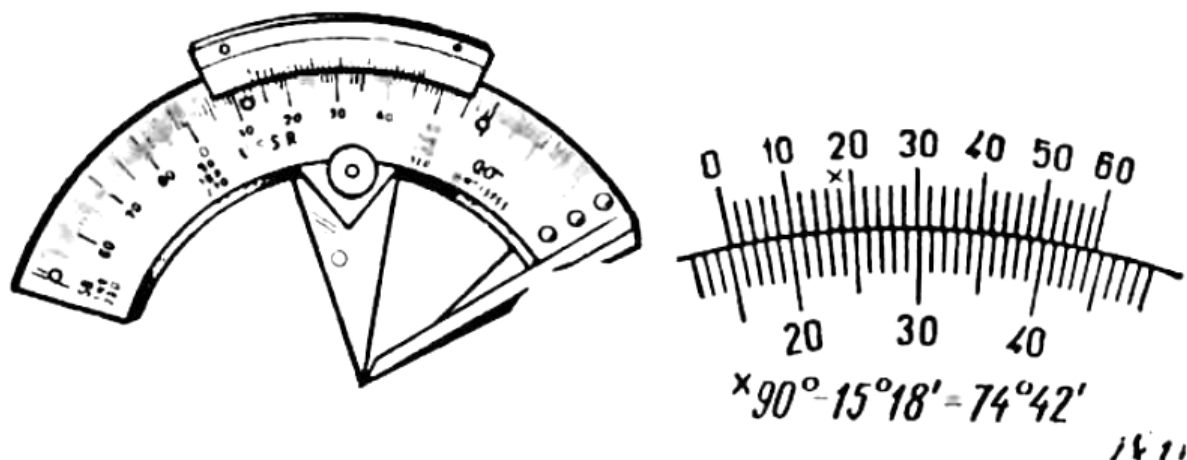


Рисунок 23 – Считывание показаний при измерении внутренних углов от 90° до 40°

Перед применением угломер следует протереть. При отсутствии просвета между измерительными поверхностями нулевые штрихи нониуса и основания должны совпадать (рисунок 24).

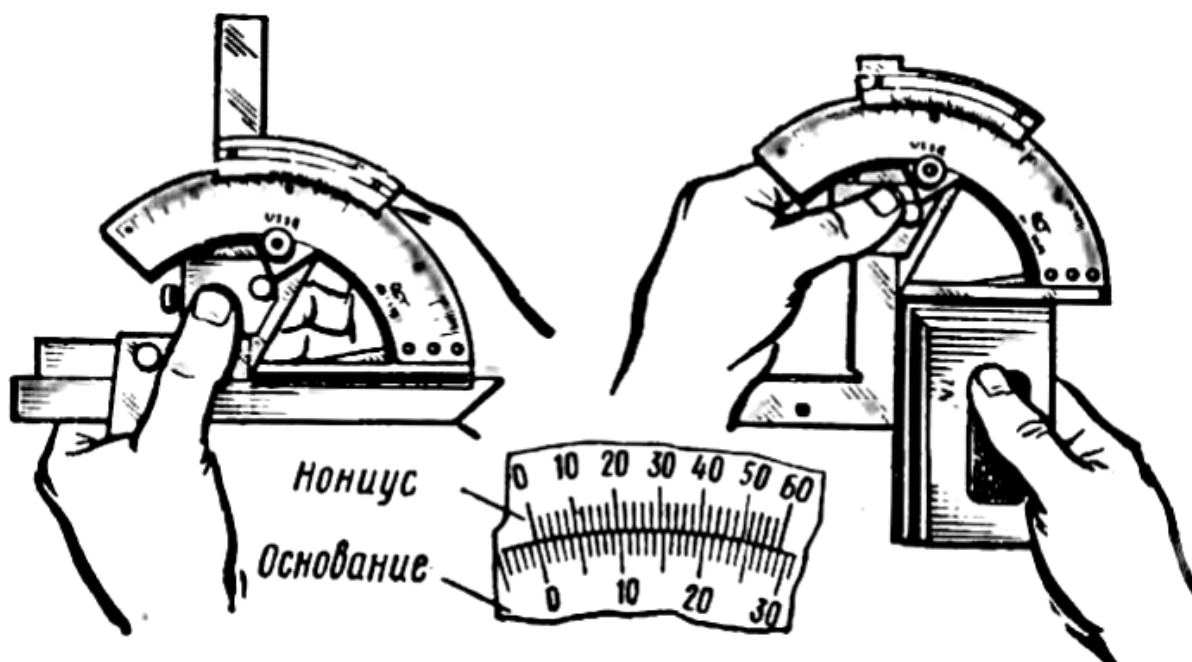


Рисунок 24 – Проверка нулевого положения

Установка угломера относительно наружного угла незакрепленной детали при помощи микроподачи представлена на рисунке 25. Применение микроподачи и стопора при установке размеров показано на рисунке 26.

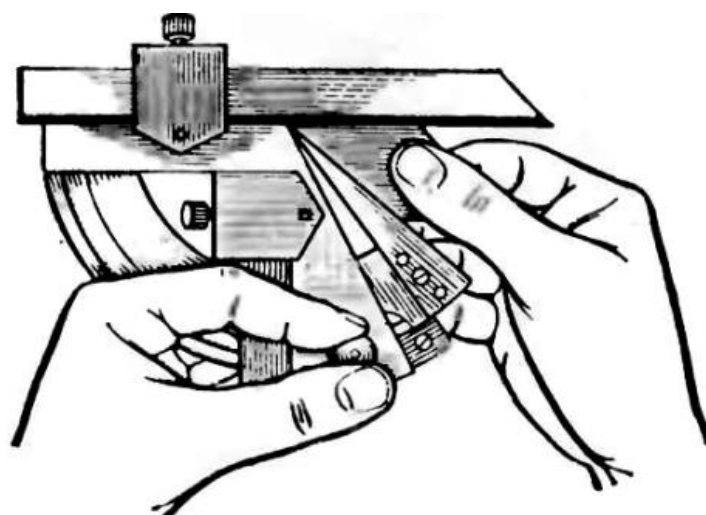


Рисунок 25 – Установка угломера относительно наружного угла незакрепленной детали при помощи микроподачи

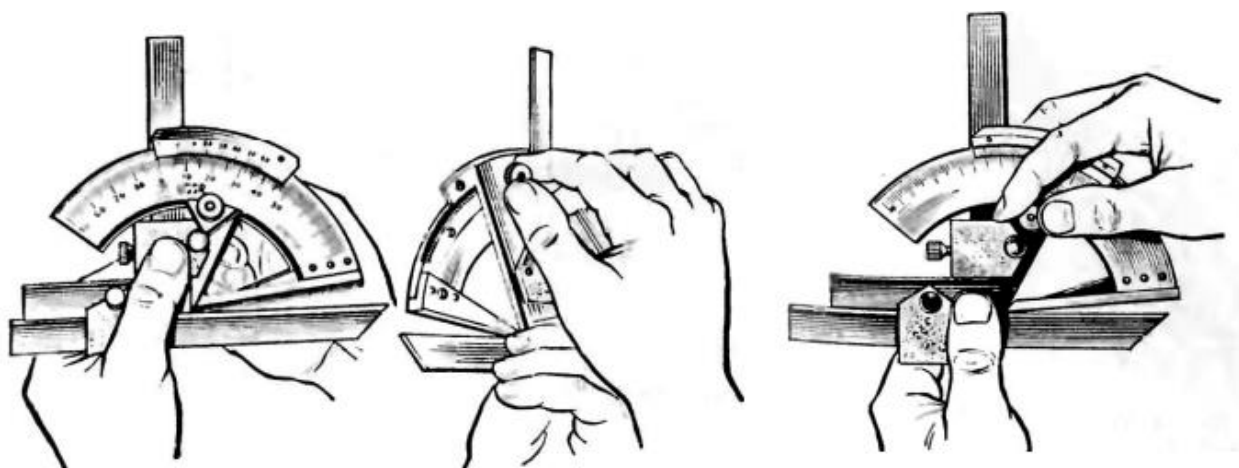


Рисунок 26 – Применение микроподачи и стопора при установке размеров

Установка угломера относительно внутреннего угла незакрепленной детали при помощи микроподачи представлена на рисунке 27.

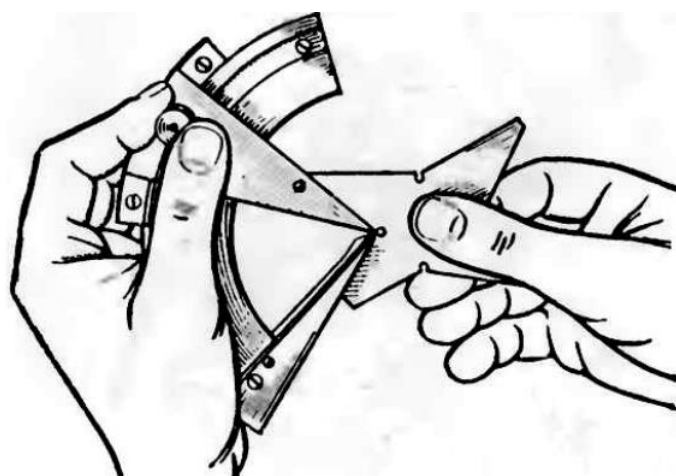


Рисунок 27 – Установка угломера относительно внутреннего угла незакрепленной детали при помощи микроподачи

Измерение незакрепленной детали без применения микроподачи представлено на рисунке 28.

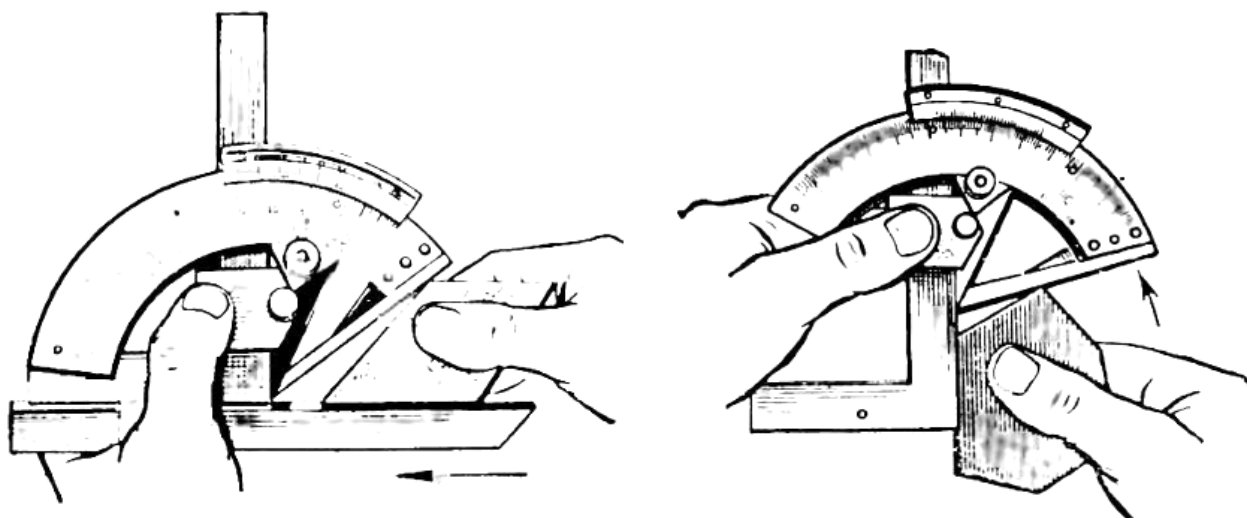


Рисунок 28 – Измерение незакрепленной детали без применения микроподачи

Измерение закрепленной детали проводят следующим образом: линейку основания накладывают на поверхность детали и правой рукой при помощи микроподачи доводят вторую измерительную поверхность угломера до полного соприкосновения с поверхностью детали, являющейся второй образующей проверяемого угла (рисунок 29).

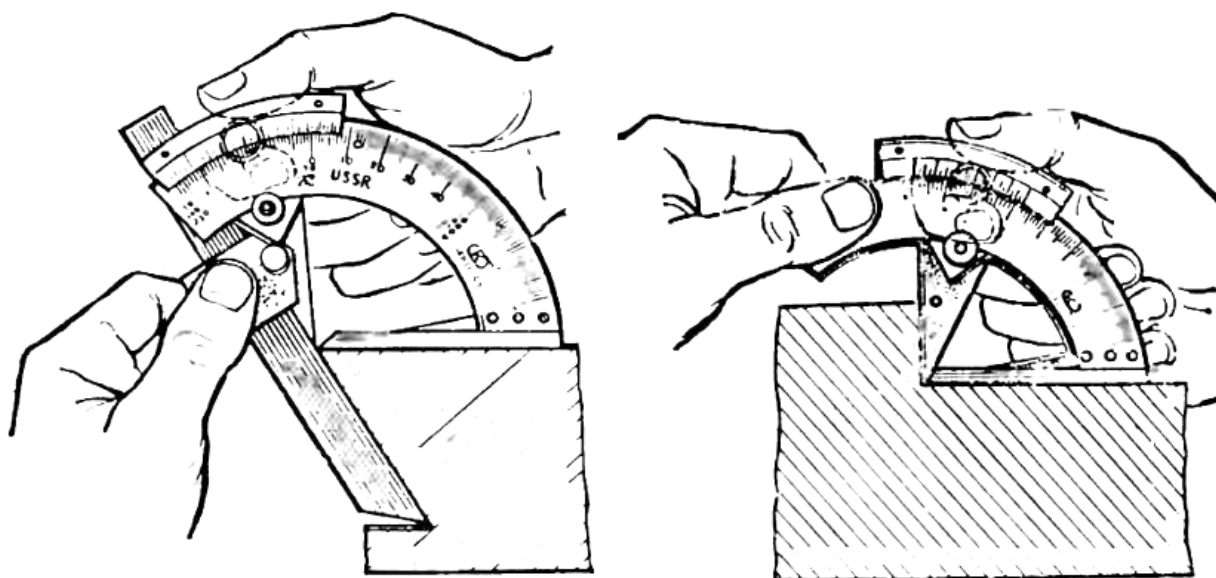
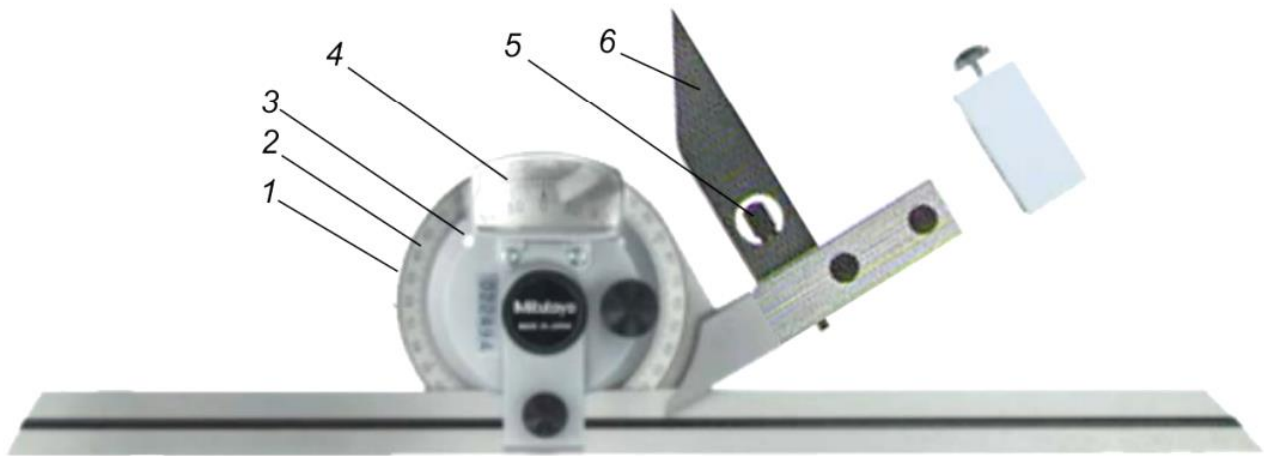


Рисунок 29 – Измерение закрепленной детали

4 Оптический угломер УО

Угломер универсальный оптический УО (рисунок 30) с нониусом предназначен для измерения наружных и внутренних углов, переднего и заднего углов многолезвийного инструмента с прямолинейными и спиральными зубьями, с

равномерным шагом от 5 до 75 мм и с прямолинейным участком по передней и задней граням не менее 1 мм. Метрологические характеристики угломеров УО приведены в таблице 3.



1 – основание; 2 – шкала-лиimbus; 3 – крышка; 4 – нониус с линзой; 5 – микровинт; 6 – линейка со скосом

Рисунок 30 – Общее устройство угломера оптического

Таблица 3 – Метрологические характеристики угломеров УО

Модель	Диапазон измерений, °	Предел допускаемой погрешности, `
УО-2	0–180	±5
УО-3	0–360	±5

Угломер (рисунок 30) смонтирован на круговом основании 1 жестко скрепленным с круговой шкалой-лиimbusом 2. По дуге основания с помощью рычажка с зубчатой передачей вращается крышка 3, несущая нониус 4 и стеклянную линзу, позволяющую точнее снять отсчет показания прибора. Крышка крепится к основанию с помощью винта, который позволяет закрепить одну из двух прилагаемых линеек с пазами, в которые входит шпонка. К основанию угломера с помощью двух винтов, расположенных с интервалом 22 мм прикреплена пластина с выдержанным зазором 3 мм между пластинами. В зазор между этими двумя винтами с помощью микровинта 5 присоединяется одна (жестко фиксируемая) из двух измерительных баз угломера, выполненная в виде небольшой линейки со скосом 6.

Перед началом работы проверить правильность установки угломера, а именно, совпадение нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом шкалы основания, а также последнего штриха нониуса со штрихом шкалы основания, при этом рабочее ребро линейки должно совпасть с рабочей плоскостью измерительной линейки без видимого зазора.

Измерение углов, размеров их сторон, всевозможных сложных контуров, уступов и выемок осуществлять путем различных комбинаций отдельных измерительных звеньев угломера. Сменные линейки, прилагающиеся к угломеру,

имеют различные углы скосов на концах, что позволяет выбрать наиболее удобную схему измерения.

Измерение производится контактным методом. При измерении внутренних углов угломер установить на угол, дополняющий измеряемый внутренний угол до 360° . Пример: для измерения угла в $57^\circ 34'$ угломер необходимо установить на угол $360^\circ - 57^\circ 30'$, т.е. на угол $302^\circ 30'$. Отсчет показаний производится по основной шкале $0-360^\circ$ с ценой деления 1° и по нониусному устройству с ценой деления $5'$.

Точная установка при измерении углов обеспечивается микрометрической подачей, путем вращения гайки с накаткой, расположенной с тыльной стороны угломера. Фиксирование осуществляется стопорным устройством.

Приёмы измерений оптическим угломером представлены на рисунках 31-35.

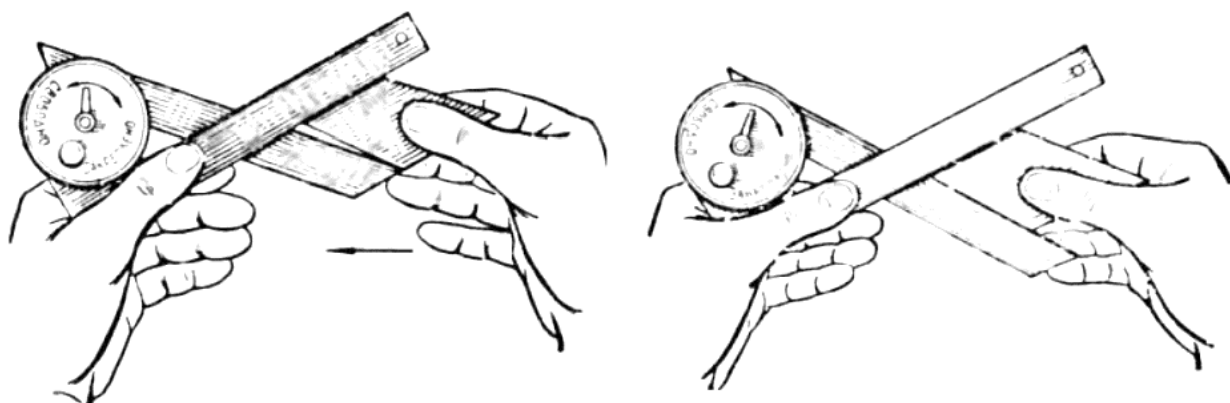


Рисунок 31 – Измерение углов от 0° до 90° , когда стороны проверяемых углов прикасаются к нижним измерительным поверхностям сдвоенной и сменной линеек

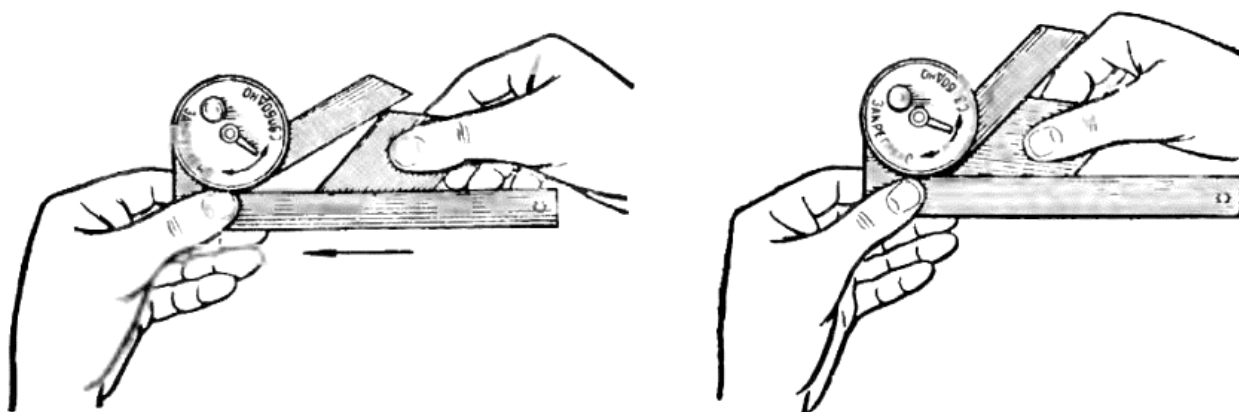


Рисунок 32 – Измерение углов от 0° до 90° , когда стороны проверяемых углов прикасаются к верхней измерительной поверхности сдвоенной линейки и нижней измерительной поверхности сменной линейки

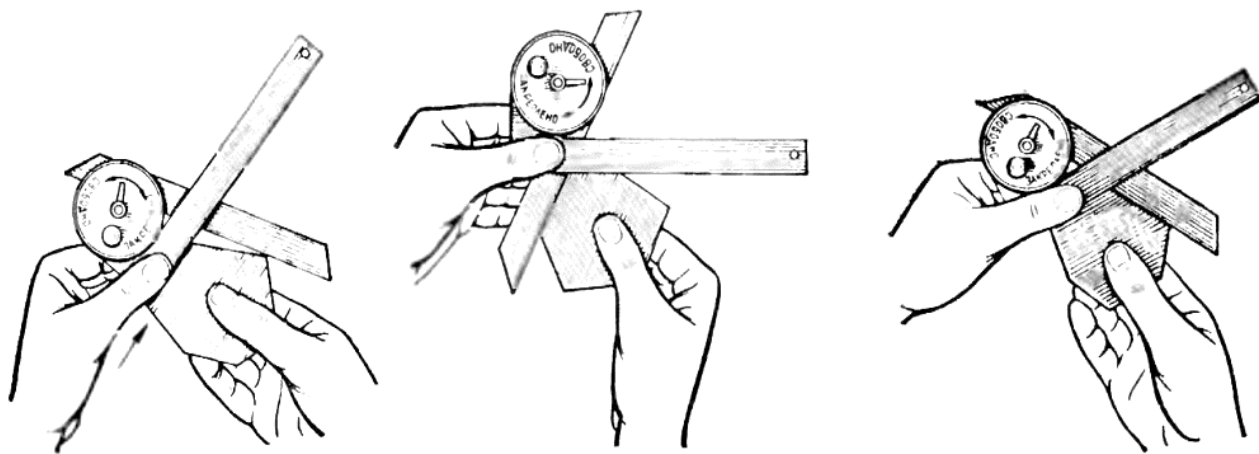


Рисунок 33 – Измерение углов от 90° до 180° , когда стороны проверяемых углов прикасаются к нижним измерительным поверхностям сдвоенной и сменной линеек

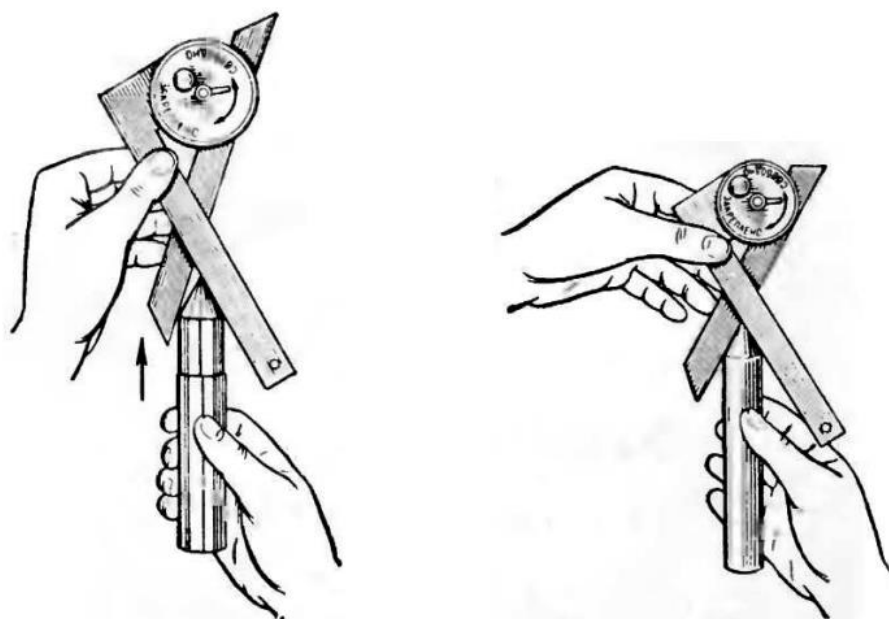


Рисунок 34 – Измерение угла при вершине конической поверхности

Призматическая
подставка

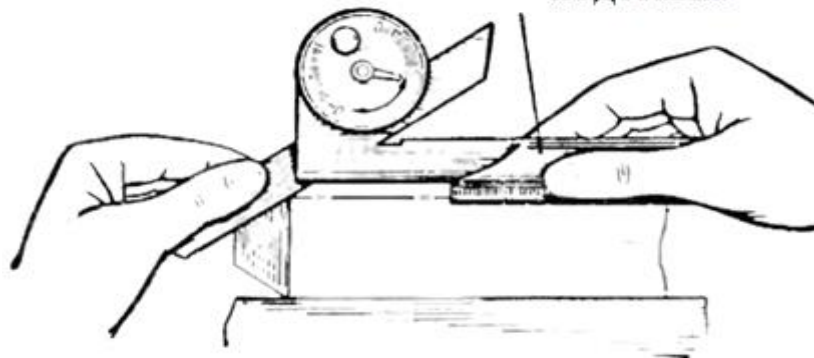


Рисунок 35 – Измерение угла детали, одной из образующихся которого является цилиндрическая поверхность

5 Порядок обработки и форма представления результата прямого измерения

Сначала определяют среднее арифметическое из результатов наблюдений

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Затем оценивают среднее квадратическое отклонение результатов измерений

$$S_{\tilde{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2}.$$

Затем определяют границу не исключённой систематической погрешности результата измерений Θ . В качестве границ составляющих не исключённой систематической погрешности принимают пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений, если случайные составляющие погрешности пренебрежимо малы.

Пример.

При измерении некоторой величины были получены следующие значения: $x_1 = 16,6$; $x_2 = 16,8$; $x_3 = 16,4$; $x_4 = 17,2$; $x_5 = 17,0$; $x_6 = 16,2$; $x_7 = 16,8$; $n = 7$; $\Theta = 0,1$.

Необходимо определить \tilde{x} и $S_{\tilde{x}}$.

$$\tilde{x} = \frac{1}{7} (16,6 + 16,8 + 16,4 + 17,2 + 17,0 + 16,2 + 16,8) = 16,71;$$

$$S_{\tilde{x}} = \sqrt{\frac{1}{7(7-1)} (16,6 - 16,71)^2 + (16,8 - 16,71)^2 \dots + (16,8 - 16,71)^2} = 0,14$$

Результат: $\tilde{x} = 16,71$; $S_{\tilde{x}} = 0,14$; $n = 7$; $\Theta = 0,1$.

Библиографический список

- 1 Берков, В.И. Технические измерения (альбом): Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1983. – 144 с.
- 2 Васильев, А.С. Основы метрологии и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
- 3 ГОСТ 5378–88. Угломеры с нониусом. Технические условия.
- 4 Заляева, Г.О., Алексейчук С.И. Стандартизация, сертификация и метрология. Сборник методических указаний / Г.О. Заляева, С.И. Алексейчук. – Петропавловск Камчатский: КГТУ, 2001. – 45 с.
- 5 Иванов, А.И., Полещенков П.В. Практикум по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям / А.И. Иванов, П.В. Полещенков. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
- 6 Иванов, Л.И. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник. – М.: Колос, 1984. – 352 с.
- 7 Обработка результатов измерений: Методические указания / Г.И. Весничева, В.Ф. Худяков, З.К. Яковлева и др. – С.-Пб.: ГОУ ВПО СПбГУАП, 2003. – 46 с.
- 8 Простейшие механические средства измерений линейных и угловых размеров: Лабораторный практикум по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» / Составитель Г.Р. Муртазин. – Казань: КГАУ, 2007. – 30 с.
- 9 Серый, И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

Учебное пособие

Аверин Николай Витальевич,
Асаев Александр Семенович

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

Учебное пособие

Подписано в печать _____. Тираж ____ экз.
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53