

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

**Будко С.И., Киселева Л.С.**

**УСТРОЙСТВО, НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ**

Методические указания к лабораторной работе  
по курсу  
«Основы взаимозаменяемости и технические измерения»

БРЯНСК 2021

УДК 528.52 (076)

ББК 30.10

Б 90

Будко, С. И. Устройство, настройка и эксплуатация универсальных средств измерения углов: методические указания к лабораторной работе по курсу «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» / С. И. Будко, Л. С. Киселева. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 21 с.

Методическое пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Рецензент: к.э.н., доцент Гринь А.М.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского государственного аграрного университета, протокол №3 от 25 октября 2021 года.

© Брянский ГАУ, 2021

© Будко С.И., 2021

© Киселева Л.С., 2021

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях повышение технического уровня качества продукции, работ и услуг неразрывно связано с повышением уровня измерений и профессионально-технических знаний в области линейно-угловых измерений. На предприятиях машиностроения, ремонтного производства и технического сервиса рабочие в повседневной практической деятельности постоянно сталкиваются с необходимостью контроля размеров изделий, проведения измерений и оценки полученных результатов.

Основные требования, предъявляемые к техническим измерениям в машиностроении – точность, производительность и возможность заранее предупредить появление брака. В ремонтном производстве, как одной из отраслей машиностроения, к техническим средствам предъявляют такие же требования. Однако при ремонте машин часто необходимо проводить специфические измерения, связанные с дефектацией, проверкой соединений новых деталей с частично изношенными деталями, использованием ремонтных размеров. Поэтому от рабочих требуется знание средств измерений и умение ими пользоваться.

Методические указания предназначены для ознакомления студентов с эксплуатацией, настройкой и метрологической характеристикой универсальных средств измерения углов.

Методические указания для проведения лабораторной работы разработаны в соответствии с программой дисциплины "Основы взаимозаменяемости и технические измерения" для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Для качественного выполнения лабораторной работы ее содержание приводится в логической последовательности и включает сле-

дующие части: цель работы; применяемые измерительные приборы, детали, материалы; краткие теоретические сведения по теме; порядок выполнения работы; форму отчета; контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

Для закрепления полученных знаний в Приложении приводятся тестовые задания для самостоятельной работы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть: практическими навыками в области технических измерений.

**УК-2:** Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

**ОПК-2:** Способен использовать нормативные правовые акты и оформлять специальную документацию в профессиональной деятельности.

## УСТРОЙСТВО, НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

*Цель работы:* 1. Изучить методы и средства измерения углов.  
2. Освоить методику измерения угловых размеров с помощью угломера с нониусом.

*Принадлежности:* Угломер транспортирный с нониусом конструкции Кушникова. Угломер конструкции Семенова. Оптический угломер. Образцы плоских деталей с различными внешними и внутренними углами.

### 1 Теоретические сведения

*Угломер* – это механический или электронный прибор, предназначенный для точного определения углов между поверхностями, элементами конструкций, деталями или узлами оборудования, а также между удаленными объектами. Измерение углов производится в градусах с помощью специальной шкалы с механическим указателем, нониуса или электронного дисплея (в зависимости от типа прибора).

В наиболее простом варианте угломер: электронный, механический состоит из двух измеряющих поверхностей (линеек) закрепленных на одной оси. Будучи подвижными, они свободно располагаются под углом относительно друг друга. Для определения значения угла, в зависимости от типа устройства, используется линейчатая, линейчато-круговая шкала, электронное отсчетное устройство или другие дополнения.

Угломеры предназначены для проведения абсолютных прямых измерений контактным методом.

Перед измерением угломер необходимо очистить от защитной смазки. Для этого рекомендуется промыть его в бензине и протереть насухо чистой хлопчатобумажной тканью.

Перед измерением необходимо провести нулевую установку угломера. Для угломеров с нониусом совмещают измерительные поверхности линейки основания и съемной линейки и при отсутствии просвета между ними проверяют совпадение нулевого и последнего штриха нониуса со штрихами основной шкалы.

Основной из измерительных поверхностей для угломера УМ и УН является поверхность основания угломера, которая совпадает с диаметральной плоскостью шкалы основания. Второй измерительной плоскостью для угломера УМ является поверхность угольника, для угломера УН – поверхность съемной линейки, собранной вместе с угольником.

Для оптического угломера УО установка на нуль проверяется с помощью угловой призматической меры  $90^\circ$ . При отсутствии просвета между измерительными поверхностями угломера и меры отсчетный указатель должен совпадать со штрихом  $90^\circ$ .

При работе с угломером деталь устанавливают между измерительными поверхностями средства измерения, прижимают деталь к неподвижной поверхности основания угломера для угломеров с нониусом и перемещают вторую измерительную поверхность угломера до полного соприкосновения с поверхностью детали, которая является второй образующей измеряемого угла. После чего положение угломера фиксируется стопором и считывается показание средства измерения. При работе с оптическим угломером поверхность измеряемой детали прижимают к двоянной линейке и, перемещая сменную ли-

нейку до соприкосновения с поверхностью детали, считывают показания, предварительно фиксируя положение угломера стопором.

Для измерения углов с точностью до  $2'$  и грубее применяются угломер с нониусом транспортный или оптический угломер.

Широкое применение нашли *угломеры транспортные с нониусом конструкции Кушникова* (УМ) для измерения наружных углов от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  с ценой деления основной шкалы  $1^\circ$ , а отсчет по нониусу  $2'$  или  $5'$ .

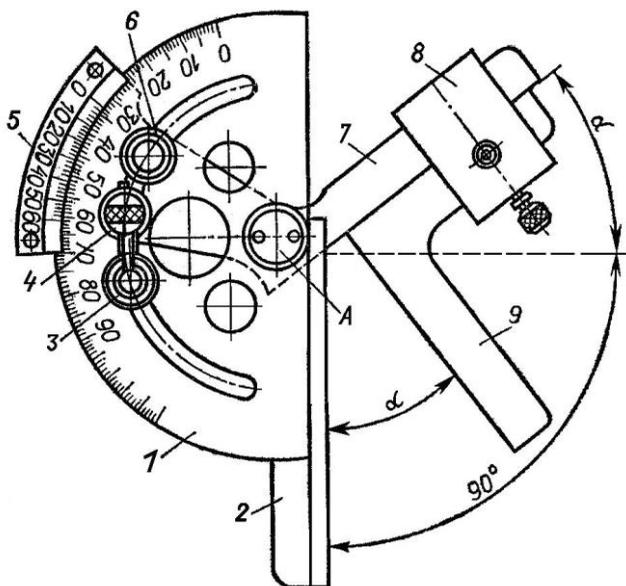
Основанием угломера является полудиск 1 (рисунок 1), на котором нанесена шкала от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . С диском жестко скреплена линейка основания 2. Подвижная линейка 7 вращается вместе с нониусным сектором 5 вокруг оси А. Нониусный сектор 5 связан с микровинтом 4.

Для точной установки необходимо застопорить винт 3 и, вращая микровинт 4, добиться требуемого положения нониусной шкалы, зафиксировав его стопорным винтом 6. Для измерения углов от  $0$  до  $90^\circ$  на подвижную линейку 7 крепится с помощью хомутика 8 угольник 9. Углы от  $0$  до  $90^\circ$  измеряют установленным угольником. На рисунке этой позиции соответствует положение при измерении угла  $\alpha$ . Измерение углов от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  производится без угольника. В этом случае к показаниям угломера нужно прибавить  $90^\circ$ . На рисунке эта позиция показана углом  $90^\circ + \alpha$ . Правила отсчета по угловому нониусу аналогичны правилам отсчета по нониусу штангенинструментов, только измеряемое значение выражается в угловых единицах.

Настройку угломера для измерений углов меньше  $90^\circ$  ведут в следующем порядке.

1. С помощью хомутика 8 соединяют угольник 9 с линейкой 7.
2. Проверяют совпадение нулевых штрихов основной шкалы и шкалы нониуса. Для этого плоскость угольника 9 доводят до сопри-

косновения с плоскостью линейки 2 так, чтобы между ними не было просвета. Если нулевые штрихи не совпадают, нужно переместить шкалу нониуса, воспользовавшись помощью лаборанта.



1 – линейка; 2 – сектор-основание; 3 – стопор микровинта; 4 – микровинт; 5 – нониусный сектор; 6 – стопорный винт; 7 – подвижная линейка; 8 – хомутик; 9 - угольник

Рисунок 1 - Угломер транспортирный с нониусом конструкции Кушникова

3. Ослабив стопорный винт 6, вводят между плоскостями линейки 2 и угольника 9 измеряемую деталь. После этого сближают плоскости так, чтобы между ними и плоскостями измеряемой детали отсутствовал просвет. Точную доводку следует осуществлять с помощью микровинта 4 при застопоренном винте 3.

4. Стопорят нониусный сектор винтом 6 и производят отсчет. Отсчет выполняют так же, как и при использовании штангенциркуля.

Пример. На рисунке 2, при измерении детали нулевой штрих шкалы нониуса занял положение между 15-м и 16-м градусами основной шкалы. Значит, искомый угол будет равен  $15^\circ$  и какой-то части 16-го. Эта часть 16-го деления определяется числом делений шкалы нониуса, расположенных левее того штриха шкалы нониуса, который совпадает со штрихом основной шкалы.

В данном примере совпадает 8-й штрих. Это значит, что часть следующего деления основной шкалы будет равна

$$\Delta = ne,$$

где  $n$  – число делений шкалы нониуса, лежащих левее совпадающего штриха;

$e$  – точность отсчета по нониусу, которая определяется по уравнению  $e = c/n$ .

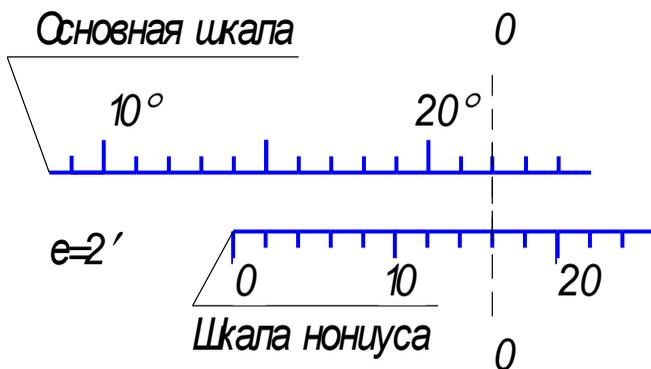


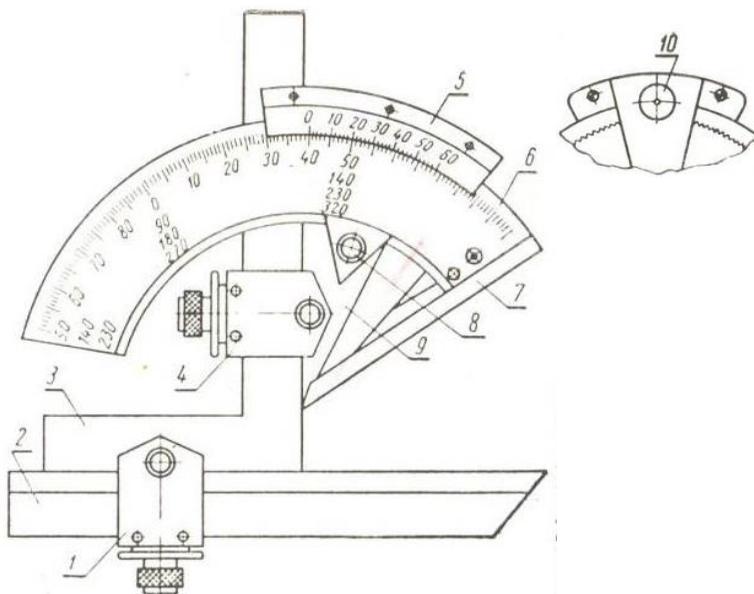
Рисунок 2 – Пример расчета по угломеру

Так как в рассматриваемом угломере  $\epsilon = 2'$ , общий размер будет равен  $C = 15^\circ + 8 \cdot 2' = 15^\circ 16'$ .

**Угломер конструкции Семенова** (УН) (рисунок 3) предназначен для измерений наружных и внутренних углов. Путем различных комбинаций в установке деталей угломер можно использовать для измерения углов в диапазоне от 0 до  $320^\circ$ , причем наружные углы измеряют от 0 до  $180^\circ$ , а внутренние – от  $40^\circ$  до  $180^\circ$ . Цена деления основной шкалы  $1^\circ$ , а отсчет по нониусу  $2'$ . Угломер состоит из сектора 6, на котором нанесена основная градусная шкала, и сектора 9, соединенного с нониусной шкалой 5. На основном секторе 6 одна шкала располагается вправо от нуля, а другая влево. В зависимости от измеряемого угла отсчет можно вести или по одной, или по другой шкале. С основным сектором жестко связана линейка 7. Основной сектор можно легко перемещать вдоль нониусной шкалы и стопорить прижимом 8. К пластине нониусного сектора 9 хомутиком 4 присоединяется угольник 3. В свою очередь, к угольнику 3 хомутиком 1 крепится линейка 2. Для удобства установки угломера при измерениях в тесных местах один конец линейки 2 скошен. Точная установка рабочей грани сектора относительно рабочей грани линейки основания осуществляется микрометрической подачей путем вращения гайки 10 с накаткой. Гайка 10 расположена на обратной стороне нониусного сектора 9.

Подготовка угломера для измерений наружных углов:

а) при измерениях углов от 0 до  $50^\circ$  угломер используют в полном сборе, рисунок 3. В такой комбинации одной гранью угла будет грань линейки 7, а другой – грань линейки 2. Отсчет ведут по правой шкале;



1 и 4 – хомутики крепления линейки и угольника; 2 – сменная линейка; 3 – угольник; 5 – нониусная шкала; 6 – сектор-основание; 7 – линейка; 8 – прижим; 9 – нониусный сектор; 10 - гайка

Рисунок 3 – Угломер конструкции Семенова

б) при измерении наружных углов от  $50$  до  $140^\circ$  линейку 2 перестраивают в хомутик 4, удалив угольник 3. Раствор между измерительными гранями увеличивается на  $90^\circ$ , так как линейка 2 переходит в положение, указанное на рисунке 4. Если при измерениях не требуется высокая точность, достаточно выдвинуть угольник 3 (рисунок 3) и, если нужно удалить линейку 2 вместе с хомутиком 1. На рисунке 4 это положение показано штрих-пунктиром. При измерениях углов от  $50$  до  $90^\circ$  используют левую шкалу (рисунок 4.а), а при измерениях углов от  $90$  до  $140^\circ$  - правую шкалу (рисунок 4.б);

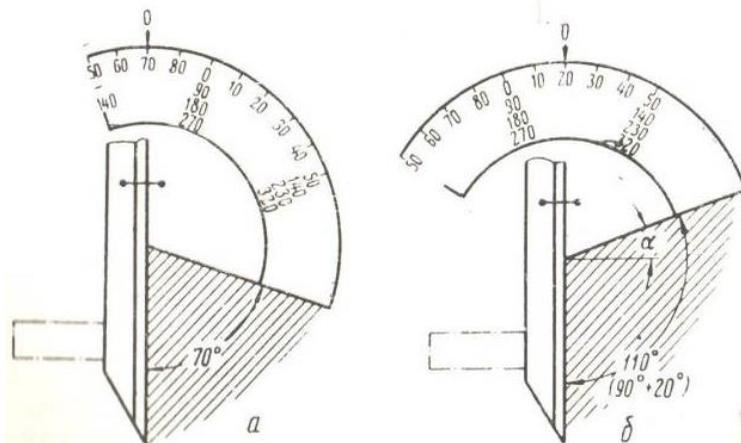


Рисунок 4 – Положение деталей угломера при измерениях наружных углов от 50 до 140°

в) при измерениях наружных углов от 140 до 180° отъединяют от угольника 3 (рисунок 3) линейку 2 вместе с хомутиком 1. Раствор между измерительными гранями линеек увеличивается еще на 90° (рисунок 5). Отсчет ведут по левой шкале.

Подготовка угломера для измерений внутренних углов:

а) при измерениях внутренних углов от 180 до 130° используют ту же компоновку деталей угольника, что и при измерениях наружных углов от 140 до 180° (рисунок 5). Но в этом случае отсчет ведут по правой шкале (рисунок 6);

б) при измерениях внутренних углов от 130 до 40° снимают с угломера угольник 3 (рисунок 3), линейку 2 и соединяющие их хомутики 4 и 1. В этом случае измерительными гранями будут грань линейки 7 и грань пластинки нониусного сектора 9. Внешний угол, заключенный между ними, увеличивается на 90° и будет изменяться от

230 до 320°, что и соответствует измеряемым внутренним углам в 130-40° (рисунок 6).

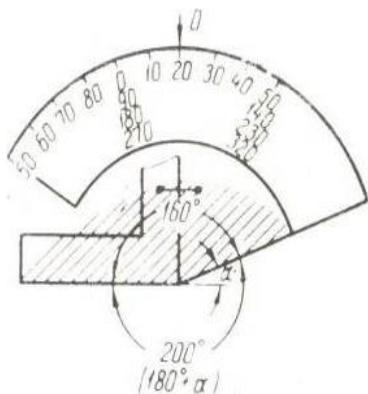


Рисунок 4 – Положение деталей угломера при измерениях наружных углов от 140 до 180°

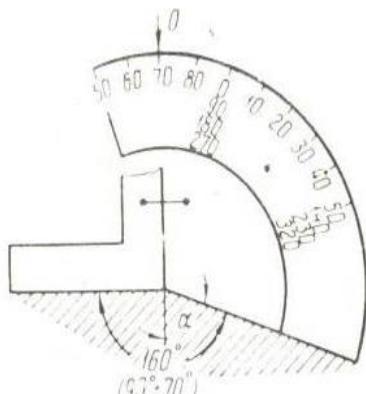


Рисунок 5 – Положение деталей угломера при измерениях внутренних углов от 130 до 180°

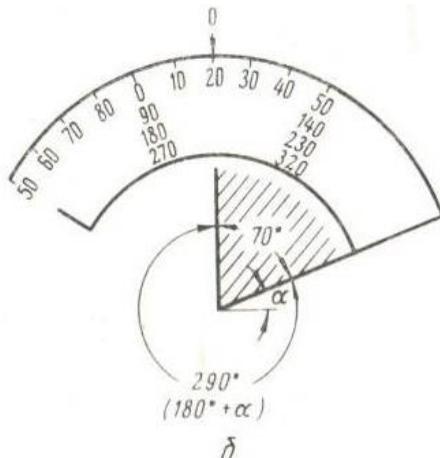
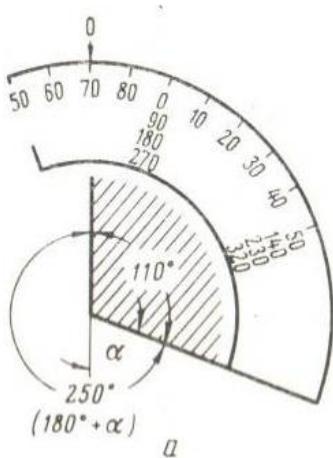


Рисунок 6 – Положение деталей угломера при измерениях внутренних углов от 40 до 130°

Примеры использования угломера конструкции Семенова показаны на рисунке 7.

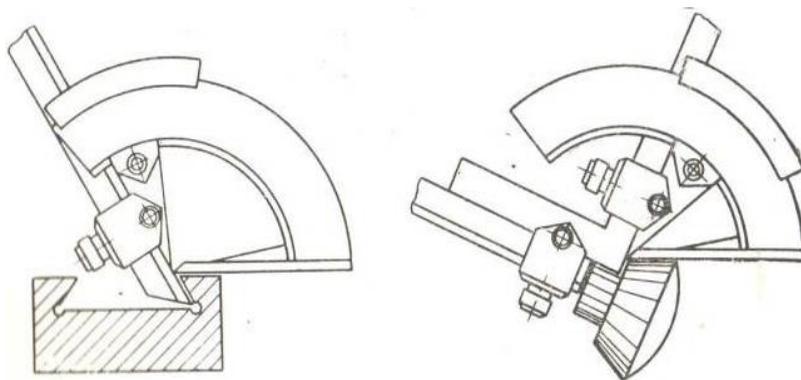


Рисунок 7 – Примеры применения угломера конструкции Семенова

Настройка угломера и измерения :

1. Укомплектовывают угломер в соответствии с типом и значением измеряемого угла.

2. Проверяют совпадение нулевых штрихов основной и нониусной шкал:

а) для случая, представленного на рисунке 3, проверку ведут путем сближения граней линеек 2 и 7. В этом положении между линейками не должно быть просвета, а нулевые штрихи должны совпадать;

б) для случая, представленного на рисунке 4, проверку ведут путем введения между гранями линеек 2 и 7 угловой меры в  $90^\circ$ . При совмещении нулевых штрихов между гранями линеек и угловой меры не должно быть просвета;

в) для случая, представленного на рисунках 5 и 6, проверку ведут путем приложения острой грани линейки 2 к граням угольника 3 и

линейки 7. Отсутствие просвета между линейками и совпадение в этом случае нулевых штрихов свидетельствуют о правильной настройке угломера.

3. Измеряют угол, прикладывая к одной стороне угла:

а) при измерениях углов от 0 до  $50^\circ$  - грань линейки 2 (рисунок 3);

б) при измерениях углов от  $50$  до  $140^\circ$  - грань линейки 2 или грань угольника 3 (рисунки 3, 4 и 7);

в) при измерениях углов от  $140$  до  $230^\circ$  - грань линейки 3 (рисунки 3 и 7);

г) при измерениях углов от  $230$  до  $320^\circ$  - грань пластинки нониусного сектора 9 (рисунки 3 и 6).

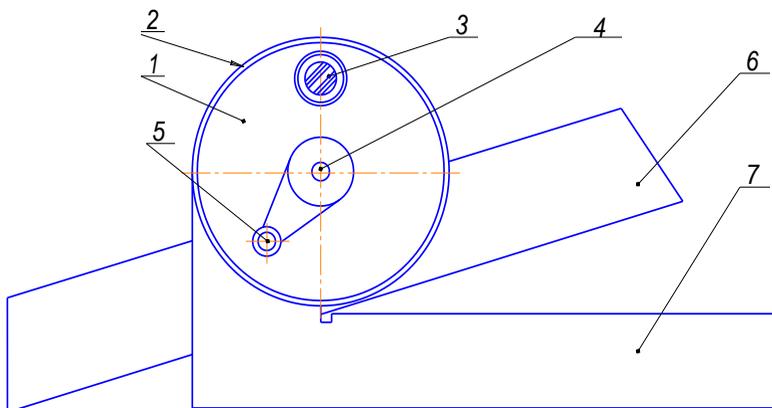
После этого к другой стороне измеряемого угла подводят грань линейки 7. В этом положении сектор 6 стопорят винтом 8 и производят отсчет.

*Угломер оптический (УО)* (рисунок 8) – предназначен для удаленного определения углов. Состоит из подвижной линейки 6 фасонного сечения и неподвижной сдвоенной линейки 7, которая жестко соединена с корпусом 2. В корпусе помещен стеклянный диск со шкалой.

Для наблюдения за шкалой при отсчете показаний в корпусе вмонтирована лупа 3. Подвижную линейку 6 можно перемещать вдоль паза и поворачивать вокруг оси корпуса, для чего рукоятка 5 стопора должна быть повернута против часовой стрелки. Для закрепления сменной линейки в определенном положении служит зажимной маховичок, который для этой цели необходимо повернуть по часовой стрелке.

Градусный диск состоит из двух шкал (рисунок 9): правая шкала  $d$  построена на меньшем диаметре, а левая шкала  $c$  – на большем.

Правая шкала предназначена для измерения действительных углов меньше  $90^\circ$ , а левая – для измерения дополнительных углов.



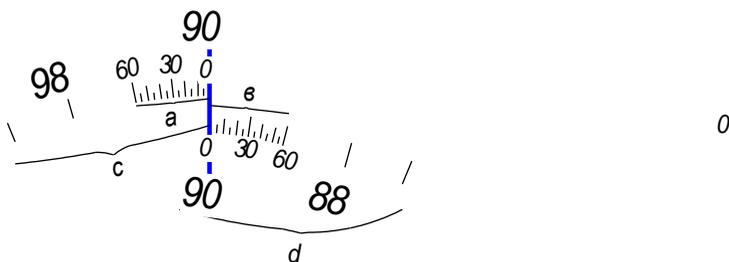
1 – крышка; 2 – корпус; 3 – лупа; 4 – зажимной маховик; 5 – рукоятка стопора; 6 – сменная линейка; 7 – неподвижная линейка

Рисунок 8 - Угломер оптический

Значение измеряемого угла определяют по формуле

$$\alpha_{\text{изм}} = 180^\circ - \alpha_{\text{доп}}$$

где  $\alpha_{\text{доп}}$  – отсчитывается по левой шкале.



$a$  и  $b$  – неподвижная минутная шкала;  $c$  и  $d$  – подвижная градусная шкала ( $d$  – до  $90^\circ$ ;  $c$  – свыше  $90^\circ$ )

Рисунок 9 – Видимая в поле зрения шкала

На диске есть также две минутные шкалы  $a$  и  $b$ , которые остаются в поле зрения в неизменном положении. Неподвижную минутную шкалу  $b$  используют совместно с правой градусной шкалой, а неподвижную минутную шкалу  $a$  – с левой градусной шкалой. Цена деления минутных шкал -  $5'$ . Целое число градусов в измеряемом угле определяют по жирному штриху градусной шкалы, находящемуся в поле зрения минутной шкалы. Минуты определяются числом делений, лежащих между жирным штрихом градусной шкалы и нулевым делением минутной шкалы, умноженных на цену деления этой шкалы.

Настройка оптического угломера и измерения:

1. Ослабляют зажим сменной линейки 4, повернув маховичок против часовой стрелки.

2. Выставляют выбранную сменную линейку 6 в прорезь корпуса и поворотом маховичка по часовой стрелке закрепляют ее в необходимом для измерения положении.

3. Поворачивая рукоятку 5 против часовой стрелки, освобождают угловой стопор.

4. Вводят объект измерения между гранями линеек 6 и 7. Придерживая левой рукой линейку 7, приложенную к грани измеряемого объекта, правой рукой поворачивают линейку 6 так, чтобы она совпала с другой гранью измеряемого объекта. Степень прилегания оценивают по просвету между гранями линеек и измеряемого объекта.

При измерении угла цилиндрической или конической поверхности, пользуются специальной подставкой, приложенной к инструменту.

5. Фиксируют положение линеек путем поворота рукоятки 5 стопора по часовой стрелке.

6. Производят отсчет по шкале, приложив глаз к отверстию лупы 3, направляя ее окно в сторону источника света.

## **2 Порядок выполнения работы**

1. Изучить конструкцию, регулирование и настройку универсальных угломеров.
2. Выполнить эскиз детали с указанием на нем заданных размеров.
3. Установить для всех инструментов метрологические параметры:
  - а) пределы измерения;
  - б) цену деления основной и вспомогательной (минутной) шкалы;
  - в) цену деления шкалы нониуса;
  - г) точность отсчета по нониусу.
4. Измерить все заданные размеры, настроив инструменты в соответствии с инструкцией.
5. Сделать необходимое заключение.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое угломер?
2. Какие существуют варианты угломеров?
3. Какие углы, и в каких пределах можно измерять угломером конструкции Кушникова?
4. Зачем необходим угольник 9 (см. рисунок 1) в транспортном угломере?
3. Как настроить транспортный угломер на «0»?
4. Назовите диапазон измерений и цены деления по основной шкале и шкале нониуса угломера конструкции Кушникова.
5. Назначение угломера конструкции Семенова.
6. Назовите цены деления по основной шкале и шкале нониуса угломера конструкции Семенова.

7. Для чего предназначен оптический угломер? Устройство оптического угломера.

8. Устройство градусного диска оптического угломера.

9. По какой формуле определяют значение измеряемого угла оптическим угломером?

## Литература

1. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учеб. для вузов. М.: Юрайт, 2016. 411 с.

2. Радкевич, Я.М., Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Ч. 1. Метрология: учеб. для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2016. 235 с.

3. Схиртладзе, А.Г., Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и технические измерения: учеб. для вузов. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 420 с.

4 Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: учеб. пособие для вузов / В.Н. Кайнова, Т.Н. Гребнева, Е.В. Тесленко, Е.А. Куликова; под ред. В.Н. Кайновой. СПб.: Лань, 2015. 368 с.

5. Технические измерения. Лабораторный практикум / Г.А. Большакова, В.И. Волкоморов, А.В. Марков, Э.И. Спиридонов. СПб.: БГТУ, 2006.

6. Иванов А.И., Полещенко П.В. Практикум по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям. М.: Колос, 1977. 224 с.

Учебное издание

Будко Сергей Иванович  
Киселева Лариса Сергеевна

**УСТАНОВКА РЕГУЛИРУЕМЫХ КАЛИБРОВ  
НА ЗАДАННЫЙ РАЗМЕР**

Методические указания к лабораторной работе  
по курсу  
«Основы взаимозаменяемости и технические измерения»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 17.11.2021 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,22. Тираж 25 экз. Изд. № 7111.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ