

Цель работы:

1. Изучить устройство и назначение универсальных средств измерения углов и конусов.

2. Научиться производить измерения углов и конусов.

Оборудование рабочего места:

1. Угломер конструкции Кушникова (транспортный).

2. Угломер конструкции Семенова (универсальный).

3. Угломер оптический.

4. Лекальный угольник и линейка.

5. Плакаты.

6. Объекты измерения.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить назначение, конструкцию, регулировку и настройку универсальных угломерных инструментов.

2. Измерить каждым типом угломера 2–3 угла по заданию преподавателя.

3. Дать метрологическую характеристику инструментам, используемым при измерении.

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ

1.1. Угловые меры (плитки)

Угловые меры (плитки) (рис. 1) выполняют такую же роль при измерении углов, как и плоскопараллельные концевые меры при измерении линейных величин. Применяют угловые меры для проверки угломеров, угловых шаблонов и в отдельных случаях для непосредственного измерения углов деталей.

Они имеют или треугольную форму с одним рабочим углом от 10 до 79°, или четырехугольную с четырьмя рабочими углами от 80 до 100°. Угловые меры комплектуют в наборы, которые состоят из 5, 19, 36 и 94 плиток. Названные наборы угловых мер позволяют собрать любой угол с градацией в 1°, 10', 1" и 30". В набор из пяти угловых мер входят плитки с рабочими углами 15, 30, 45, 55 и 60°. Из угловых мер могут быть составлены блоки в пределах от 10 до 360°.

По точности изготовления угловые меры выпускают 1-го и 2-го классов точности. Плитки 1-го класса должны иметь предельное отклонение рабочих углов не более $\pm 10''$, а плитки 2-го класса – не более $\pm 30''$. Набор угловых мер из 94 плиток позволяет составлять блоки из трех плиток через 30", а набор из 36 плиток дает возможность составлять блоки из пяти плиток через 1'.

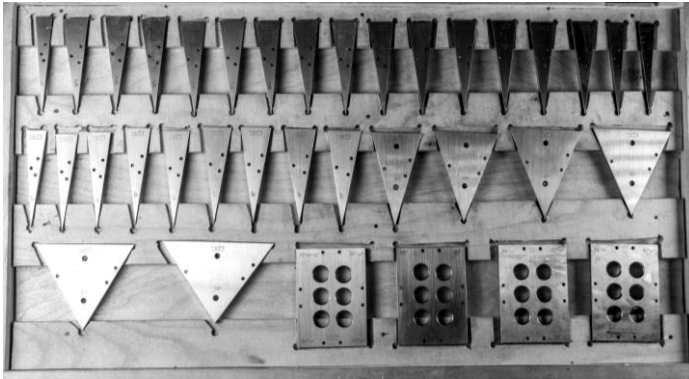


Рис. 1. Угловые меры (плитки)

Для соединения угловых мер в блоки к наборам плиток прилагаются специальные приспособления, к которым относятся державки и клинья. Проверка углов при помощи угловых мер производится «на просвет».

1.2. Угломер с нониусом типа УМ (угломер конструкции Кушникова)

Угломер с нониусом типа УМ (угломер конструкции Кушникова, транспортирный угломер), предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180° (рис. 2).

Он состоит из основания 2, на котором нанесена шкала на дуге 120° с ценой деления 1° . На основании жестко закреплена линейка основания 1, а подвижная линейка 7 вращается вместе с нониусом 5. Точная установка на определенный угол производится при помощи микрометрического винта 4, которым линейка 7 вместе с нониусом 5 подводится в требуемое положение и стопорится винтом 6.

Для измерения углов от 0 до 90° на подвижную линейку 7 с помощью хомутика 8 крепится угольник 9. Измерение углов от 90 до 180° производится без угольника 9. В этом случае к показаниям угломера нужно прибавить 90° .

Правила отсчета по угловому нониусу аналогичны правилам отсчета по нониусу штанген-инструментов, только измеряемое значение выражается в угловых единицах. Для данного угломера величина отсчета по нониусу равна двум минутам.

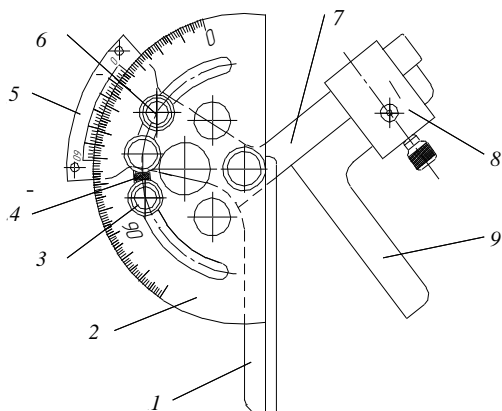


Рис. 2. Угломер конструкции Кушникова (транспортный):
 1 – линейка основания; 2 – основание; 3, 6 – стопорные винты;
 4 – микрометрический винт; 5 – нониусный сектор; 7 – подвижная
 линейка; 8 – хомутик; 9 – угольник

При измерении углов измеряемый угол изделия вводят между линейками 1 и 9 (если угол меньше 90° , рис. 3) или между линейками 1 и 7 (если угол больше 90° , рис. 4).

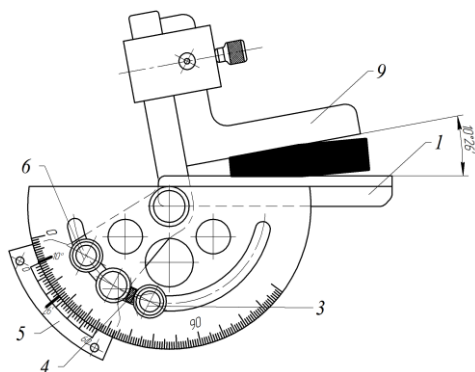


Рис. 3. Измерение углов от 0 до 90° угломером
 конструкции Кушникова

Одну сторону измеряемого угла изделия прижимают к измерительной поверхности линейки 1, а к другой подводят либо линейку 9, либо линей-

ку 7. Между линейками угломера и поверхностями изделия, образующими угол, не должно быть просвета.

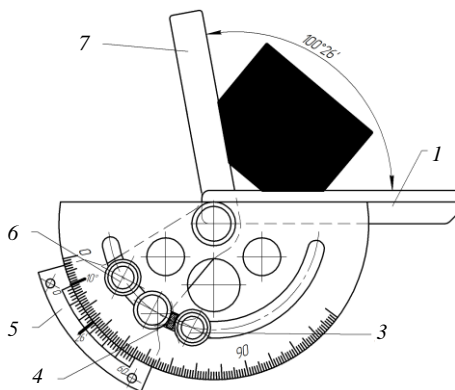


Рис. 4. Измерение углов от 90 до 180° угломером конструкции Кушникова

Тонкую установку необходимо выполнять микровинтом 4 при застопоренном винте 3. После этого стопорят нониусный сектор 5 винтом 6 и производят отсчет.

1.3. Угломер с нониусом типа УН (угломер конструкции Семенова)

Угломер с нониусом типа УН (угломер конструкции Семенова, универсальный угломер) предназначен для измерения как внутренних, так и наружных углов. Общий диапазон измеряемых углов от 0 до 320°, что достигается путем различных комбинаций в установке деталей угломера (угольника и сменной линейки). Цена деления основной шкалы угломера 1°, а величина отсчета по нониусу – 2'.

Универсальный угломер (рис. 5) состоит из основания 6, на котором нанесена основная градусная шкала, и сектора 9, соединенного с нониусной шкалой 5. С основанием жестко связана линейка 7.

Сектор 9 угломера перемещается по основанию 6 и стопорится винтом 8 через прижим. К нониусному сектору 9 с помощью хомутика 4 присоединяется угольник 3. К угольнику 3 хомутиком 1 крепится линейка 2, один конец которой скошен для удобства установки угломера при измерении в тесных местах.

Комбинация угольника 3 и линейки 2 позволяет производить измерение наружных углов в пределах от 0 до 50°. Измерительными сторонами угломера в этом случае являются грани линеек 7 и 2. Отсчет производится по правой шкале основания угломера.

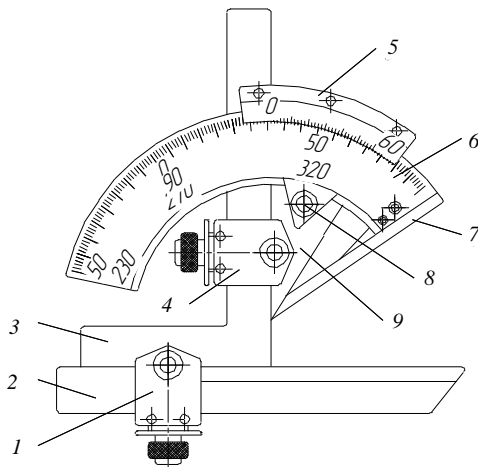


Рис. 5. Угломер конструкции Семенова (универсальный):
1, 4 – хомутик; 2, 7 – линейка; 3 – угольник; 5 – нониусная шкала; 6 – основание; 8 – стопорный винт; 9 – сектор

При измерении наружных углов от 50 до 140° (рис. 6, а) линейку 2 закрепляют хомутиком 4, удалив угольник 3. В этом случае раcтвор между измерительными гранями увеличивается на 90°. Для измерения углов от 50 до 90° используется левая шкала, а при измерении углов от 90 до 140° – правая. Измерительными сторонами в этом случае будут также грани линеек 7 и 2.

Сочетание короткой стороны угольника 3 и плоскости линейки 7 угломера позволяет производить измерения углов от 140 до 230° (рис. 6, б). При этом в такой компоновке наружные углы от 140 до 180° измеряют ведя отсчет по левой шкале, а внутренние углы от 180 до 130° – по правой.

Если с угломера снять линейку 2, угольник 3 и хомутик 4, то можно произвести измерения внешних углов от 230 до 320° (рис. 6, в) и внутренних от 40 до 130°. Измерительными поверхностями в этом случае будут являться грань линейки 7 и грань пластинки нониусного сектора 9.

При измерении наружных углов от 0 до 50° (рис. 6, *з*) линейку 2 закрепляют хомутиком 1, а угольник 3 закрепляют хомутиком 4. Для измерения углов от 0 до 50° используется правая шкала. Измерительными сторонами в этом случае будут также грани линейки 7 и 2.

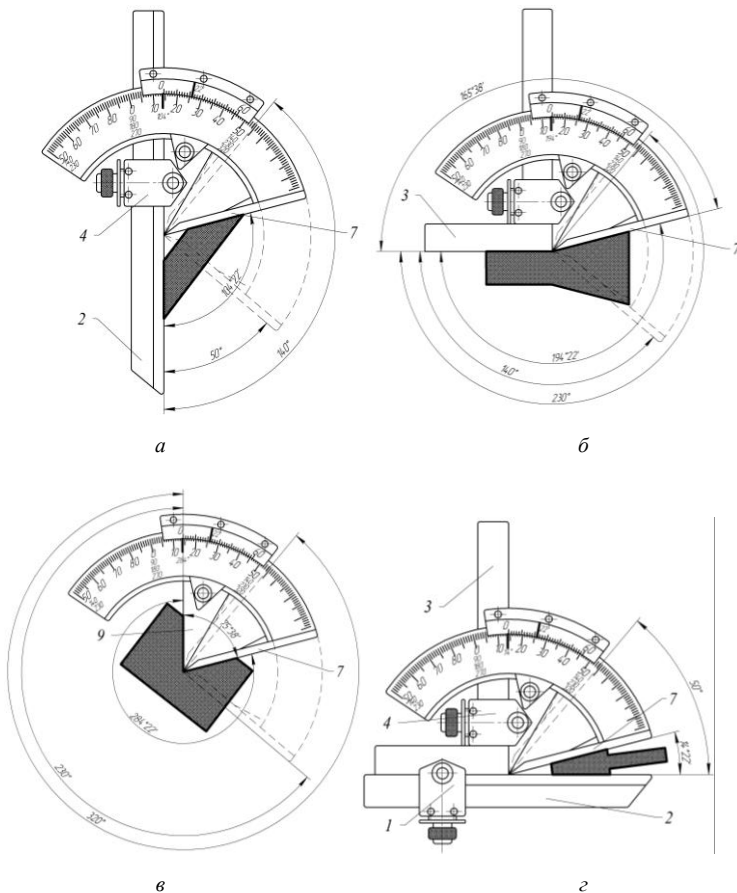


Рис. 6. Измерение угломером конструкции Семенова: *а* – углов от 50 до 140°; *б* – углов от 140 до 230°; *в* – углов от 230 до 320°; *з* – углов от 0 до 50°

При измерении, в зависимости от величины измеряемых углов, к одной стороне угла прикладывают грань линейки 2, грань угольника 3 или грань пластинки нониусного сектора 9, а к другой стороне угла

подводят грань линейки 7. В этом положении сектор 9 стопорят винтом 8 и производят отсчет. Правила отсчета величин углов аналогичны правилам отсчета для линейных нониусов.

1.4. Проверка погрешности показаний угломеров с нониусом

Проверку погрешности показаний угломеров с нониусом производят по угловым мерам не менее чем в 5–7 точках, расположенных равномерно по основной шкале и шкале нониуса, при открепленном и закрепленном стопорном винте.

Погрешности угловых мер, применяемых для проверки погрешности показаний угломеров, не должны превышать $\pm 30''$ (2-й класс точности мер). Проверку угломеров производят по угловым мерам с углами $15^\circ 10'$, $30^\circ 20'$, $45^\circ 30'$, $60^\circ 40'$ и $75^\circ 50'$ (для угломера транспортного).

Показания угломеров при совмещении их измерительных поверхностей с измерительными поверхностями угловых мер без видимого просвета не должны отличаться от действительных размеров угловых мер более чем на $\pm 2'$.

1.5. Угломер оптический (УО)

Угломер оптический предназначен для измерения углов между двумя плоскостями, а также между плоскостью и образующей цилиндра или конуса в пределах от 0 до 180° . Цена деления шкалы стеклянного диска, помещенного в корпусе угломера, равна $10'$. Отсчет угла можно произвести с точностью до $5'$.

Оптический угломер (рис. 7) состоит из подвижной линейки 1 и основания 7, которое жестко соединено с корпусом 6. Внутри корпуса 6 смонтированы все подвижные механизмы угломера и лимб.

Для наблюдения за шкалой при отсчете показаний в корпус 6 вмонтирован окуляр 4. Подвижные механизмы прибора скреплены с крышкой 5. На верхней части крышки 5 расположены окуляр 4, зажимной рычаг 2 и зажимной винт 3. Внутри корпуса окуляра 4 смонтированы лупа и нониус.

Сменная подвижная линейка 1 вставляется в вырез, имеющийся в основании, и может быть закреплена в любом положении по длине. Закрепление осуществляется поворотом зажимного рычага 2, который укреплен на конце валика, имеющего эксцентрик, предназначенный для перемещения зажимного диска. Закрепление линеек под определенным углом осуществляется винтом 3.

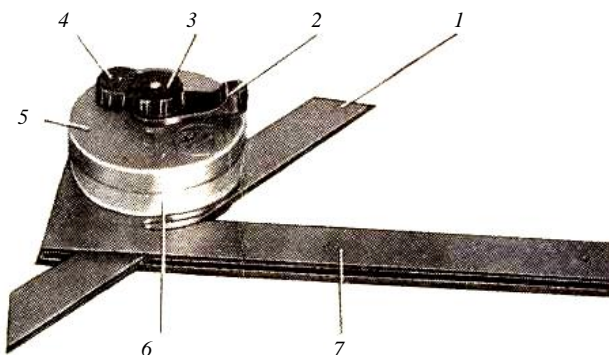


Рис. 7. Оптический угломер: 1 – подвижная линейка; 2 – зажимной рычаг; 3 – зажимной винт; 4 – окуляр; 5 – крышка; 6 – корпус; 7 – основание

Отсчетное устройство угломера состоит из видимых в поле зрения окуляра (рис. 8) шкалы лимба 1 и шкалы нониуса 2. Шкала лимба 1 имеет четыре сектора по 90° с ценой деления 1° , оцифрованных от 0 до 90° через 2° . Шкала нониуса 2 нанесена в два ряда с ценой деления $5'$, оцифрованная от 0 до $60'$ через $30'$.

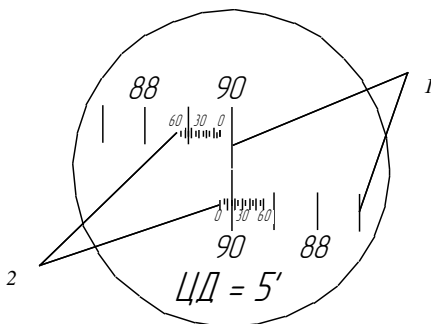


Рис. 8. Поле зрения окуляра оптического угломера: 1 – шкала лимба; 2 – шкала нониуса

Подвижная линейка 1 перемещается вдоль паза и поворачивается вокруг своей оси. К оптическому угломеру прилагаются две сменные линейки длиной 150 и 300 мм.

Кроме того, к угломеру прилагается подставка, основание которой оформлено в виде призмы. Она обеспечивает удобство при измерении углов, одной из сторон которых является образующая цилиндрической поверхности.

При измерении углов плоскости поверхности проверяемого изделия прикладываются к рабочим плоскостям основания 7 (см. рис. 7) и подвижной линейки 1 (плотность прилегания плоскостей подвижной линейки 1 и основания 7 к плоскостям проверяемого изделия рекомендуется проверять на свет).

При повороте по ходу часовой стрелки зажимного рычага 2 происходит фиксация подвижной линейки 1 в положении измеряемого угла, при этом, чтобы не сбить линейку с зафиксированного угла, необходимо избегать резких движений угломера.

Для снятия показания измеряемого угла окуляр 4 прикладывается к глазу и, для подсветки шкал лимба 1 и нониуса 2 (см. рис. 8), направляется окном подсветки в сторону источника света.

Отсчет берется по ближайшему штриху деления диска или по половине расстояния между двумя штрихами, т. е. округляется до 5'. В этом случае ошибка отсчета не будет превышать 2,5'. Суммарная измерительная ошибка, определяющая точность прибора, складывается из трех ошибок: ошибки отсчета с учетом параллакса, ошибки в нанесении шкалы на диске и ошибки от эксцентриситета шкалы. Сумма этих ошибок в оптическом угломере не превышает 5'.

При отсчете результата необходимо помнить, что в тех случаях, когда измеряемые углы меньше 90°, индекс по шкале угломера непосредственно показывает величину измеряемого угла. В тех же случаях, когда измеряемые углы больше 90°, индекс показывает величину дополнительного угла.

Величина измеряемого угла в этом случае определяется по формуле

$$\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1, \quad (1)$$

где α_1 – отсчет по шкале;

α_2 – измеряемый тупой угол.

Подготовка оптического угломера к измерениям и техника измерения выполняются в следующем порядке:

1. Вставить сменную линейку 1 и поворотом зажимного винта 3 закрепить ее по длине в удобном для измерения положении.

2. Поворотом зажимного рычага 2 против часовой стрелки освободить угловой зажим линеек.

3. Рабочие плоскости подвижной линейки 1 и основания 7 плотно приложить к плоскостям, образующим измеряемый угол. Качество прилегания проверяется на свет. При измерении углов, одной из сторон которых является цилиндрическая поверхность, следует пользоваться подставкой.

4. Поворотом зажимного рычага 2 по часовой стрелке зафиксировать измеряемый угол. Угломер при этом следует держать левой рукой за неподвижное основание 7. Зажимающее движение следует производить правой рукой, которая во избежание сбивания установленного угла должна прикасаться только к зажимному рычагу и не должна задевать другие детали угломера.

5. Направив окно окуляра 4 для подсветки в сторону источника света, снять отсчет по шкалам лимба 1 и нониуса 2 (см. рис. 8) угломера.

Кроме описанных выше имеется и ряд других конструкций угломеров. Они применяются для измерения режущих инструментов и являются приборами специального назначения. Так, например, угломер системы Бабчиницера предназначен для измерения передних и задних углов многолезвийного режущего инструмента, т. е. фрез, протяжек, зенкеров и др.

1.6. Синусная линейка

К бесшкальным угломерным приборам относятся синусные линейки, которые изготавливаются как узкие, так и широкие. Узкие синусные линейки применяются при обычных контрольных и лекальных работах, а широкие используют при одновременном измерении нескольких деталей.

Синусная линейка предназначена для точных измерений наружных и внутренних углов косвенным методом, т. е. этот метод основан на измерении линейных отрезков с последующим определением угла расчетом.

Синусная линейка (рис. 9) состоит из стальной плиты 1, имеющей с одной стороны измерительную плоскость, на которой устанавливается измеряемая деталь 7, двух роликов 2 и 5, прикрепленных к ней с другой стороны на строго определенном расстоянии друг от друга, и упорной планки 6.

Основным размером синусной линейки является расстояние l между осями роликов. Выпускаются линейки с расстоянием l , равным 100, 200 и 300 мм.

Погрешность измерения синусными линейками находится в пределах $3 \dots 52''$ в зависимости от величины l и измеряемых углов.

Измерение углов синусной линейкой позволяет получить точные результаты только при малых значениях проверяемого угла, так как с увеличением угла быстро растет погрешность, вызванная неточностью

расстояния между роликами. Поэтому следует избегать измерения углов более 45° .

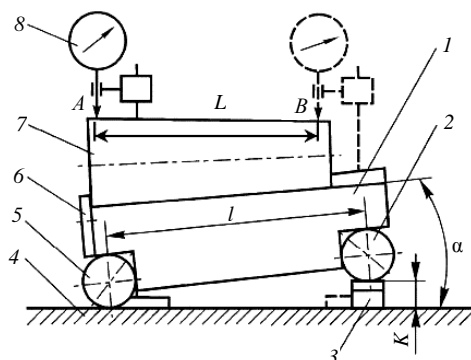


Рис. 9. Схема измерения угла конуса при помощи синусной линейки: 1 – стальная линейка; 2, 5 – ролики; 3 – блок концевых мер; 4 – поверочная плита; 6 – упорная планка; 7 – измеряемый конус; 8 – измерительная головка

При измерении синусную линейку устанавливают роликами на поверочную плиту 4. Под один из роликов подкладывают блок концевых мер длины 3 такого размера, чтобы измерительная плоскость синусной линейки располагалась под заданным углом α к поверочной плите.

Измеряемую деталь устанавливают на измерительной плоскости линейки так, чтобы она прижималась к упорам 6.

На поверочной плите рядом с синусной линейкой располагается индикаторная стойка с измерительной головкой 8 (индикаторная головка или головка миниметра).

Размер блока концевых мер длины для установки измерительной плоскости синусной линейки под заданным углом α к поверочной плите рассчитывается по формуле

$$K = l \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где l – расстояние между роликами синусной линейки, мм.

Измерение угла конуса при помощи синусной линейки выполняется в следующем порядке:

1. С помощью масштабной линейки или штангенциркуля измеряют наибольший диаметр и длину конуса.

Определяют номер конуса, его номинальный угол α и соответствующий размер блока концевых мер K для расстояния между роликами синусной линейки по формуле (2).

2. Составляют блок концевых мер длины необходимого размера.

3. Устанавливают синусную линейку на поверочную плиту 4, подложив под правый ролик собранный блок концевых мер 3. Правая сторона линейки будет та, на которой нет упорной планки 6.

4. На измерительную плоскость синусной линейки 1 устанавливают измеряемый конус 7 так, чтобы большее основание конуса упиралось в упорную планку 6, и закрепляют ее в этом положении с помощью вспомогательных приспособлений (тисков или призм).

5. На поверочную плиту 4 рядом с синусной линейкой устанавливают стойку с измерительной головкой 8 (индикаторная головка или головка миниметра). Затем измерительную головку поднимают до тех пор, пока ее измерительный стержень не будет касаться детали на всем протяжении образующей AB .

6. Перемещая стойку по поверочной плите, добиваются касания измерительного наконечника индикатора с поверхностью конуса в одной из точек наивысшей его образующей. Сообщив пружине индикатора предварительный натяг, примерно в один оборот стрелки, устанавливают шкалу индикатора на ноль.

7. Перемещают измерительную головку в крайнее левое и правое положение – точки A и B , отстоящие на расстоянии не ближе 2 мм от торцов конуса, и снимают показания прибора.

8. Определяют действительный угол наклона конуса β по формуле

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{D_{\max} - d_{\min} \pm 0,5f}{2L}, \quad (3)$$

где D_{\max} и D_{\min} – больший (в точке A) и меньший (в точке B) диаметры конуса, мм;

L – расстояние между точками A и B , мм;

f – разность показаний измерительной головки в точках A и B .

Знак плюс берется в том случае, когда показание в точке A (при большем диаметре конуса) будет больше, чем в точке B (при меньшем диаметре конуса).

Деталь будет годной, если значение $\operatorname{tg}\beta$ не выходит за пределы, устанавливаемые по формулам при условии, что диаметр при большем основании находится в границах допуска:

$$\operatorname{tg}\beta_{\min} = \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2L}, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg}\beta_{\max} = \frac{D_{\max} - d_{\min}}{2L}. \quad (5)$$

В общем виде номинальный угол конусности детали может быть определен как зависимость между размером блока плиток K и углом наклона α синусной линейки:

$$\sin \alpha = \frac{K}{l}. \quad (6)$$

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего применяются угловые меры (плитки)?
2. Для чего предназначен угломер Кушникова (транспортный)?
3. Как устроен угломер Кушникова?
4. Как выполняют измерения углов менее 90° угломером Кушникова?
5. Как выполняют измерения углов более 90° угломером Кушникова?
6. Для чего предназначен угломер Семенова (универсальный)?
7. Как устроен угломер Семенова (универсальный)?
8. Как выполняют измерения углов от 0 до 50° угломером Семенова?
9. Как выполняют измерения углов от 50 до 140° угломером Семенова?
10. Как выполняют измерения углов от 140 до 230° угломером Семенова?
11. Как выполняют измерения углов от 230 до 320° угломером Семенова?
12. Для чего предназначен оптический угломер?
13. Как устроен оптический угломер?
14. Как выполняют измерения углов оптическим угломером?
15. Как выполняют проверку погрешности показаний угломеров?
16. Для чего предназначена синусная линейка?
17. Как устроена синусная линейка?
18. Укажите порядок измерения конусов синусной линейкой.
19. Как определяется размер блока концевых мер при измерении конусов синусной линейкой?
20. Как определяется действительный угол наклона конуса при использовании синусной линейки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берков, В. И. Технические измерения (альбом): учеб. пособие / В. И. Берков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1983. – 144 с.
2. Лактионов, Б. И. Метрология и взаимозаменяемость / Б. И. Лактионов, Я. М. Радкевич. – Москва: Изд-во МГГУ, 1995. – 216 с.
3. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Ю. В. Димов. – 3-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 464 с.