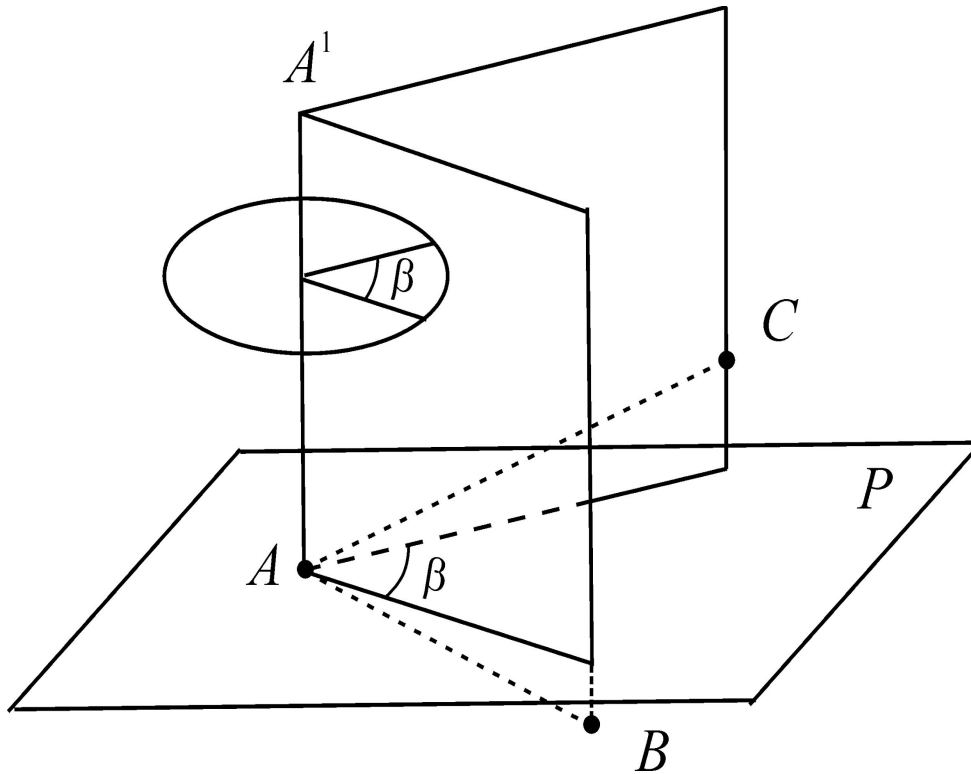


Тема 5. Измерение углов.



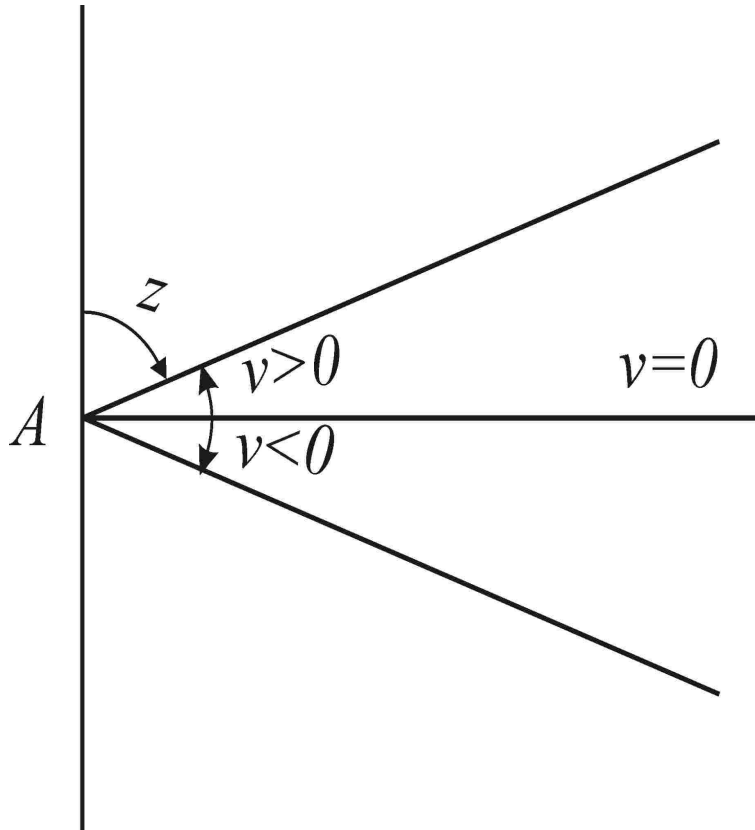
Принцип измерения горизонтального угла.



Горизонтальным углом называют угол (β) между двумя точками местности ($\angle CAB$), спроецированных по отвесным линиям на горизонтальную плоскость (P).

Горизонтальный угол изменяется от 0° до 360° .

Принцип измерения вертикального угла.



Вертикальные углы – это углы, расположенные в вертикальной плоскости.

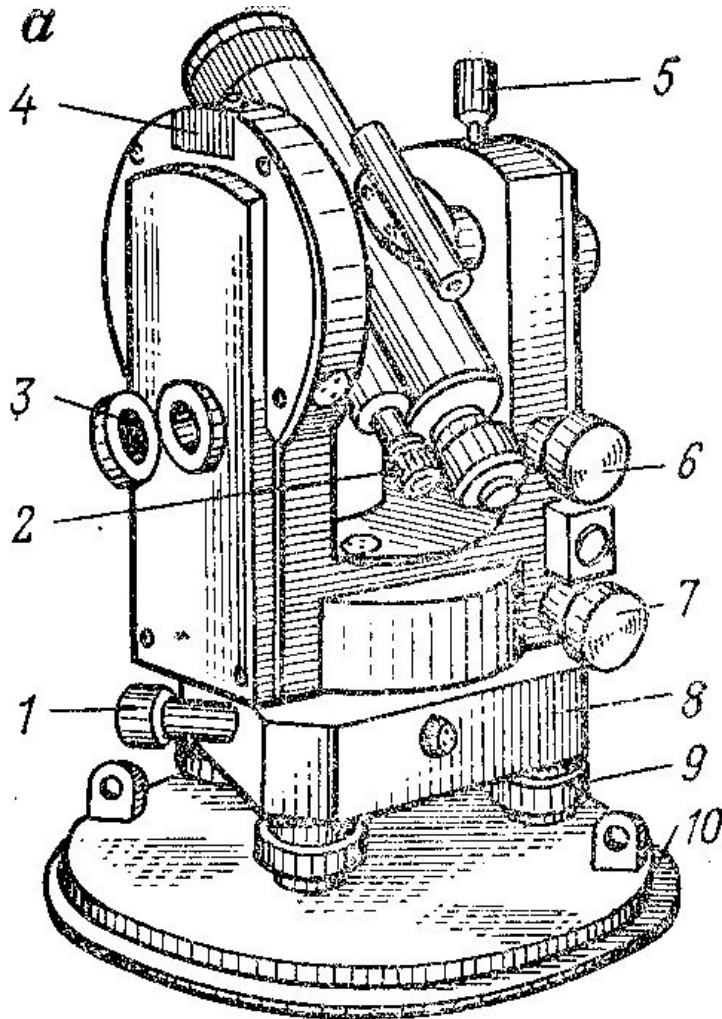
Углом наклона линии называют угол (v) между направлением линии и её проекцией на горизонтальную плоскость.

Углы наклона выше горизонта – положительные, ниже горизонта – отрицательные.

Зенитное расстояние – угол (z) между направлением в зенит и направлением линии.

Теодолиты и их устройство.

Горизонтальные и вертикальные углы измеряют теодолитами.

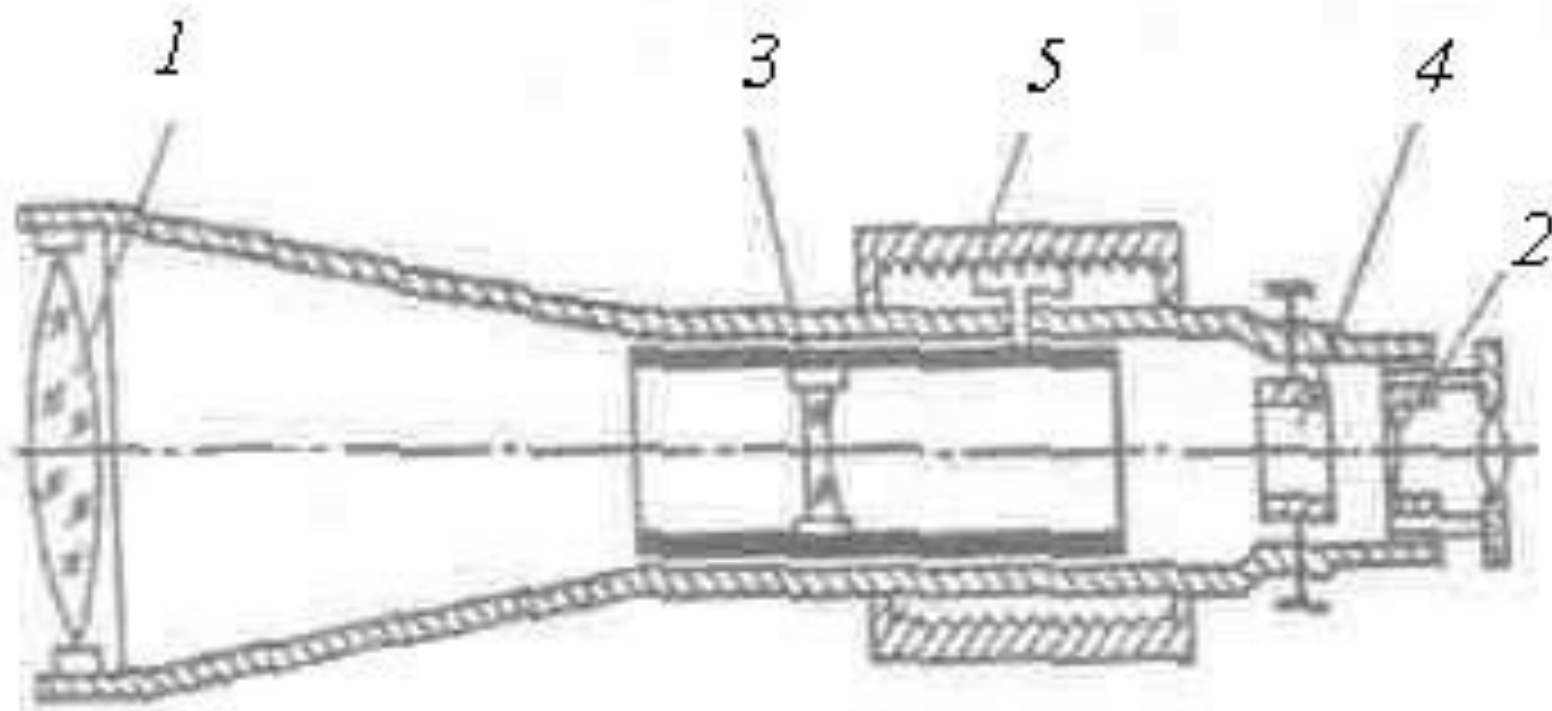


- 1 – наводящий винт горизонтального круга;
- 2 – окуляр микроскопа;
- 3 – крышка иллюминатора;
- 4 – посадочный паз для буссоли;
- 5 – закрепительный винт трубы;
- 6 – наводящий винт трубы;
- 7 – наводящий винт алидады;
- 8 – подставка;
- 9 – подъемный винт;
- 10 – основание.

Основные части теодолита:

1. Основание (подставка) с тремя подъемными винтами.
2. Нижний горизонтальный круг – *лимб* - это стеклянный круг, по скошенному краю которого нанесены деления с оцифровкой от 0 до 360° по часовой стрелке.
3. Верхний горизонтальный круг – *алидада* - верхняя часть прибора, расположенная соосно с лимбом.
4. Зрительная труба (для визирования на точки местности).
5. Вертикальный круг (для измерения вертикальных углов).
6. Уровень (для *горизонтирования* – приведения вертикальной оси теодолита в отвесное положение).
7. Штатив (для установки теодолита).
8. Становой винт (для закрепления теодолита на штативе).
9. Отвес (для центрирования теодолита над точкой).
10. Буссоль (для определения магнитных азимутов направлений).

Зрительная труба служит для обеспечения точности наведения на визирные цели. Трубы бывают с прямым и обратным изображением.



Оптическая система трубы состоит из *объектива* 1, *окуляра* 2 и *фокусирующей линзы* 3, которую с помощью специального устройства – *кремальеры* 5, перемещают вдоль геометрической оси трубы. Между фокусирующей линзой и окуляром помещена *сетка нитей* 4 – деталь, несущая стеклянную пластину с нанесёнными на нее вертикальными и горизонтальными штрихами. При измерении углов перекрестие штрихов – центр сетки нитей, наводят на изображение визирной цели.

Линия, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей, называется *визирной осью*.

Увеличением трубы называется отношение угла, под которым изображение предмета видно в трубе, к углу, под которым предмет виден невооружённым глазом.

Практически увеличение трубы равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Трубы геодезических приборов имеют увеличение от $15\times$ до $50\times$ и более.

Полем зрения трубы называется пространство, видимое в трубу при её неподвижном положении. Обычно оно бывает от 1 до 2° .

Визированием называют наведение трубы на цель.

Точность визирования зависит от увеличения трубы и приближенно равна

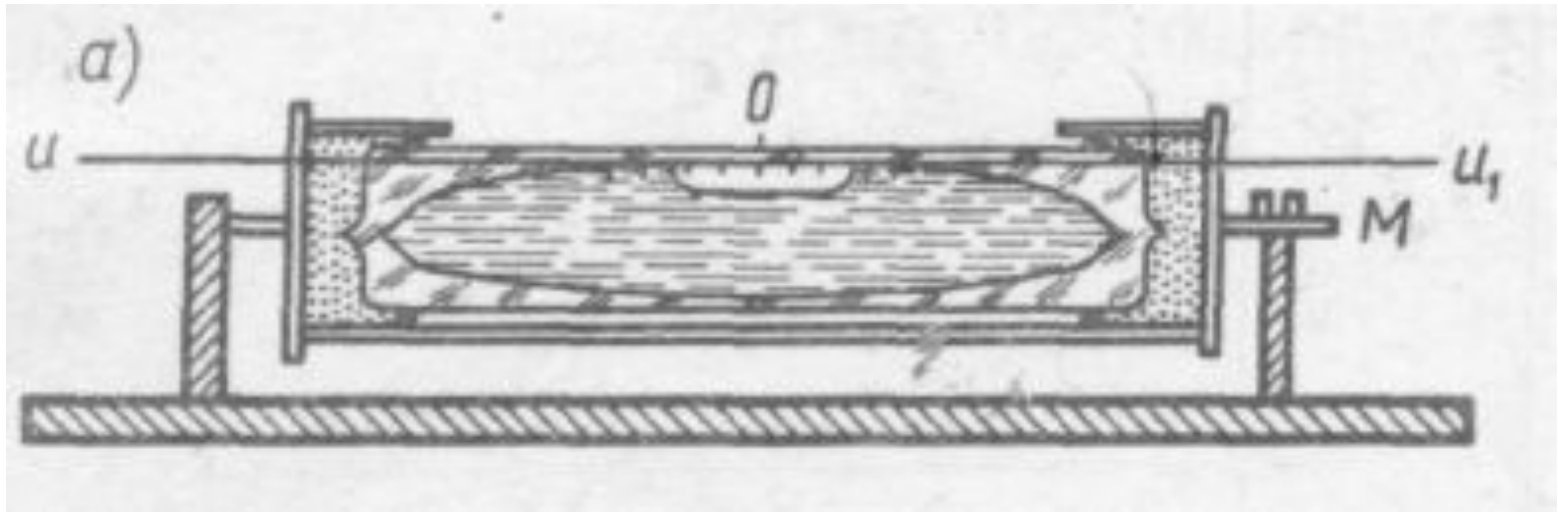
$$t_v = \frac{60''}{v^x}$$

где v^x – увеличение зрительной трубы, а $60''$ – средняя разрешающая способность глаза.

Для визирования трубу фокусируют “*по глазу*” и “*по предмету*”. При этом, глядя в трубу, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются чёткого изображения сетки нитей, а перемещением фокусирующей линзы 3 – чёткого изображения наблюдаемого предмета.

Уровни служат для приведения осей и плоскостей приборов в горизонтальное или вертикальное положение. По конструкции они бывают

- 1. цилиндрические,*
- 2. круглые,*
- 3. контактные,*
- 4. электронные.*



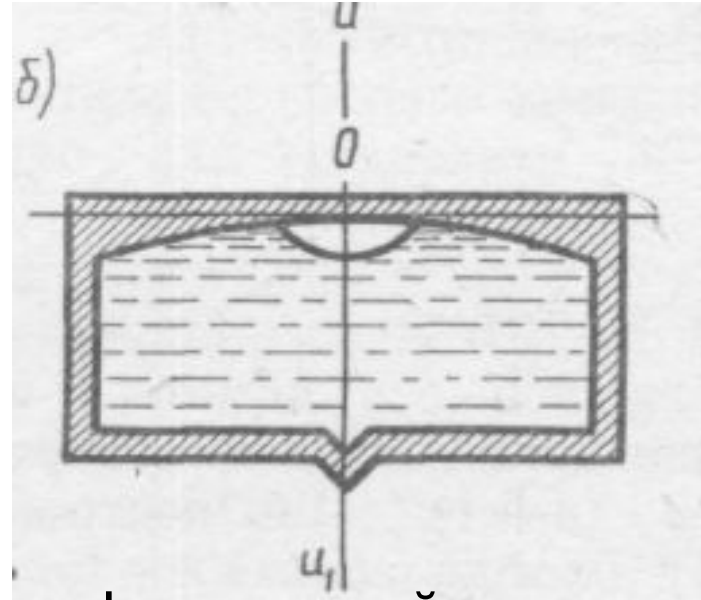
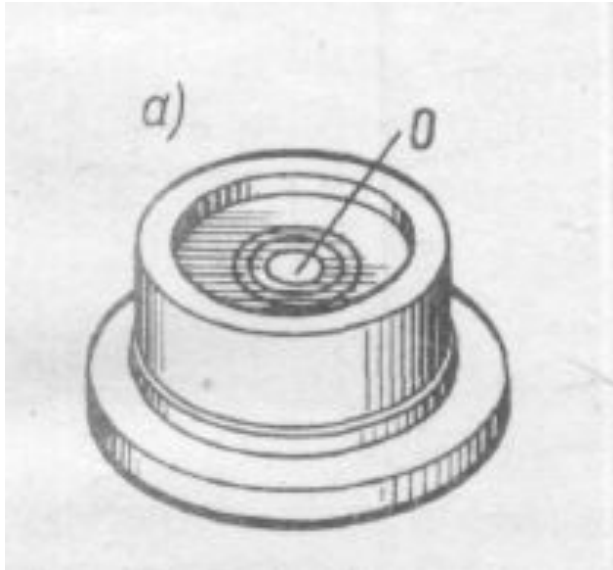
Цилиндрический уровень состоит из стеклянной ампулы, верхняя внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге окружности определённого радиуса. При изготовлении уровня её заполняют горячим эфиром или спиртом и запаивают.

Точка в середине шкалы называется *нульпунктом* уровня.

Касательная к внутренней поверхности ампулы в нульпункте называется *осью уровня*.

Пузырёк уровня занимает в ампуле наивысшее положение, поэтому, когда его концы расположены симметрично относительно нульпункта, ось уровня горизонтальна.

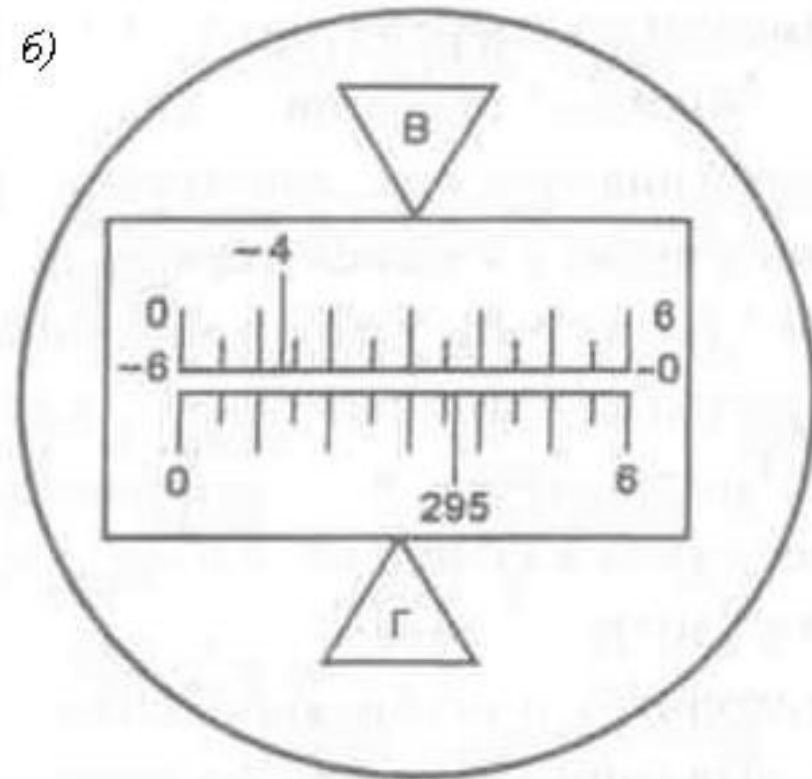
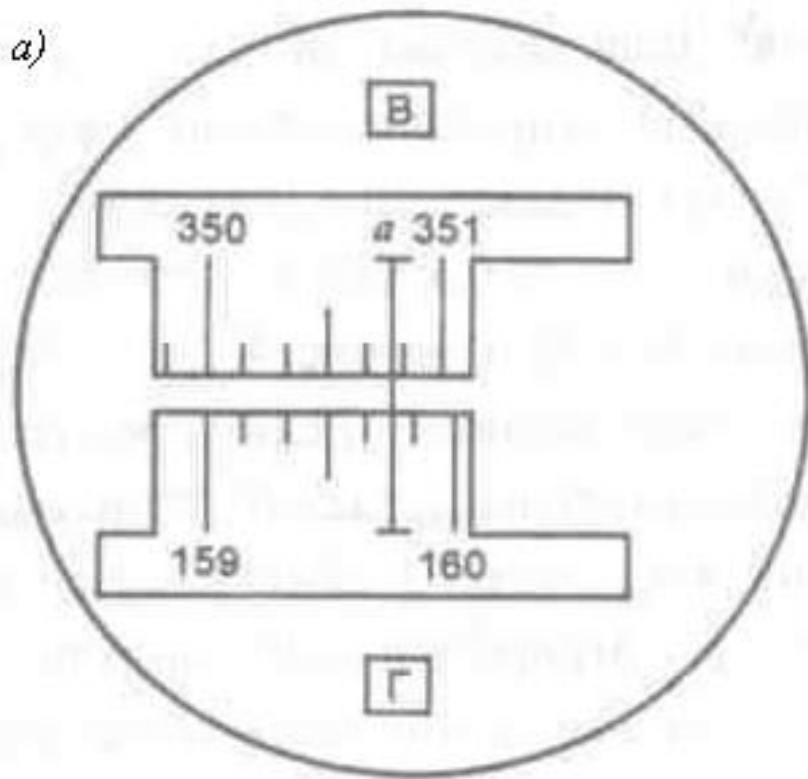
У **круглого уровня** внутренняя поверхность верхней стеклянной части ампулы имеет сферическую поверхность. Шкала уровня имеет вид окружностей с общим центром, который служит нульпунктом.



Нормаль к внутренней сферической поверхности ампулы в нульпункте называется **осью круглого уровня**. При расположении пузырька уровня в нульпункте ось уровня занимает отвесное положение.

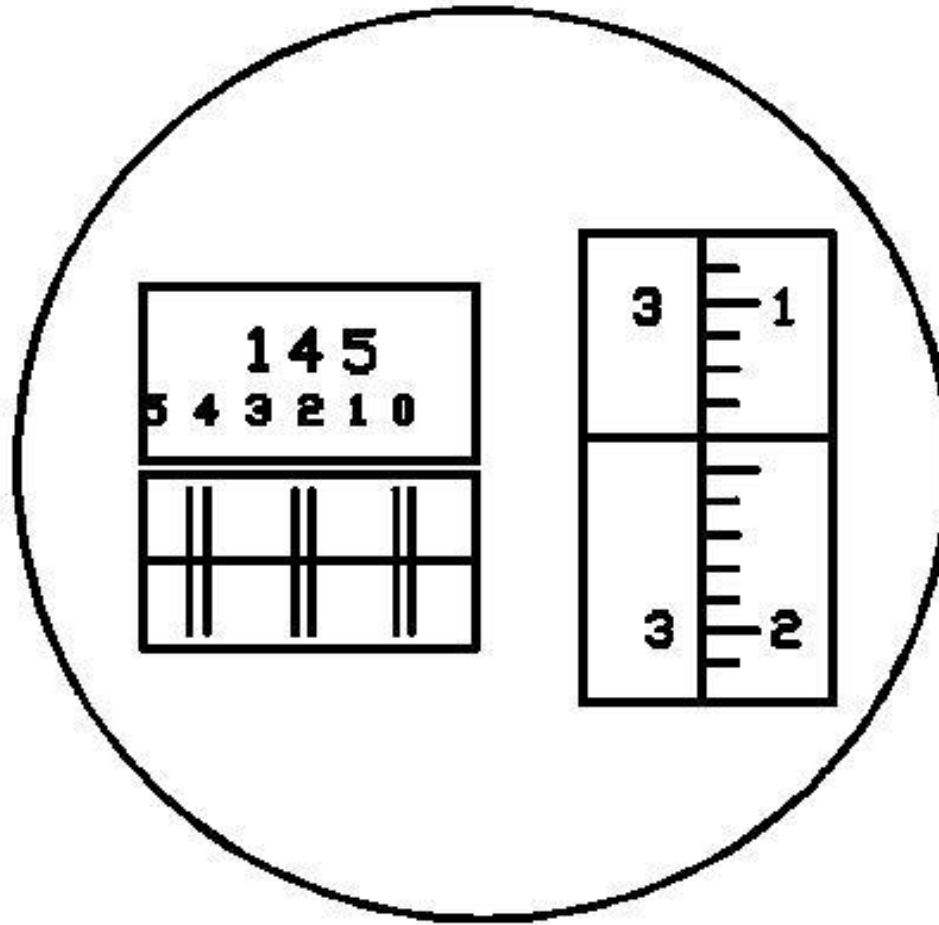
Отсчётные устройства служат для взятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам. Они снабжены отсчетными микроскопами. Различают микроскопы :

1. *штриховые,*
2. *шкаловые,*
3. *с оптическими микрометрами.*



а – штрихового (отсчёт по горизонтальному кругу $159^{\circ}46'$, по вертикальному $350^{\circ}48'$);

б – шкалового (отсчёт по горизонтальному кругу $295^{\circ}36'$, по вертикальному $-4^{\circ}47'$);



оптического микрометра (отсчет $145^{\circ}23'14''$).

Классификация теодолитов

По своей точности теодолиты делятся на 3 класса:

- 1. высокоточные*** (модель Т1);
- 2. точные*** (модели Т2 и Т5);
- 3. технические*** (модели Т15 и Т30).

Цифры в шифре модели указывают среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла в секундах. Например, модель Т5 ($m_B=5''$), модель Т30 ($m_B=30''$).

В настоящее время производятся теодолиты *второго, третьего и четвертого* поколений, в которых улучшены и модернизированы некоторые устройства и технические характеристики.

Маркируются такие теодолиты следующим образом: например, в модели 2Т30 – цифра **2** обозначает теодолит 2-го поколения; в теодолите 3Т5КП – цифра **3** указывает третье поколение; буква **К** – наличие компенсатора вместо уровня при вертикальном круге, а буква **П** указывает, что в данном теодолите использована зрительная труба прямого изображения.

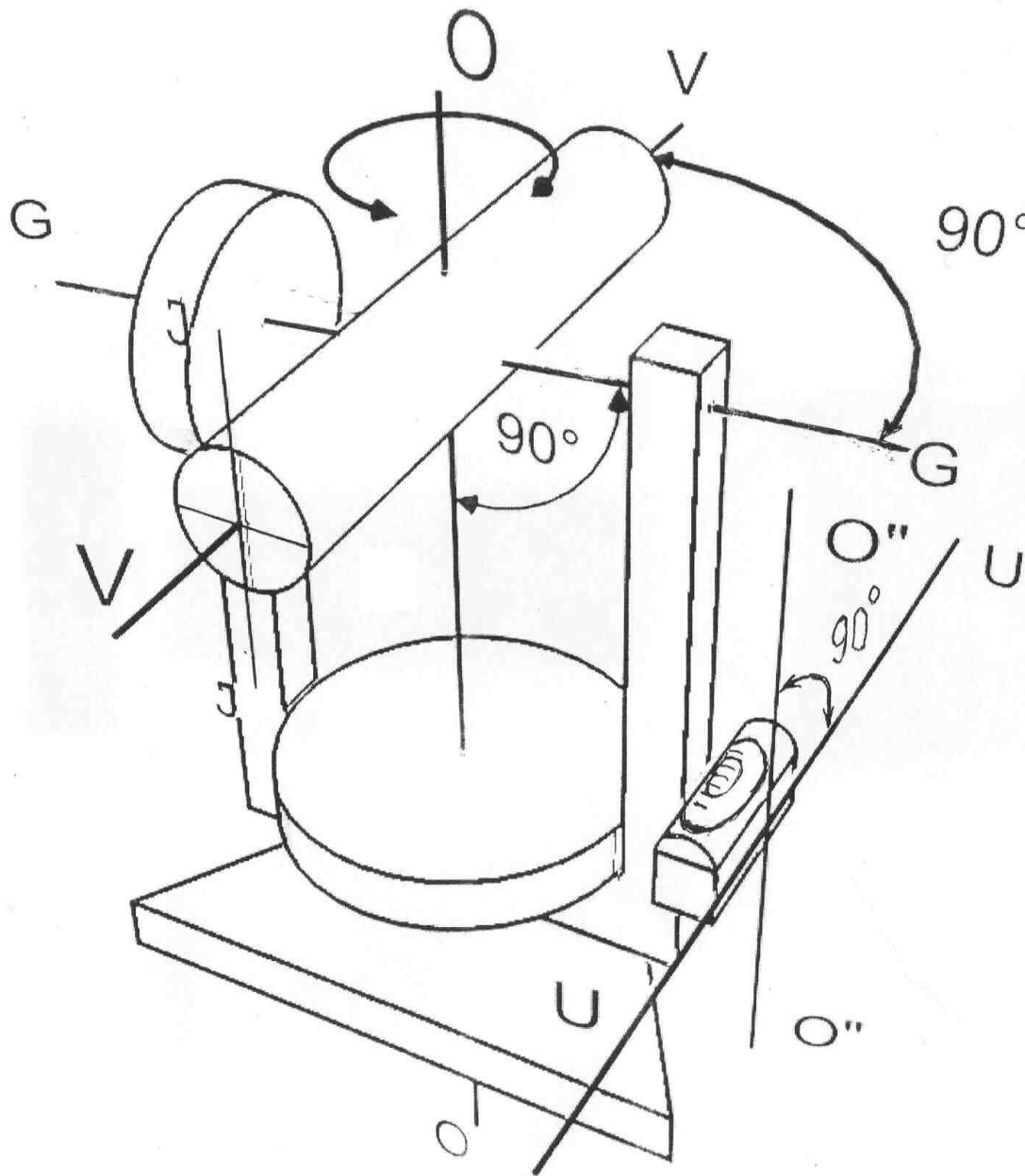
Маркшейдерские теодолиты (Т30М, Т15М), предназначенные для подземных работ, где возможно наличие взрывоопасного газа метана, изготавливают в специальном исполнении.

Электронные теодолиты (например, Т5Э) обеспечивают автоматическое считывание отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам.

Электронный теодолит является важной частью современного универсального прибора – *электронного тахеометра*.

Проверки теодолитов

Проверки выполнения верных геометрических условий у теодолита называются ***проверками***. Если же какое-то условие не выполняется, необходимо сделать соответствующее исправление, то есть ***юстировку***.



Чтобы теодолит можно было установить в рабочее положение, у него должны выполняться определенные **геометрические условия**, касающиеся взаимного расположения осей теодолита

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения трубы ($UU \perp GG$).
2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы ($VV \perp GG$).
3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна вертикальной оси прибора ($YY \parallel OO$).
4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора ($GG \perp OO$).

Установка теодолита в рабочее положение

Для измерительных операций теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение и выполняют:

1. **Центрирование** – одним из двух способов с точностью 2–5 мм.

При первом способе применяют нитяный отвес, при втором – оптический центрир.

Ослабив становой винт, перемещают теодолит по головке штатива до положения совпадения острия отвеса или центра оптического центрира с точкой;

2. *Горизонтирование.*

Уровень при алидаде горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в противоположных направлениях, приводят пузырек уровня на середину шкалы; поворачивают алидаду на 90° и вращением третьего подъемного винта приводят пузырек на середину;

3. **Фокусирование** зрительной трубы

выполняют “по глазу” и “по предмету”.

Фокусируя “по глазу”, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей.

Фокусируя “по предмету”, вращая рукоятку кремальеры, добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета.

Измерение горизонтальных углов

Существуют 3 способа измерения

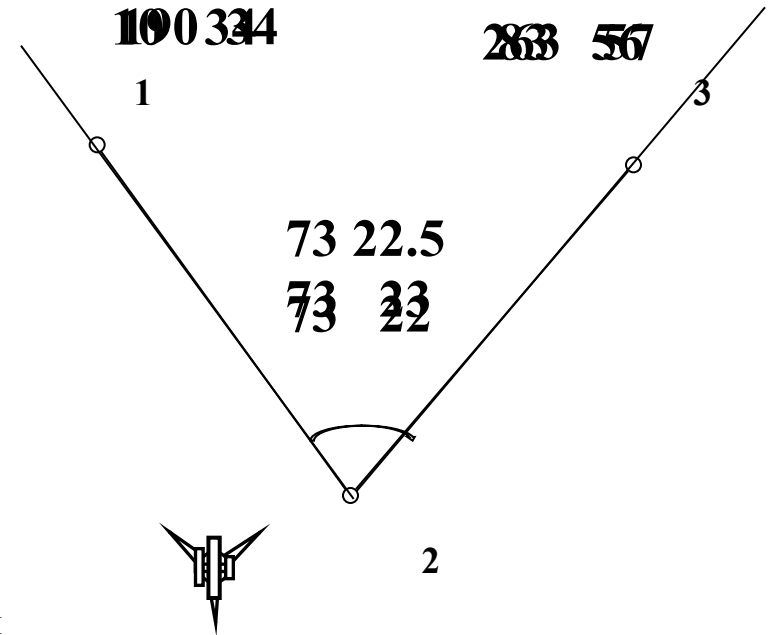
горизонтальных углов:

- 1. Способ приемов*
- 2. Способ круговых приемов*
- 3. Способ повторений*

Измерение горизонтального угла способом приемов

Журнал измерения углов

№ точки стояния	№ точки наведения	Круг	Отсчеты ° ,	Значения из полуприема	Среднее ° ,
2	1	КЛ			
		КП			
	3	КЛ			
		КП			



Требуется теодолитом измерить угол 1-2-3. Для этого:

1. Отцентрировать теодолит над точкой 2.
2. Навести теодолит на точку 1 при круге лево (КЛ)
3. Снять отсчет по горизонтальному кругу и поместить в журнал
4. Навести теодолит на точку 3 при круге лево (КЛ)
5. Снять отсчет по горизонтальному кругу и поместить в журнал
6. Вычислить значение угла из полуприема при КЛ как разность отсчетов на 3 и 1 точки и поместить результат в журнал
7. Переводим круг теодолита на КП и наводим трубу на точку 3
8. Снимаем отсчет по горизонтальному кругу и помещаем его в журнал
9. Навести теодолит на точку 1 при круге право (КП)
10. Снимаем отсчет по горизонтальному кругу и помещаем его в журнал
11. Вычислить значение угла из полуприема при КП как разность отсчетов на 3 и 1 точки и поместить результат в журнал

12. Если значения углов из полуприемов не отличаются более чем на $\pm 1'$, то берут среднее и помещают в журнал

Измерение вертикальных углов

Принцип измерения вертикальных углов изложен ранее.

Для измерения вертикальных углов служит вертикальный круг теодолита, жестко укрепленный на оси зрительной трубы и вращающийся вместе с ней.

Отсчет при трубе, расположенной горизонтально, и пузырьке уровня в нульпункте называется **местом нуля вертикального круга** (M0).

Для теодолита 2Т30:

$$\hat{i} = \frac{\ddot{E} + \ddot{I}}{2}$$

Для измерения вертикального угла наводят трубу на визирную цель при двух положениях вертикального круга (слева и справа) и, приводя каждый раз пузырек уровня в *нульпункт*, берут отсчеты по вертикальному кругу:

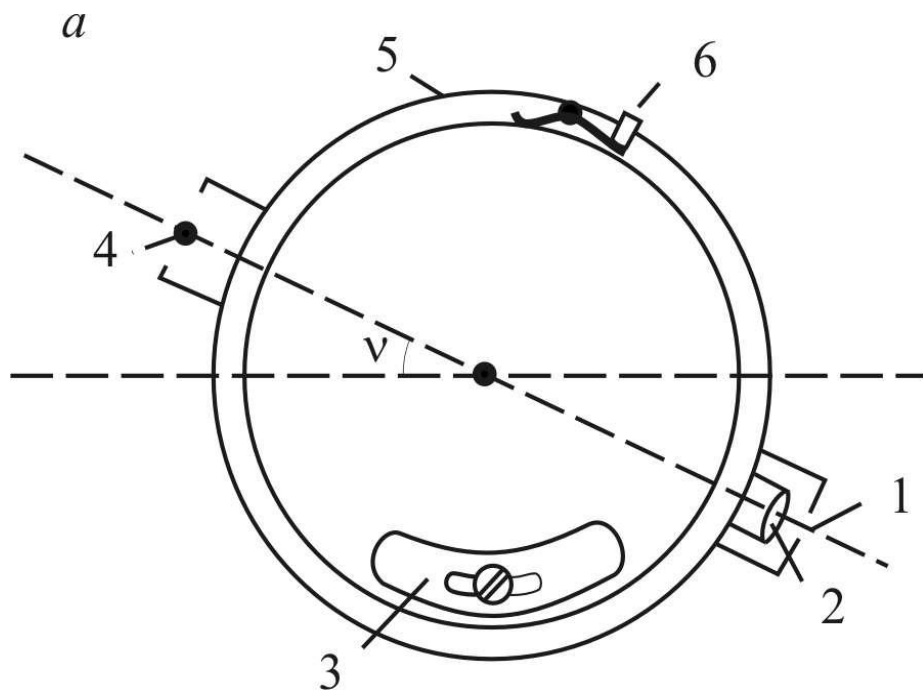
Л (лево) и П (право).

Очевидно, что угол наклона равен разности отсчетов при трубе, наведенной на цель и при трубе, расположенной горизонтально. Поэтому напишем:

$$\nu = \hat{E} - \hat{I} = \hat{I} - \hat{I}$$

Простейший прибор для измерения углов наклона –

эклиметр.

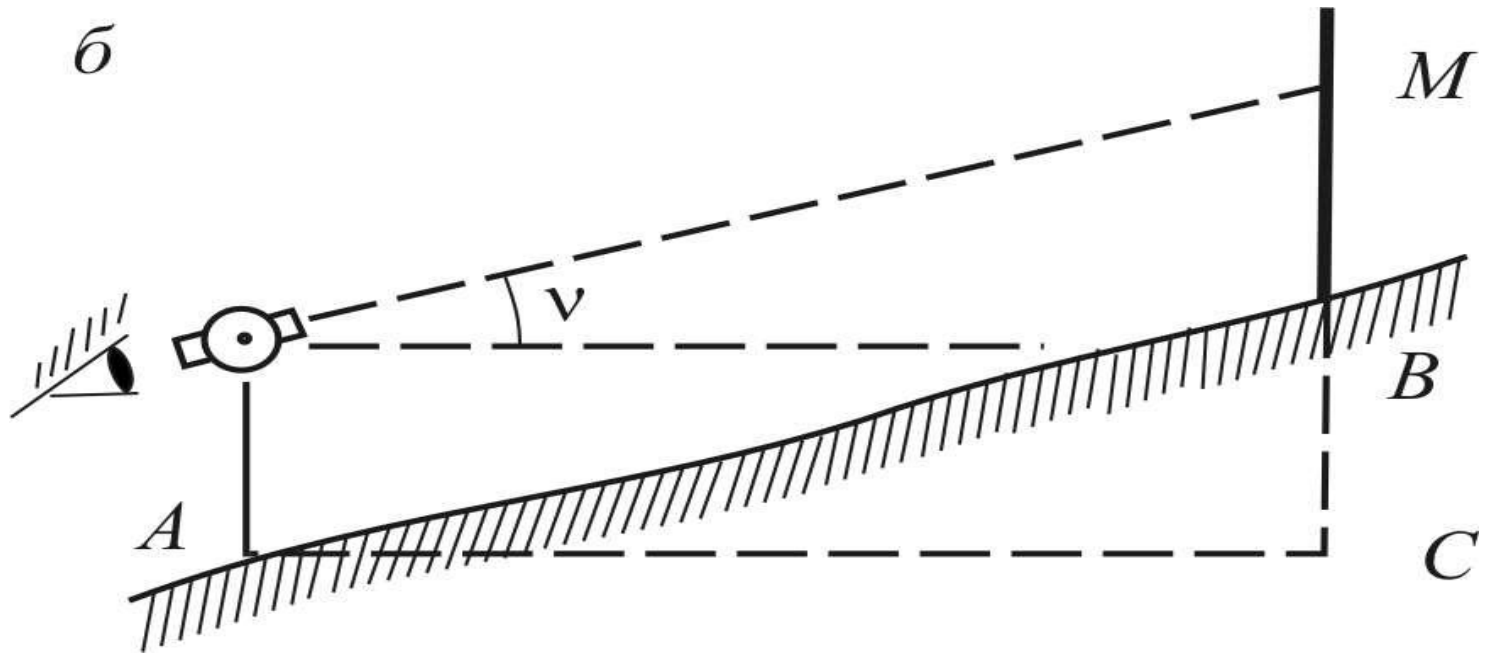


Эклиметр имеет внутри коробки 5 круг с градусными делениями на его ободе.

Круг вращается на оси и под действием укрепленного на нём груза 3 занимает положение, при котором нулевой диаметр круга горизонтален.

К коробке прикреплена визирная трубка с двумя диоптрами - глазным 1 и предметным 4.

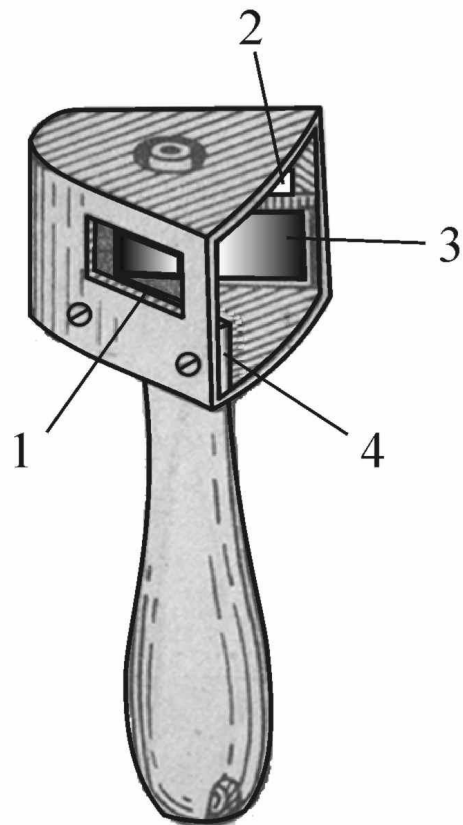
б



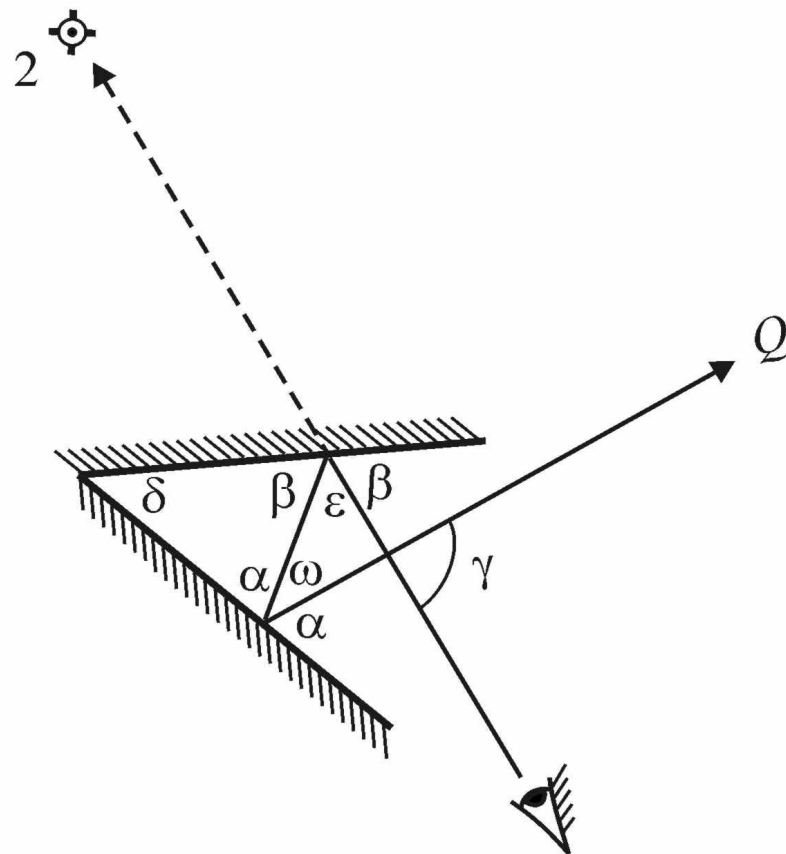
Для измерения угла наклона v в точке B ставят вежу с меткой M на высоте глаза. Наблюдатель (в точке A), глядя в трубку 2 эклиметра, наводит её на точку M и нажатием кнопки 6 освобождает круг. Когда нулевой диаметр круга примет горизонтальное положение, против нити предметного диоптра 4 берут отсчёт угла наклона. Точность измерения угла эклиметром 15 – 30'.

При построении перпендикуляров длиной более 8 м пользуются **экером**. Экер (рис. а) имеет два зеркала 3 и 4, расположенных под углом $\delta = 45^\circ$. Луч, падающий на одно из зеркал, после двойного отражения выходит под прямым углом γ к исходному направлению (рис б).

а



б



Электронный тахеометр - объединяет теодолит, светодальномер и микроЭВМ.

Тахеометр производит любые угломерные измерения одновременно с измерением расстояний и по полученным данным проводит инженерные вычисления, сохраняя всю полученную информацию. С помощью электронного тахеометра в полевых условиях можно получить информацию об измеряемых горизонтальных и вертикальных углах и расстояниях, автоматически выполнить необходимые вычисления по плановому и высотному положению.

*Ведущие производители
электронных тахеометров :*

Leica-Geosystems (Швейцария)

Sokkia, Topcon, Nikon и Pentax (Япония)

Trimble Navigation (США)

ФГУП "УОМЗ"(Россия)

Электронные тахеометры *Leica-Geosystems (Швейцария)*



TM30



TS15



Viva TS11

Электронные тахеометры

Trimble Navigation (США)



M3 DR5



S3 Robotic



S6 Autolock



Электронные тахеометры *Sokkia (Япония)*



SET 630R

SOKKIA



SET RX550



SET 5X

Электронные тахеометры *Nikon (Япония)*



DTM-322



Nivo 2M



Nivo 5M