

## **Лекция №3.**

# **Измерение горизонтальных и вертикальных углов.**

**1. Общие сведения о геодезии.**

**Принцип измерения горизонтальных углов.**

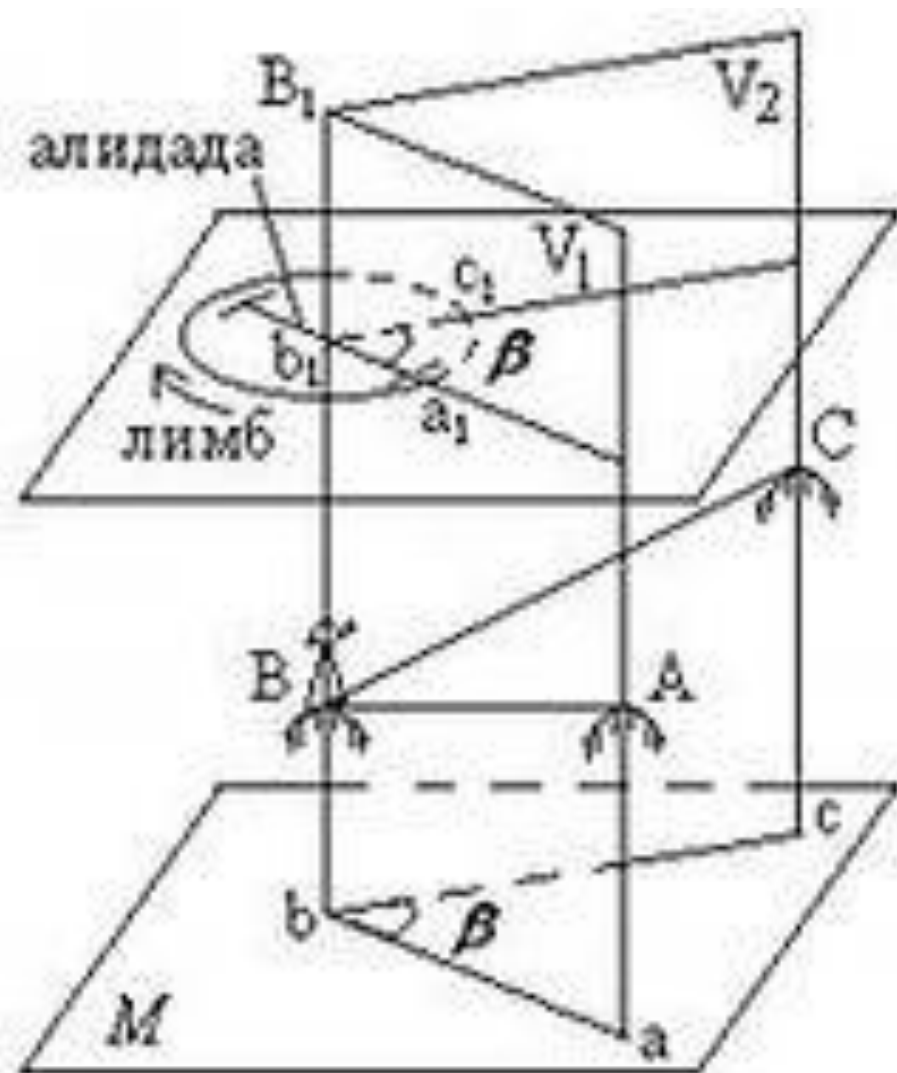
**2. Теодолиты: типы теодолитов, основные части, поверки.**

**3. Способы измерения горизонтальных углов.**

**4. Ошибки измерения горизонтальных углов.**

**5. Измерение вертикальных углов.**

## 1. Принцип измерения горизонтальных углов.



Для измерения угла  $\beta$  необходимо поместить круг с делениями (круговой транспортир) с центром, над вершиной угла, тогда проекции направлений  $BA$  и  $BC$ , пересекут шкалу круга по отсчетам  $a$  и  $c$ . Разность отсчетов будет равна углу  $\beta$ .

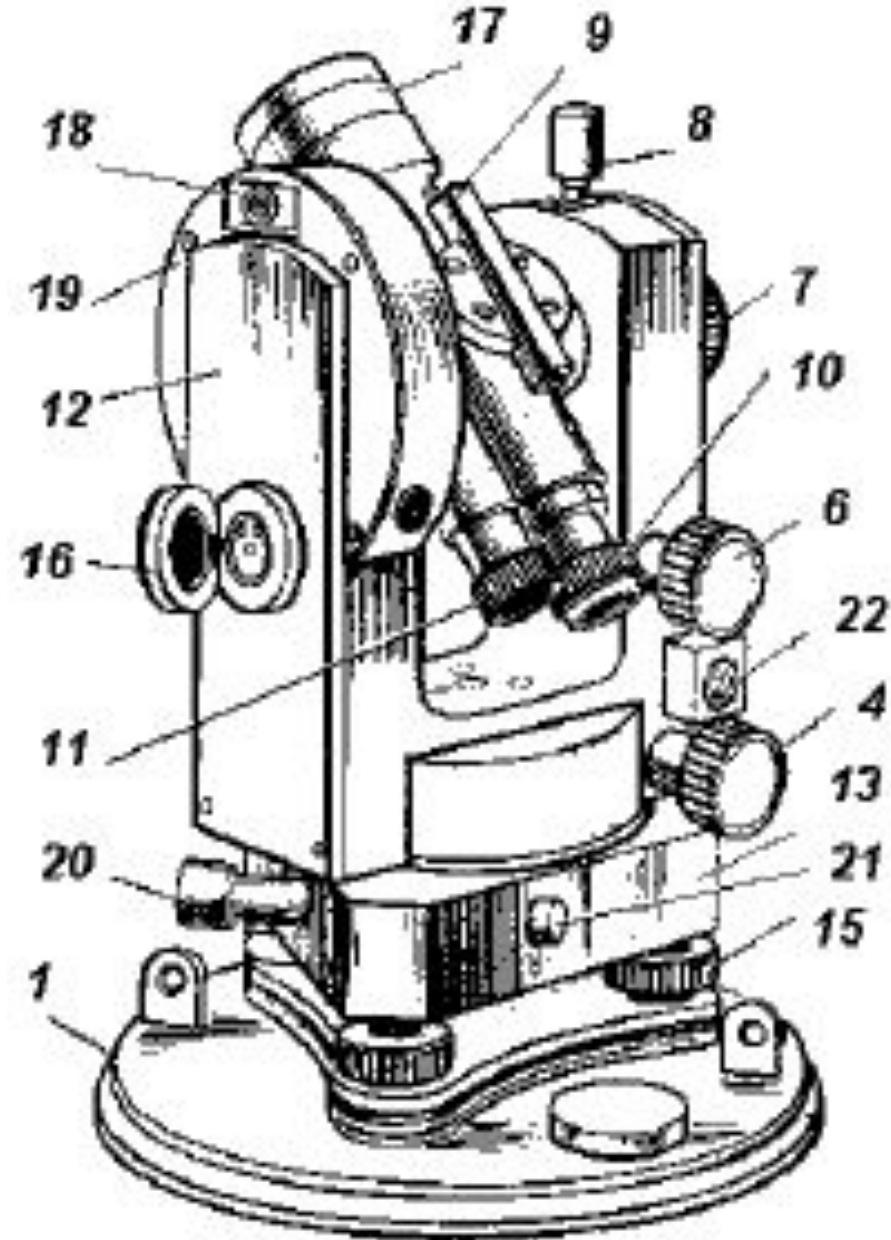
$$\beta = a - c$$

## 2. Теодолиты: типы теодолитов, основные части, поверки.

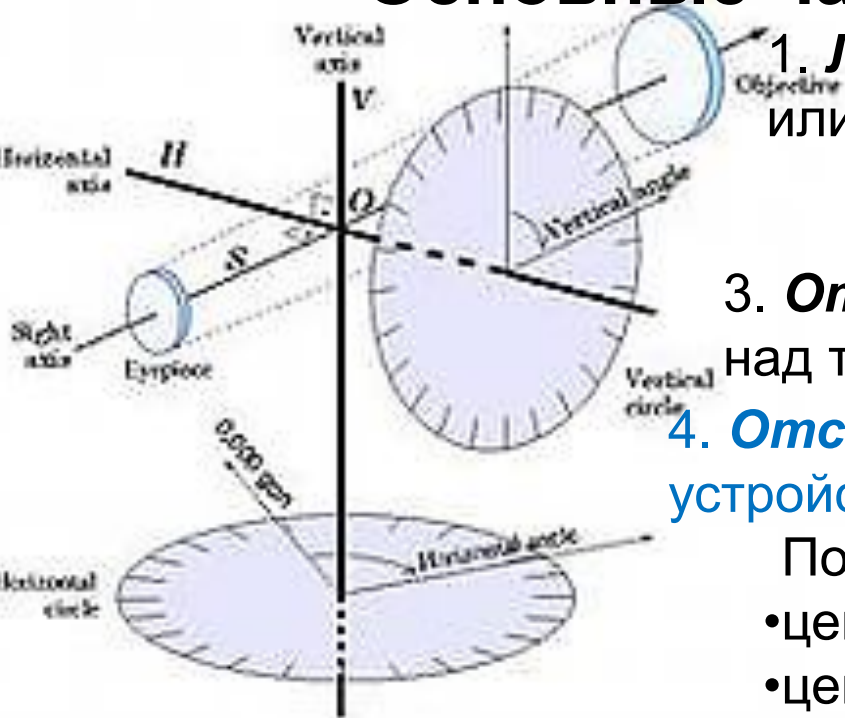
По ГОСТу 10529-96 в России изготавливаются теодолиты следующих типов:

*высокоточные* - Т-05, Т-1;  
*точные* - Т-2, Т-5;  
*технические* - Т-15, Т-30.

4Т5КП: 4 – номер серии; Т – теодолит, а 1-30 – СКО измерения горизонтального угла в секундах одним полным приемом в лабораторных условиях; "П" – прямое изображение, "К" – наличие компенсатора углов наклона при вертикальном круге.



# Основные части теодолита



1. **Лимбы** - круги с делениями из металла или стекла

2. **Уровни теодолитов** бывают цилиндрическими и круглыми ( $\pi/1$ )

3. **Отвесы** - детали для центрирования лимба над точкой, в которой измеряется угол.

4. **Отсчетные приспособления** (микроскопы) - устройства для уточнения отсчета по лимбу.

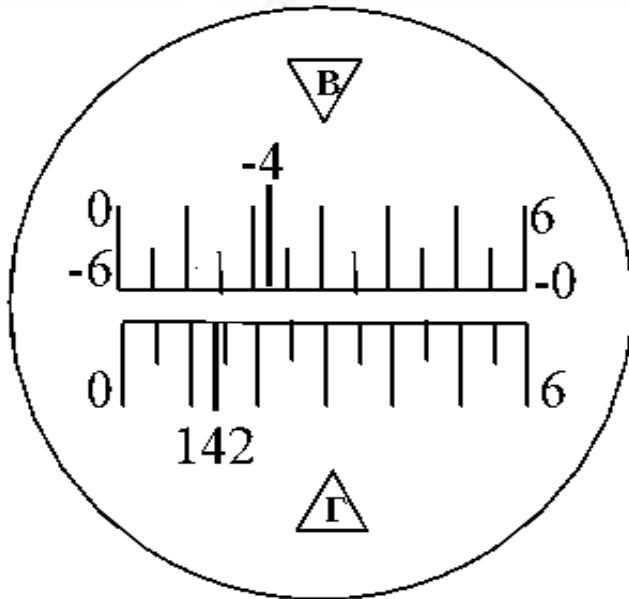
Поле зрения микроскопа теодолита 4Т30П:

- цена деления лимба  $T_{\text{л}} = 1^\circ$ ,
- цена деления шкалы  $T_{\text{ш}} = 5'$ ,
- точностью отсчитывания  $t = 0,1 \cdot T_{\text{ш}} = \pm 0,5'$

5. **Зрительные трубы** (прямое и обратное изображение). Основная характеристика - увеличение  $V^{\times}$ , знак "х" читается "крат".

6. **Алидада**: это кожух лимба, уровни, стойки зрительной трубы, зрительная труба.

7. Для фиксированного и точного перемещения лимба, алидады и зрительной трубы имеются **закрепительные и наводящие винты**.



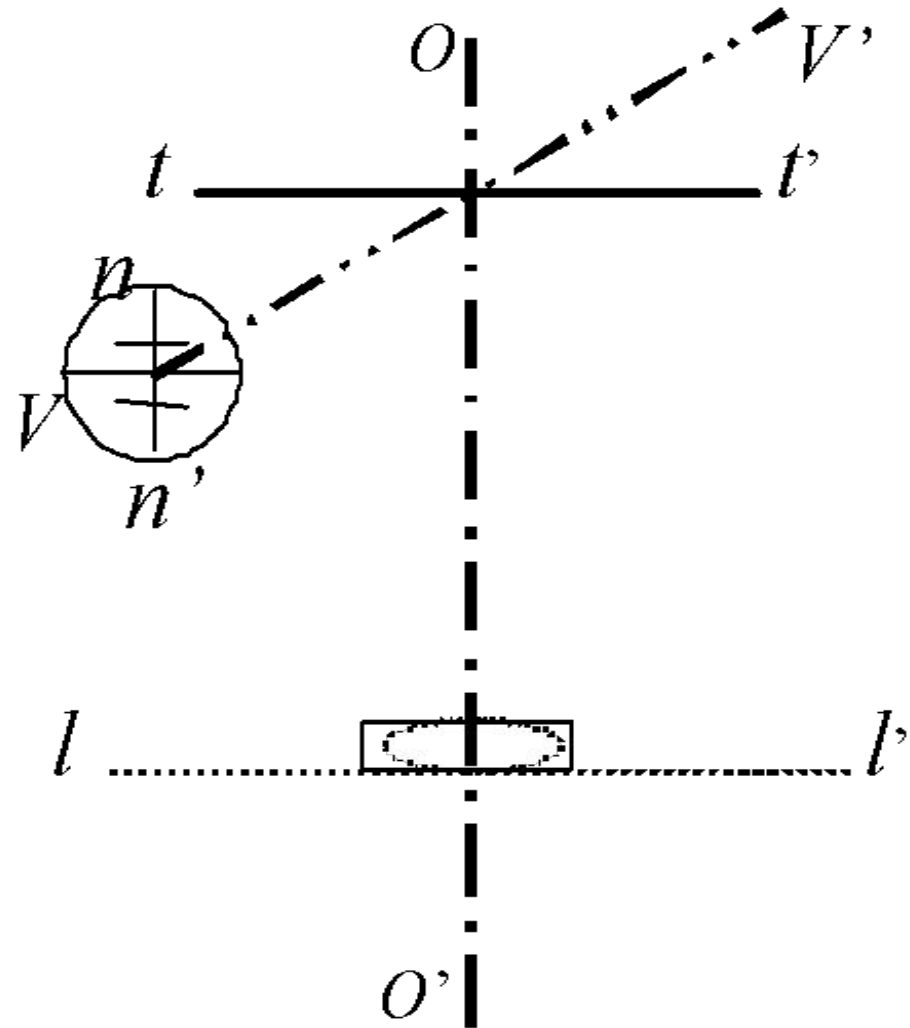
**Поверка теодолита** - операция по проверке соответствия прибора некоторому условию.

Поверки разделяют на приемочные - проверяют наличие и механическую исправность частей прибора и полевые - проверяют правильность геометрического соотношения всех осей прибора.

Приемочные поверки производятся при получении прибора, после длительного хранения, перевозки и т.д.

Полевые поверки производятся ежедневно перед началом работы, а иногда во время работы.

**Схема теодолита в осях**



Каждая полевая поверка делится на три этапа: формулирование поверяемого условия, производство поверочных действий, производство исправительных (юстировочных) действий, если они необходимы.

**Полевые поверки: 1-я полевая поверка** (поверка цилиндрического уровня при алидаде): **Поверяемое условие** : *ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ( $II' \perp OO'$ ).*

**2-я полевая поверка.** (поверка сетки нитей). **Поверяемое условие:** *вертикальная нить сетки нитей должна лежать в одной плоскости с осью вращения теодолита.*

**3-я полевая поверка** ( поверка коллимационной ошибки). **Поверяемое условие** - *визирная линия зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения зрительной трубы ( $VV' \perp tt'$ ).*

**4-я полевая поверка** (поверка горизонтальной оси вращения зрительной трубы). **Поверяемое условие:** *горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ( $tt' \perp OO'$ ).*

### 3. Способы измерения горизонтальных углов.

**1-й способ - полные приемы** . Измерить угол одним полным приемом это значит измерить его двумя **полуприемами** (при разных положениях вертикального круга КЛ и КП).

**Один полуприем** - измерение угла по разности двух отсчетов по горизонтальному кругу *при неподвижном лимбе*. Измеряем горизонтальные углы справа по ходу лежащие.

$$\beta_{\text{прав}} = Z - П, \quad \text{Если } Z < П, \text{ то } \beta_{\text{прав.}} = (Z + 360^\circ) - П.$$

Проводим два полуприемами: КЛ от Z к П , КП от П к Z (для исключения увлечения лимба).

Контроль:  $\beta^{кл} - \beta^{кп}$  д.б.  $\leq \pm 2t$ , где  $t$  - точность отсчитывания по микроскопу. Если условие соблюдается, то вычисляется средний угол:

$$\beta = \frac{\beta^{кл} + \beta^{кп}}{2}$$

При этом СКО определения угла из полуприема:  $m_{\beta}^{\text{полуприём}} = m_{\text{напр}} \cdot \sqrt{2}$

СКО угла из одного приёма:  $m_{\beta}^{\text{приём}} = \frac{m_{\beta}^{\text{полуприём}}}{\sqrt{2}} = m_{\text{напр}}$

**2-й способ - круговые приемы**

**3-й способ - способ повторений**

## 4. Ошибки измерения горизонтальных углов.

**Грубые ошибки (промахи)**: просчет целого деления отсчетной шкалы, неверный отсчет по шкале(6-8-9-0) и т.д. Эти ошибки недопустимы и исключаются повторными измерениями на других делениях лимба.

**Систематические ошибки** исключаются правильной методикой измерений. Влияние **коллимационной ошибки** исключается ведением измерений при двух положениях круга.

Влияние **ошибок делений лимба** уменьшается проведением измерений на разных частях лимба.

Систематическая **ошибка увлечения лимба** алидадой исключается вращением алидады при разных полуприемах в разные стороны.

***Случайные ошибки :***

Ошибка центрировки и редукции  $m_{l+r}$ .

Ошибка отсчитывания  $m_0$ .

Ошибка визирования  $m_v$ .

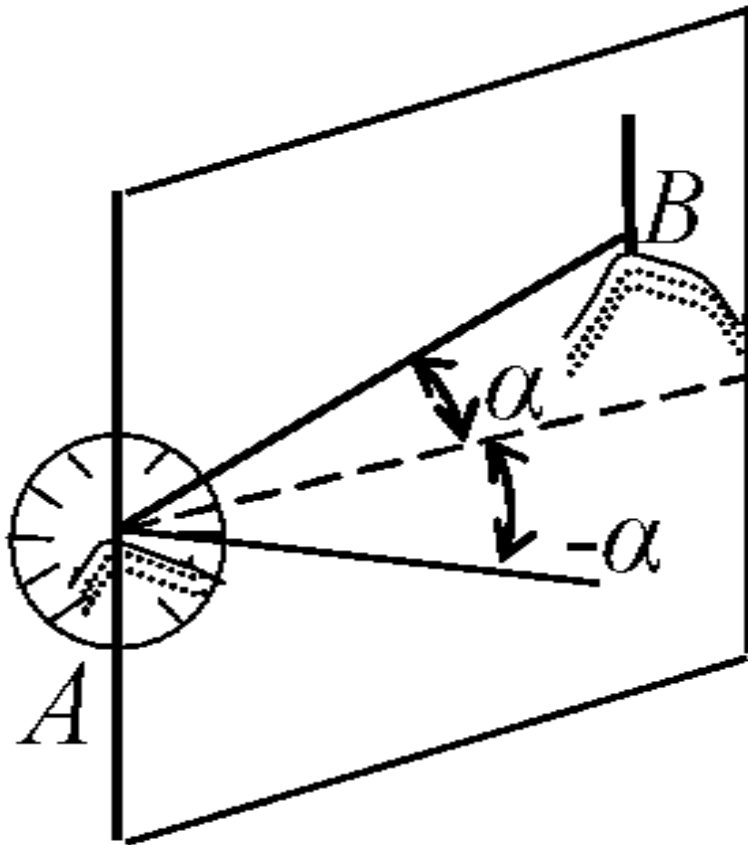
Ошибка влияния внешней среды  $m_{среды}$ .

Случайная СКО определения одного направления  $m_{напр}$

$$m_{напр} = \pm \sqrt{m_{l+r}^2 + m_0^2 + m_v^2 + m_{среды}^2}$$



## 5. Измерение вертикальных углов.



**Вертикальный угол (угол наклона визирной линии) - это угол в вертикальной плоскости между визирной линией и ее горизонтальным проложением, обозначается  $\alpha$  или  $\nu$ .**

**Угол вверх от горизонта - положительный, угол вниз от горизонта - отрицательный.**

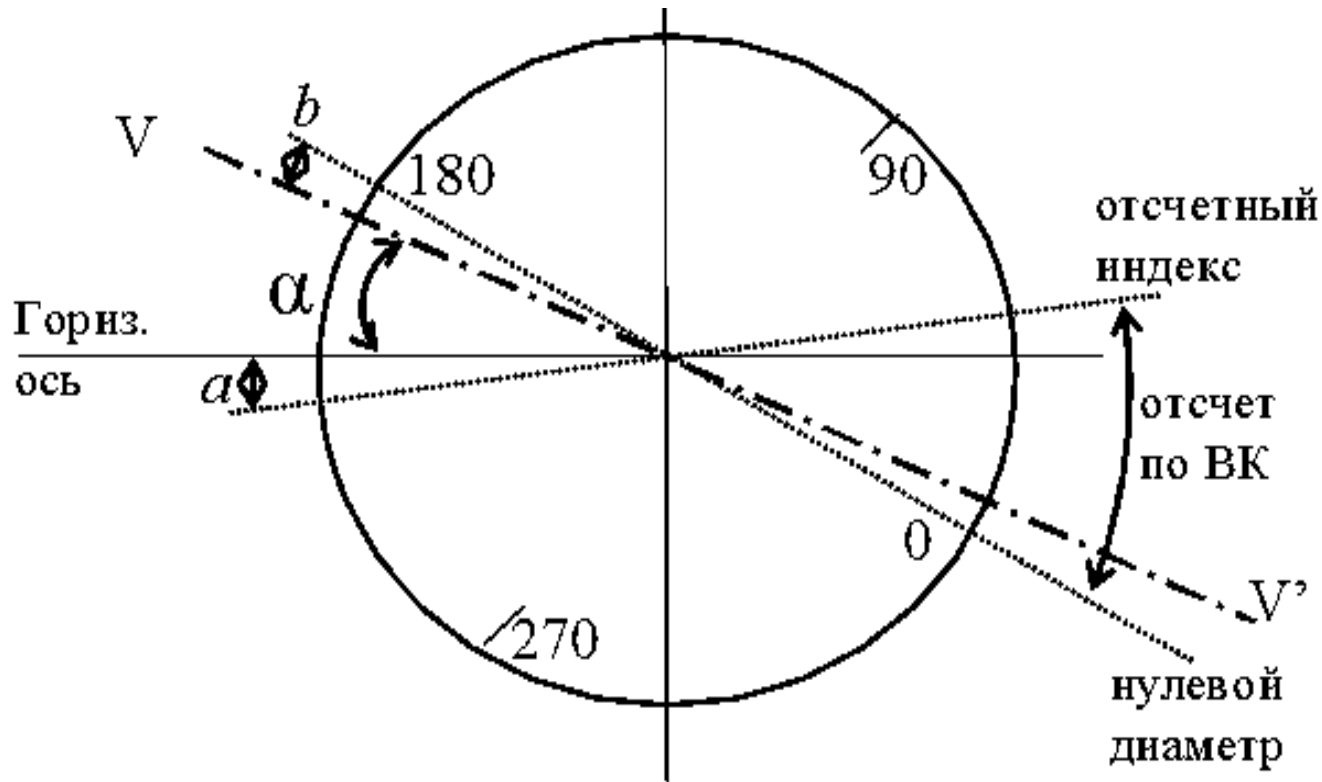
У теодолита 2Т30П отсчетный микроскоп вертикального круга снабжен шкалой с двойной оцифровкой:

**для положительных углов минуты считаем слева-направо, а для отрицательных - справа-налево.**

# Схема устройства вертикального круга

$a$  - ошибка установки отсчетного штриха,  
 $b$  - ошибка установки нулевого диаметра лимба  
 $a+b=MO$

Алгебраическая сумма ошибок дает место нуля.



**$MO$**  - систематическая ошибка в отсчете при определении углов наклона.

***МО*** - место нуля вертикального круга - отсчет на вертикальном круге при горизонтальном положении визирной линии зрительной трубы и пузырьке уровня вертикального круга находящемся в нульпункте.

$$MO = \frac{KL + KP}{2}$$

У теодолита 2Т30П формулы для вычисления углов наклона по отсчетам на вертикальном круге следующие:

$$\alpha = KL - MO, \quad \alpha = MO - KP$$

$$\alpha = \frac{KL - KP}{2}$$