

# **Тема: «Измерение длин линий дальномерами»**

1. Физико – оптические мерные приборы.
2. Нитяный оптический дальномер.
3. Определение горизонтальных проложений линий измеренных дальномером.
4. Принцип измерения расстояний электромагнитными дальномерами.

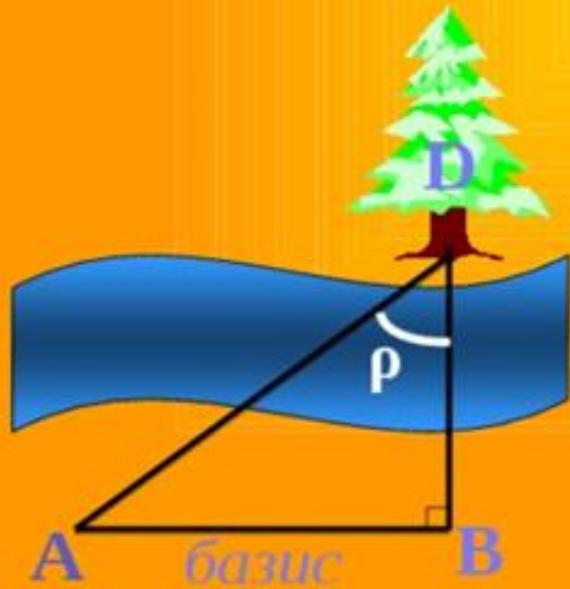
# Литература

## Основная:

- 1. Кузнецов О.Ф. Основы геодезии и топография местности : учебное пособие / О.Ф. Кузнецов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2014. — 286 с.
- 2.Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Академический Проект: Парадигма, 2013. - 538
- 3. Симонян В.В. Геодезия: сборник задач и упражнений / В.В. Симонян, О.Ф. Кузнецов. — М. : Московский государственный строительный университет, 2015. — 160 с.

- Под параллактическим способом понимается **косвенный способ** определения расстояния с помощью малого базиса, разбиваемого поперек измеряемой полосы, и параллактических углов, под которыми базис рассматривается из концов полосы.
- 
- В первый раз данный способ был использован русским астрономом и геодезистом В. Я. Струве в 1836 г. при измерении длин сторон в полигонометрии.
- Параллактический способ употребляется в вариантах, когда конкретное измерение расстояний мерными устройствами нереально из-за наличия в створе измеряемых линий различного рода препятствий или проблемно ввиду сильно пересеченной местности. Геометрическая фигура, образованная измеряемой линией с базисом и связывающим их построением, называется параллактическим звеном.

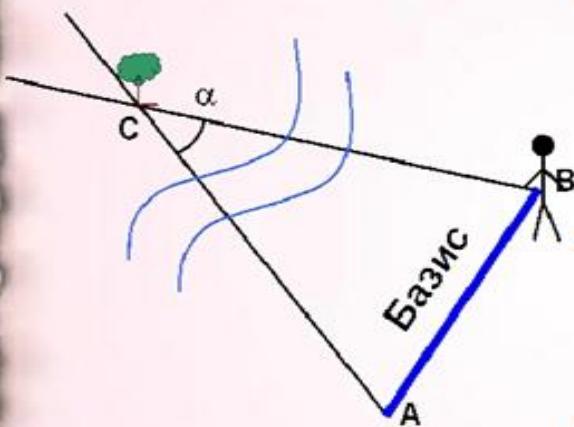
## Геометрический метод



- АВ - базис
- АD - расстояние до объекта
- параллакс -  $\rho = 180^\circ - (\angle B - \angle A)$

$$AD = \sin \rho \cdot AB$$

## 1. Геометрический метод (по параллаксам)



- В – точка, в которой находится наблюдатель;
- А – доступная точка;
- С – недоступная точка

АВ – базис (измеряется непосредственно)

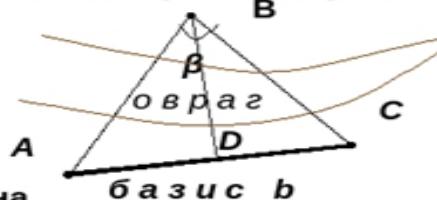
Углы измеряются геодезическим инструментом

- **БАЗИС в геодезии** линия на местности, измеряемая с высокой точностью и служащая для определения длин сторон геодезической сети в триангуляции.
- Базис это отрезок прямой линии длина которого получена из непосредственных измерений на местности.

## КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ - I (определение недоступного расстояния)

### 1. Параллактический способ

$$X = \frac{1}{2} * b * \operatorname{ctg} \beta / 2$$



Перпендикулярно к линии  $X=BD$  на местности закрепляют базис  $AC$ , который измеряют точными приборами. Тщательно измеряют теодолитом угол при точке  $B$  - **параллактический угол** (угол с опорой на известную сторону в треугольнике).

Относительная погрешность **1/2000** будет обеспечена, если угол  $\beta$  измерен **точным** теодолитом и не меньше  $12^\circ$ , а базис измерен **инварными проволоками** или **светодальномерами**.

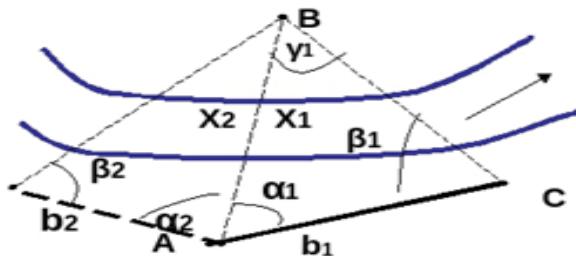
### 2. Применение теоремы синусов

Расстояние определяют по измеренным на местности **базису  $b$**  и **двум углам  $\alpha$  и  $\beta$** . Если возможно, для контроля измеряется третий угол  $\gamma$ .

$$\begin{aligned} X_1 / b_1 &= \sin \beta_1 / \sin \gamma_1 \\ X_1 &= b_1 * \sin \beta_1 / \sin \gamma_1 = \\ &= b_1 * \sin \beta_1 / \sin(\alpha_1 + \beta_1) \end{aligned}$$

Для контроля по второму базису :  

$$X_2 = b_2 * \sin \beta_2 / \sin(\alpha_2 + \beta_2)$$



Результат  $X_{cp} = (X_1 + X_2) / 2$ , если

$$\frac{|X_1 - X_2|}{X_{cp}} \leq \frac{1}{1000}$$

- **Створ** - вертикальная плоскость, проходящая через начальную и конечную точку линии местности.

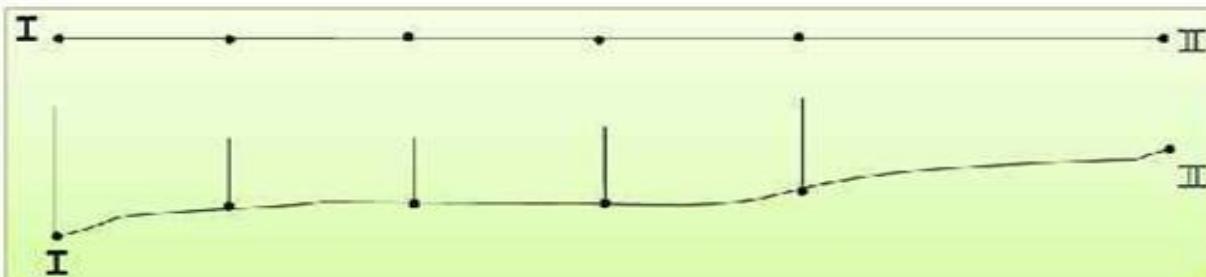
На линиях местности, имеющих длину более 150 м или видимость между точками затруднена, то в её створе устанавливают дополнительные вехи.

- **Вешением** называют установку вешек в створе линии. Количество дополнительных вех зависит от длины линии и рельефа. На равнинной местности их ставят через 50-100 м, на холмистой - через 10-50 м. Вешение можно производить на глаз (визуально) и с помощью бинокля или теодолита.

## Вешение линий

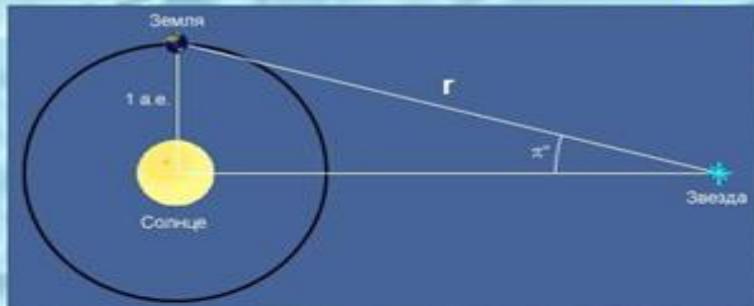
**Створ измеряемой линии** - вертикальная плоскость , проходящая через конечные точки линии.

Установка вех в створе линий называется **вешением**.



1. Вешение «на себя» (от II к I)
2. Вешение «от себя» (от I к II)

## Параллакс



Для определения расстояния до сравнительно близких звезд применяется **метод параллаксов** (ближе 300пк), известный более 2000 лет назад, а впервые успешно применен в 1837г.

Впервые параллакс звезды был измерен к 8 февраля 1837г русским астрономом **Василий Яковлевич Струве** (1793-1864). Это была Vega (α Лиры).

После 17 измерений он определил ее параллакс в  $0,125''$ .



Из  $\Delta$  видно, что  $r = a/\sin\pi$

Так как для звезд угол  $\pi$  очень мал ( $< 1''$ ), то переходим к радианной мере, учитывая что  $1 \text{ рад} = 206265''$ ,

тогда  $r = 206265''a/\pi = 206265''/\pi \text{ а.е.}$

Расстояние до звезды, которое соответствует параллаксу  $= 1''$  называют **парсеком**, тогда  $r = 1/\pi$ .  MyShared

## Виды оптических приборов



- Второй способ измерения длин линий заключается в использовании физико-оптических приборов.
- **Длину линии определяют как функцию угла**, под которым виден базис (оптические дальномеры), или как функцию времени и скорости распространения электромагнитных волн между конечными точками измеряемой линии (электромагнитные дальномеры).
- Достоинством физико-оптических дальномеров является быстрота измерений, высокая точность и возможность измерения больших расстояний без подготовки трассы: нужна лишь оптическая видимость между конечными точками линии.
- Идея оптических дальномеров основана на решении параллактического треугольника, в котором по малому (параллактическому) углу  $\alpha$  и противоположному ему катету (базе)  $B$  определяют расстояние  $D$  по формуле

$$D = B \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

# ФИЗИКО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

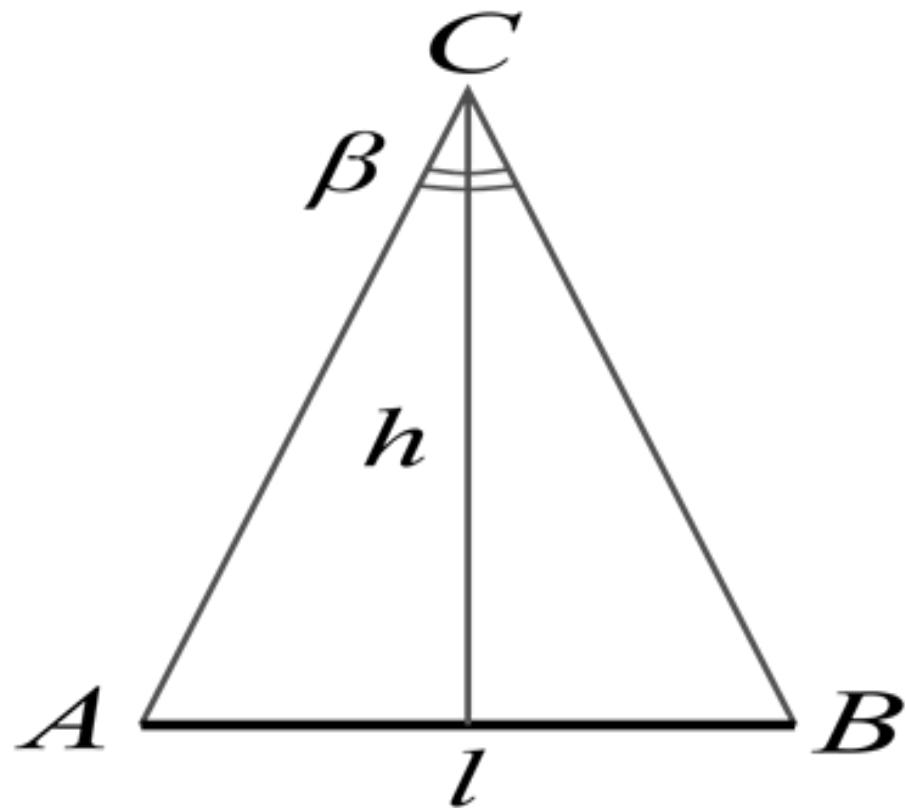
## Оптические дальномеры

**Дальномéр** — устройство, предназначенное для определения расстояния от наблюдателя до объекта.

Дальномерные приспособления делятся на активные и пассивные:

- активные:
  - [звуковой дальномер](#)
  - [световой дальномер](#)
  - [лазерный дальномер](#)
  - [радиодальномер](#)
  - других конструкций
- пассивные:
  - дальномеры, использующие оптический [параллакс](#) (напр. [дальномерный фотоаппарат](#))
  - дальномеры, использующие сопоставление объекта какому-либо образцу (нитяной дальномер и т.д.)
  - других конструкций

- Принцип действия дальномеров активного типа состоит в измерении времени, которое затрачивает посланный дальномером сигнал для прохождения расстояния до объекта и обратно. Скорость распространения сигнала (скорость света или звука) считается известной.
- Измерение расстояний дальномерами пассивного типа основано на определении высоты  $h$  равнобедренного треугольника ABC, например по известной стороне  $AB=L$  (базе) и  $\beta$ , противолежащему острому углу (т. н. параллактическому углу). Одна из величин,  $L$  или  $\beta$ , обычно является постоянной, а другая — переменной (измеряемой). По этому признаку различают дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянной базой.
- — расстояние между объективами дальномера (база дальномера)
- — объект, до которого надо определить расстояние
- — расстояние между дальномером и объектом наблюдения



- Дальномерами называются геодезические приборы, с помощью которых расстояние между двумя точками измеряют косвенным способом. **Дальномеры** подразделяют на **оптические** и **электронные**.
- **Оптические дальномеры** делятся на дальномеры с постоянным параллактическим углом и дальномеры с постоянным базисом, **электронные дальномеры** — на электронно-оптические (светодальномеры) и радиоэлектронные (радиодальномеры).
- Простейший оптический дальномер с постоянным углом — нитяной (рис. 6.8, а) имеется в зрительных трубах всех геодезических приборов. В поле зрения трубы (рис. 6.8, б) прибора видны три горизонтальные нити. Две из них, расположенные симметрично относительно средней нити, называются дальномерными. Нитяной дальномер применяют в комплекте с нивелирной рейкой, разделенной на сантиметровые деления.

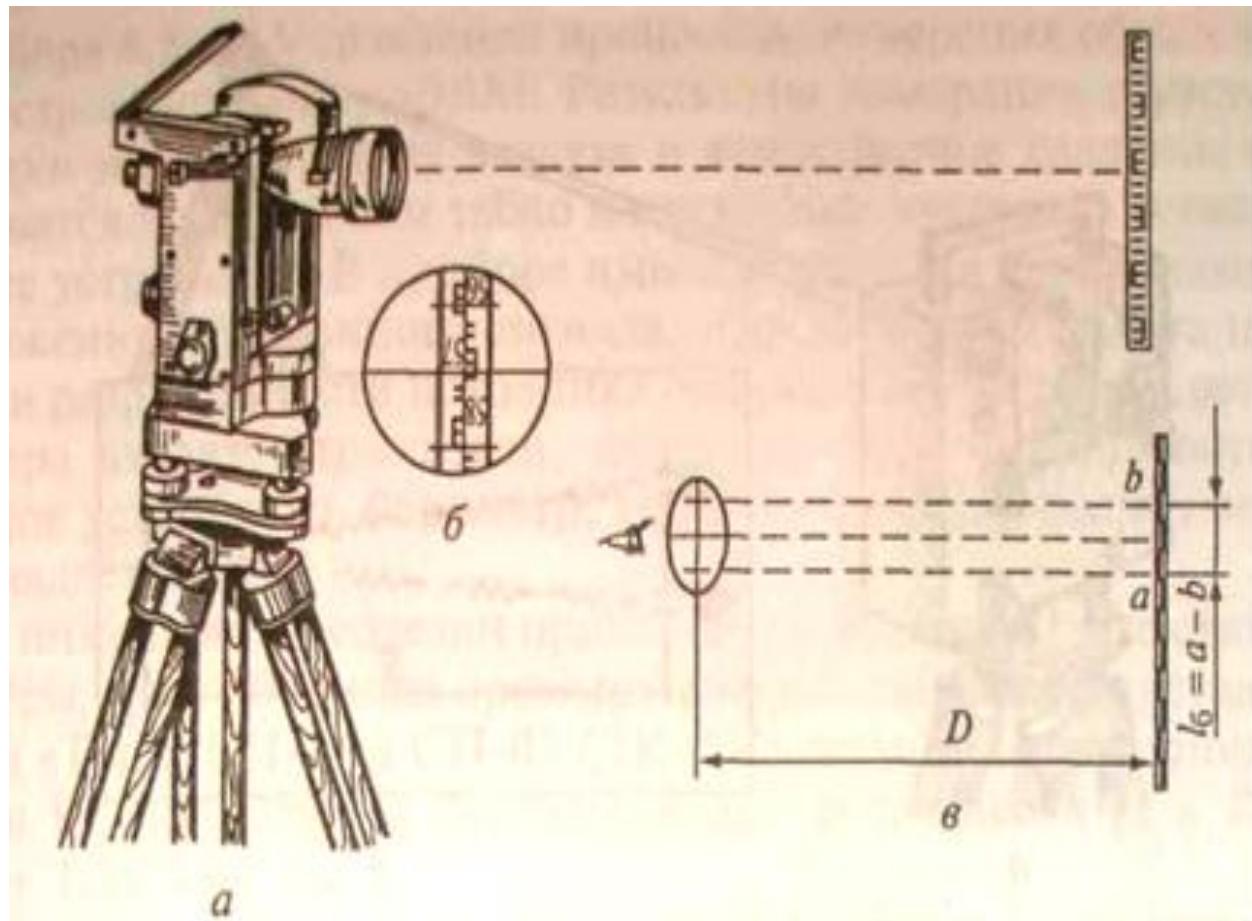


Рис. 6.8. Оптический дальномер:  
а — внешний вид; б — поле зрения трубы; в — схема измерения

- Нитяным дальномером можно измерить линии длиной до 300 м с погрешностью до 1:300 от длины. Принцип действия дальномера с постоянным базисом рассмотрим на конкретном примере определения расстояния от точки А до точки В (рис. 6.9).
- В точке А устанавливают теодолит. В точке В располагают отрезок (базис), длина которого  $l_b$  точно известна. Тогда, измерив угол  $a$ , можно по известной из тригонометрии формуле  $D = l_b \operatorname{tg} a$  вычислить расстояние между точками А и В.

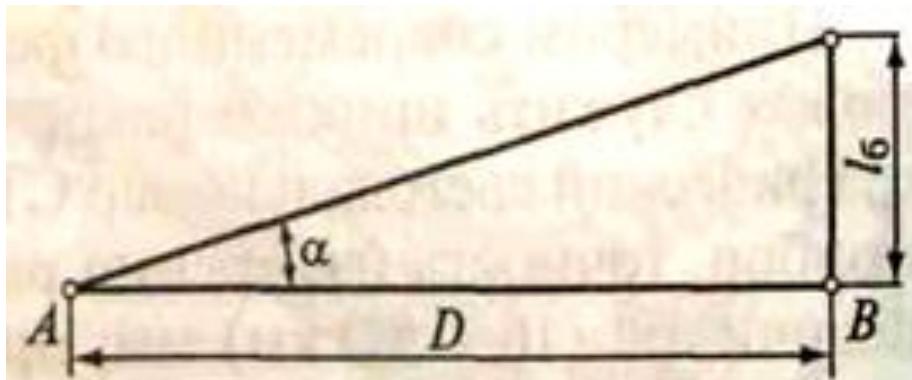


Рис. 6.9. Схема выполнения дальномерных измерений при постоянном базисе

**Лазерный дальномер** — прибор для измерения расстояний с применением лазерного луча.

### **Принцип работы:**

Способность электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью дает возможность определять дальность до объекта. Так, при импульсном методе дальнометрирования используется следующее соотношение:

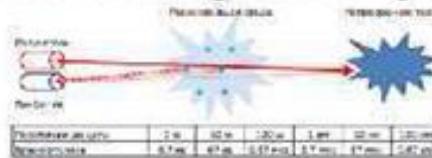
$$L = ct/2,$$

где L - расстояние до объекта,

c - скорость распространения излучения,

t - время прохождения импульса до цели и обратно.

Рассмотрение этого соотношения показывает, что потенциальная точность измерения дальности определяется точностью измерения времени прохождения импульса энергии до объекта и обратно. Ясно, что чем короче импульс, тем лучше.



# Электромагнитные дальномеры

- **Электромагнитные дальномеры** – это устройства для измерения расстояний по времени распространения электромагнитных волн между конечными точками линии. При этом предполагается, что скорость распространения электромагнитных колебаний в момент измерений известна и постоянна.  
Для определения скорости распространения электромагнитных волн в атмосфере используют формулу
- где  $n$  – показатель преломления атмосферы на пути электромагнитного излучения, который зависит от магнитной проницаемости  $\mu$  и диэлектрической постоянной  $\epsilon$ . В свою очередь, значения  $\mu$  и  $\epsilon$  зависят от плотности воздуха и частоты использованных колебаний. При качественном учете метеоусловий остаточная погрешность в определении расстояния составляет 1:500 000.

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

## **Принцип измерения расстояний электромагнитными дальномерами**

Таким образом, **принцип измерения расстояния** основан на **определении** промежутка времени  $\tau$ , в течение которого **электромагнитные** колебания проходят от приемопередатчика к отражателю и обратно.

**Измеренное расстояние** определяется по формуле  $D=0,5ut$ , где  $u$  – скорость распространения волн;  $\tau$  – время прохождения волнами **расстояния**  $2D$ .

## **Светодальномеры**

- Достоинство светодальномеров заключается в возможности сведения светового потока с помощью сравнительно простых и небольших по размерам оптических систем (антенн) в узконаправленный луч с высокой плотностью энергии (использование лазерных источников излучения).
- Для светодальномеров характерна практическая прямолинейность светового луча. При использовании лазерных источников излучения практическая дальность действия в чистой атмосфере составляет 40-60 км.

# **Ультразвуковые дальномеры (рулетки)**

- **Принцип работы данного устройства** заключается в том, что испускаемый на определенный предмет звук, находящийся за пределами слышимости людей, отражается от данного предмета и улавливается приемной частью прибора.
- Скорость прохождения звука в воздухе имеет определенное значение при фиксированной плотности, что позволяет рассчитать расстояние. Для более точного направления звукового пучка на предмет, до которого нужно измерить расстояние, был разработан дальномер ультразвуковой с лазерной указкой.
- Это значительно повысило удобство проведения работ и точность измерений.

Современные аппараты обладают возможностью проведения более сложных операций, чем просто фиксация результатов измерений, так, например, они могут рассчитывать площадь обмеряемой территории, а также угловые координаты заданной точки.

## Интерферометры

- Эта группа приборов предназначена для высокоточного измерения весьма малых расстояний. Такие приборы используются для компарирования мерных приборов, создания эталонов, высокоточного и точного смещений объектов и весьма малых скоростей перемещений.
- Интерферометр – это прибор, в котором производится пространственное разделение двух световых лучей и создание между ними разности хода с целью получения интерференционной картины, по которой и определяют измеряемую величину.