

Тема: «Измерение длин линий дальномерами»

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

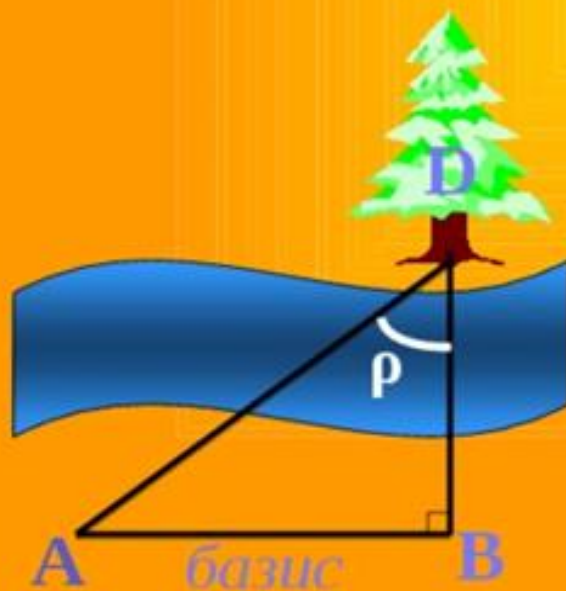
Литература

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 астрологом 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, именуется параллактическим звеном.

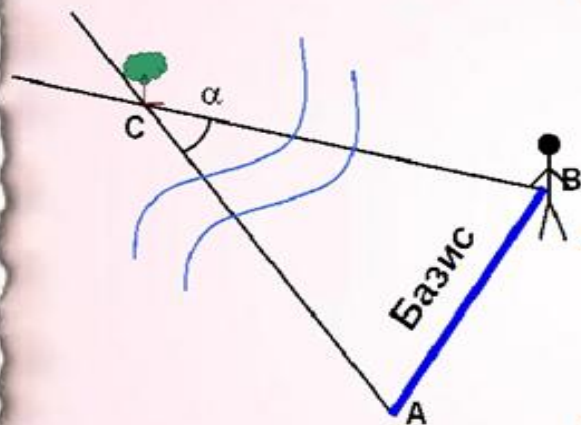
Геометрический метод



- АВ - базис
- AD - 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

AB – базис (измеряется непосредственно)

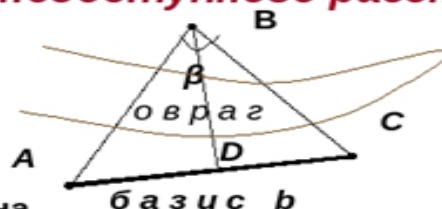
Углы измеряются геодезическим инструментом

- **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).

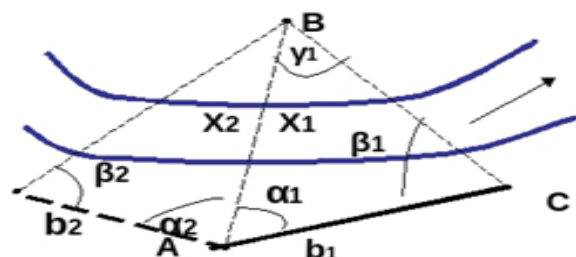
Относительная погрешность **1/2000** будет обеспечена, если угол β измерен **точным** теодолитом и не меньше 12° , а базис измерен **инвариными** проволоками или светодальномерами.

2. Применение теоремы синусов

Расстояние определяют по измеренным на местности **базису** b и **двум углам** α и β . Если возможно, для контроля измеряется третий угол γ .

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

Для контроля по второму базису:

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


Результат $X_{\text{ср}} = (X_1 + X_2) / 2$, если

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

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

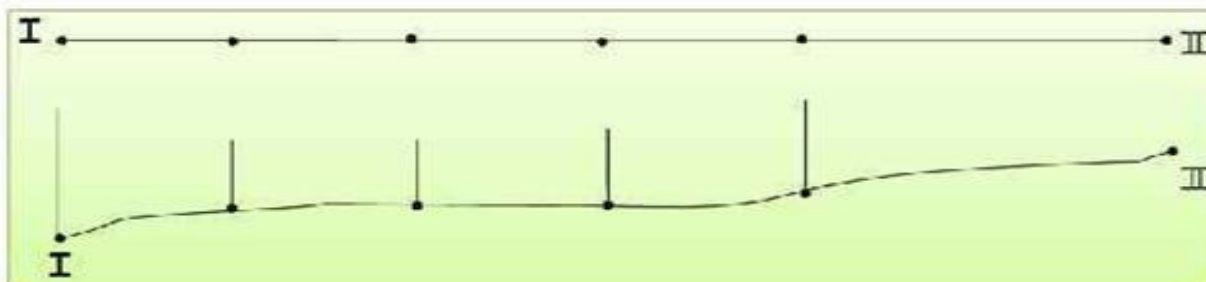
На линиях местности, имеющих длину более 150 м или видимость между точками затруднена, то в её створе устанавливают дополнительные вехи.

- **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

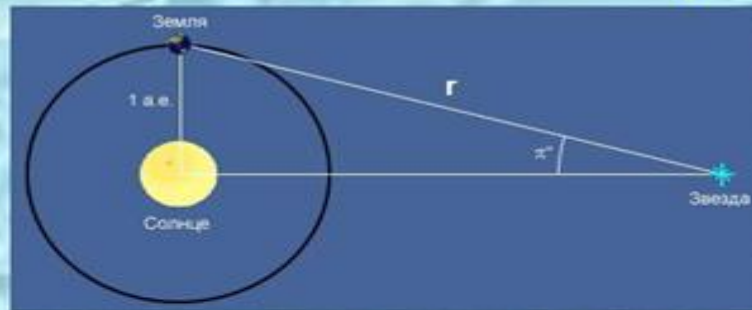
Створ измеряемой линии - вертикальная плоскость, проходящая через конечные точки линии.

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 параллакс** (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 **Вега (α Лиры)**.

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



Из Δ видно, что **$r = a/\sin\pi$**

Так как для звезд угол π очень мал ($< 1''$), то переходим к радианной мере, учитывая что **1 рад = 206265"**,

тогда **$r = 206265'' a/\pi = 206265''/\pi$** а.е.

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

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 ϵ и противоположному ему катету (базе) B определяют расстояние D по формуле

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

ФИЗИКО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

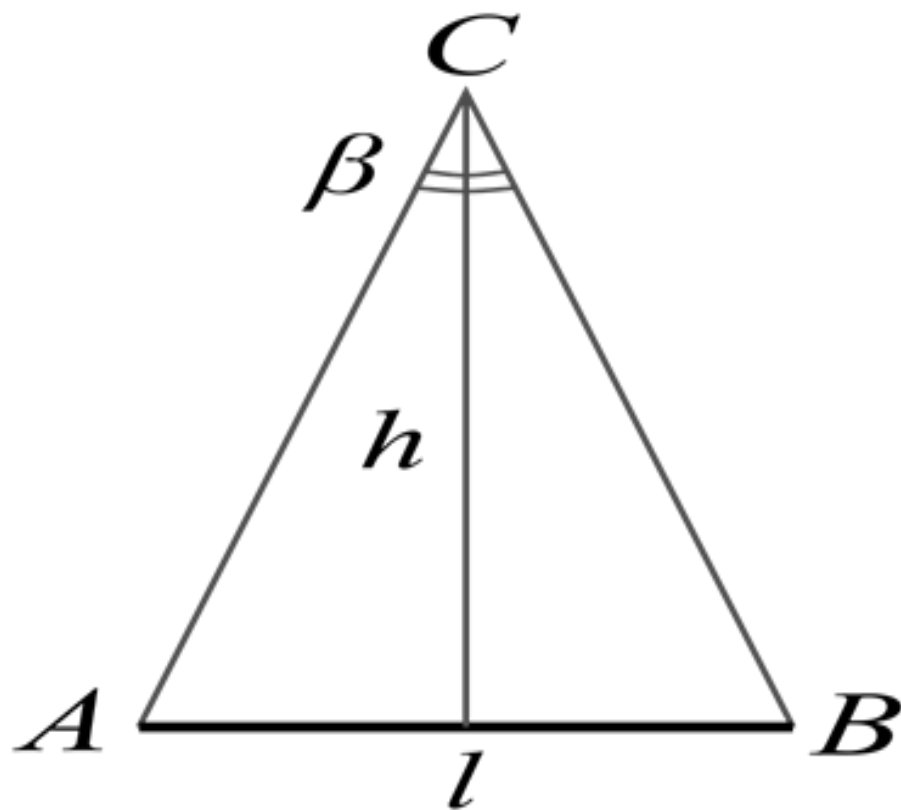
Оптические дальномеры

Дальномер — 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 β , противолежащему острому углу (т. н. параллактическому углу). Одна из величин, L или β , 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.

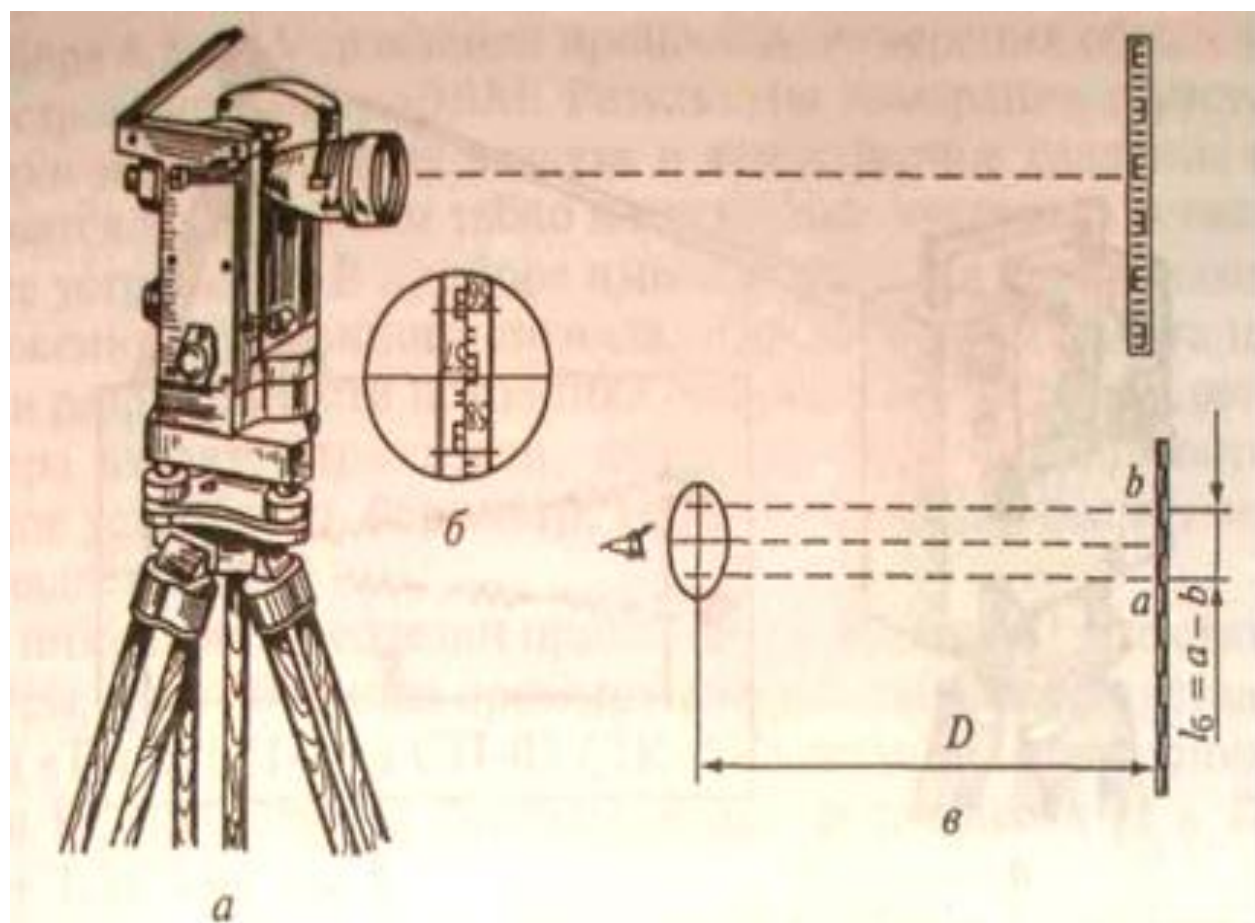


Рис. 6.8. Оптический дальномер:

a — 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 α , можно по известной из тригонометрии формуле $D = l_b \operatorname{tg} \alpha$ вычислить расстояние между точками А и В.

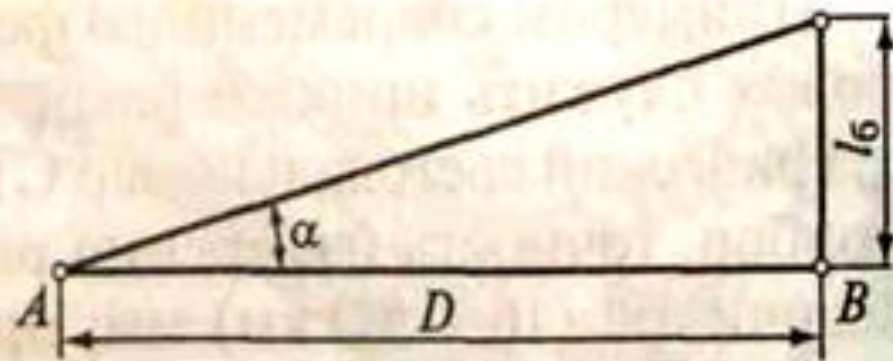


Рис. 6.9. Схема выполнения даль-
номерных измерений при посто-
янном базисе

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:

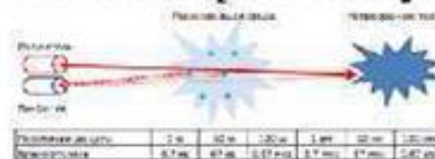
$$L = ct/2,$$

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

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

- где n – показатель преломления атмосферы на пути электромагнитного излучения, который зависит от магнитной проницаемости μ и диэлектрической постоянной ϵ . В свою очередь, значения μ и ϵ зависят от плотности воздуха и частоты использованных колебаний. При качественном учете метеоусловий остаточная погрешность в определении расстояния составляет 1:500 000.

Принцип измерения расстояний электромагнитными дальномерами

Таким

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

Измеренное расстояние определяется по формуле $D = 0,5u\tau$, где u – скорость распространения волн; τ – 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.