

# Определение высот точек местности

**Относительная высота** – превышение какой-либо точки земной поверхности относительно другой, равное разности абсолютных высот этих точек в одной системе высот

Совокупность работ по измерению превышений называется **нивелированием**

Применяется несколько способов нивелирования:

- геометрическое
- тригонометрическое
- барометрическое
- аэрорадионивелирование
- гидростатическое

# Геометрическое нивелирование

Геометрическое нивелирование выполняется прибором, который называется *нивелиром*

**Нивелир** – геодезический прибор для определения превышений с помощью горизонтального визирного луча



**по точности:**

высокоточные

точные

технические

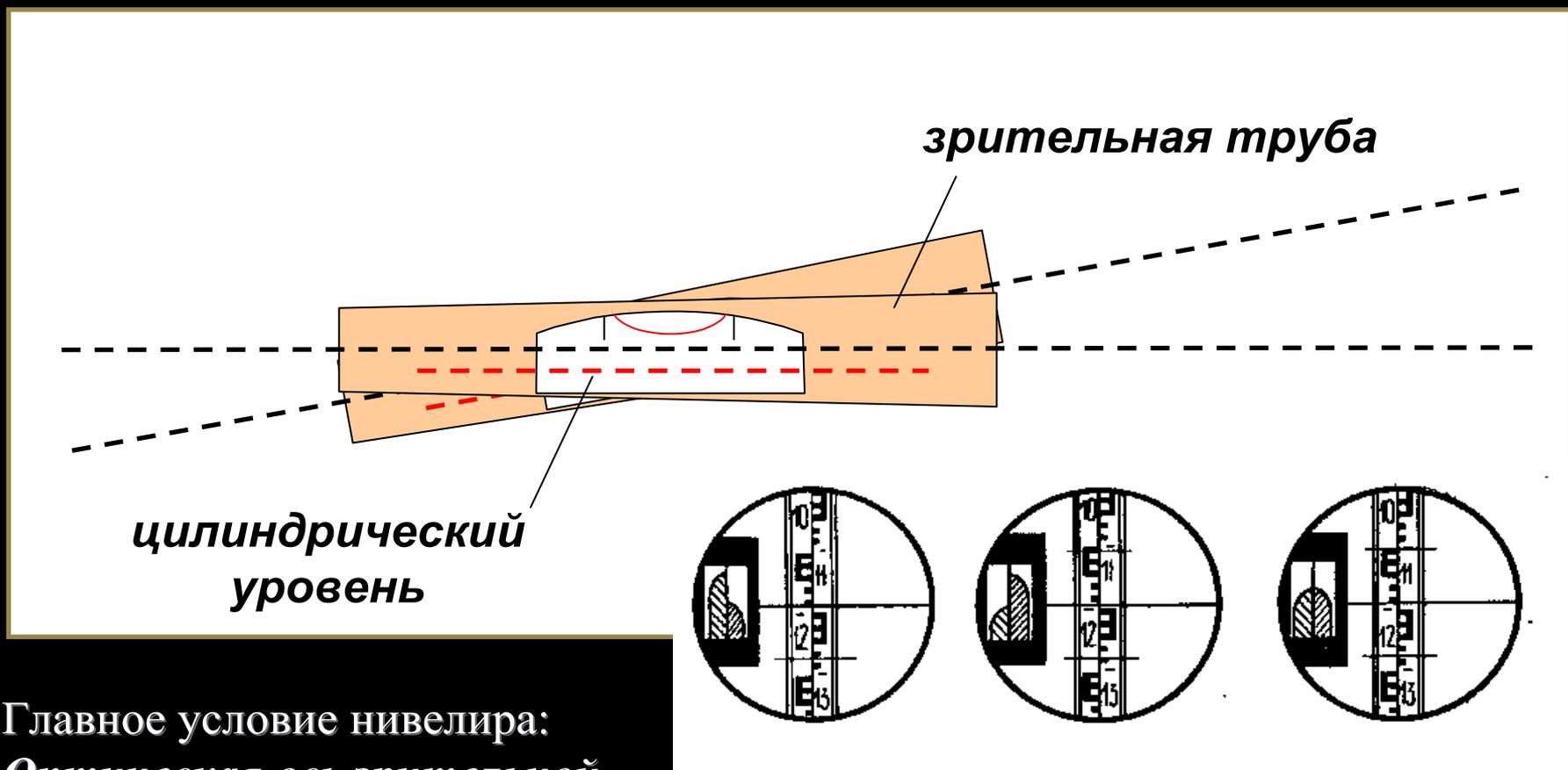
**по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение:**

с уровнем при зрительной трубе

с компенсатором

# Геометрическое нивелирование

## Устройство нивелира с уровнем при зрительной трубе



Главное условие нивелира:  
*Оптическая ось зрительной  
трубы должна быть параллельна  
оси цилиндрического уровня*

# Геометрическое нивелирование

## Устройство нивелира с компенсатором

Главное условие  
нивелира:

*Горизонтальность  
визирной оси в  
пределах углов  
стабилизации  
компенсатора*



# Геометрическое нивелирование

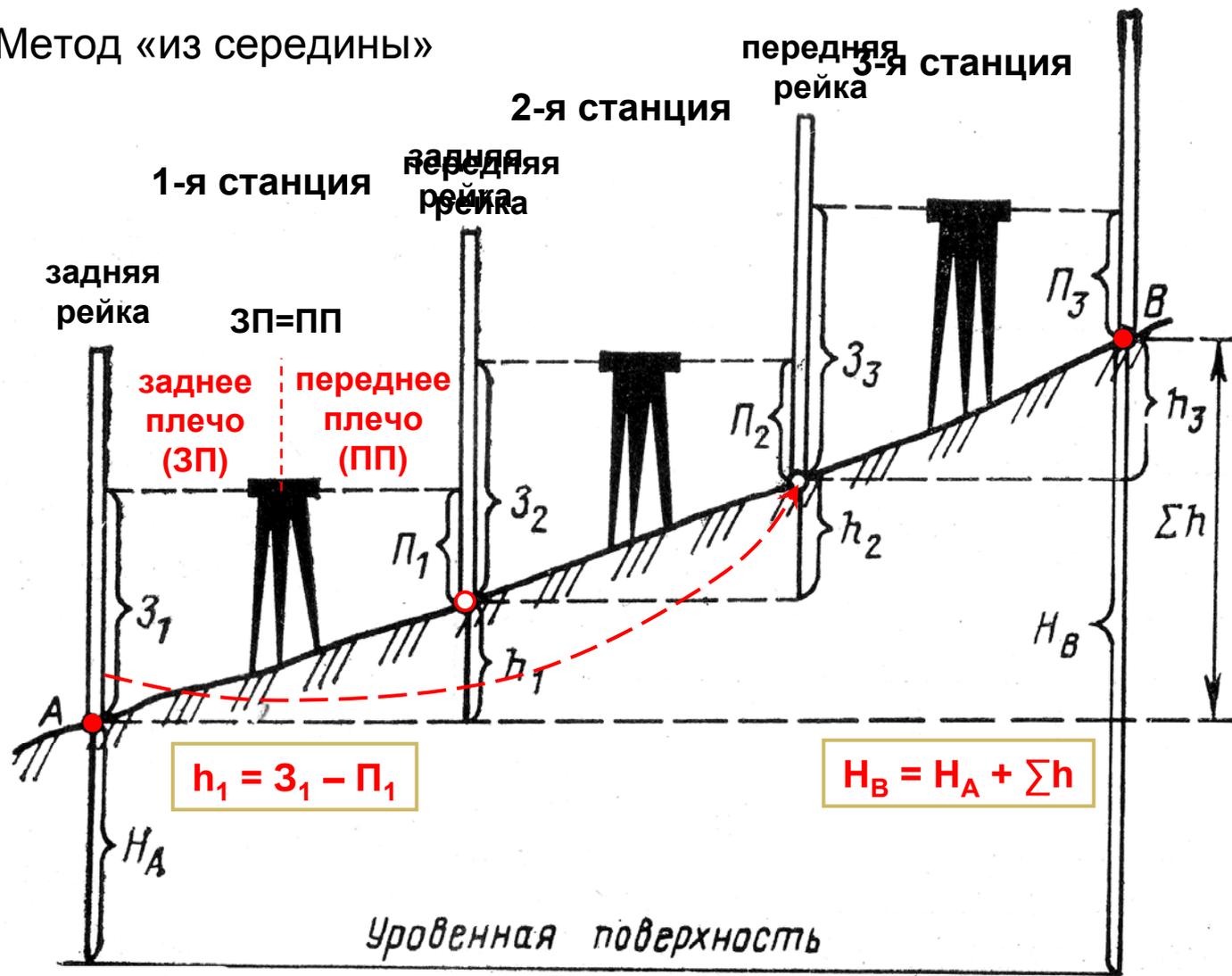
## Погрешности при геометрическом нивелировании:

- погрешность главного условия нивелира
- влияние рефракции
- кривизна земной поверхности
- наклон реек относительно отвесной линии
- погрешность аппроксимации отсчетов по рейкам

Чтобы суммарная погрешность была минимальной, применяют метод *нивелирования из середины*

# Геометрическое нивелирование

Метод «из середины»

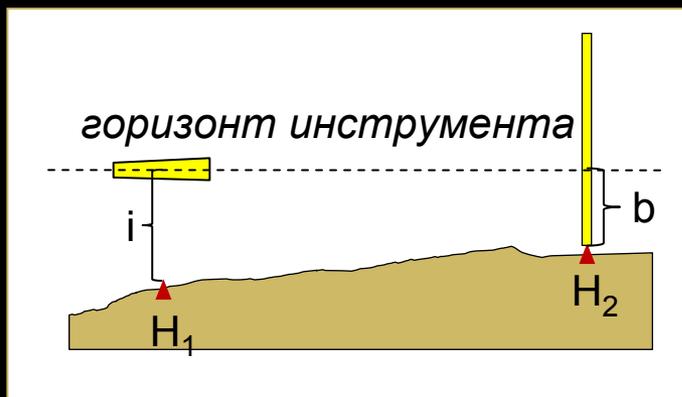


# Геометрическое нивелирование

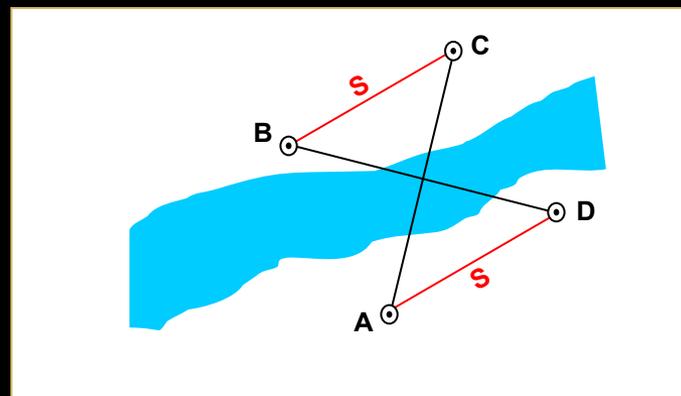


# Геометрическое нивелирование

## Нивелирование вперед



## Нивелирование через реки



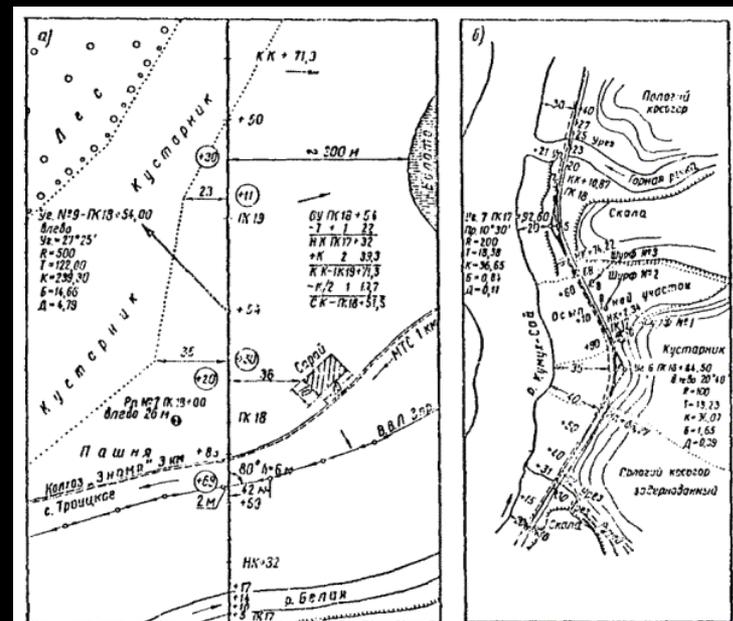
## Нивелирование для построения профиля

Разбивка пикетажа с составлением в пикетажной книжке глазомерного абриса вдоль всей трассы профиля

Измерение превышений

Обработка нивелирного журнала, вычисление абсолютных высот пикетов

Построение профиля



# Тригонометрическое нивелирование

Превышение

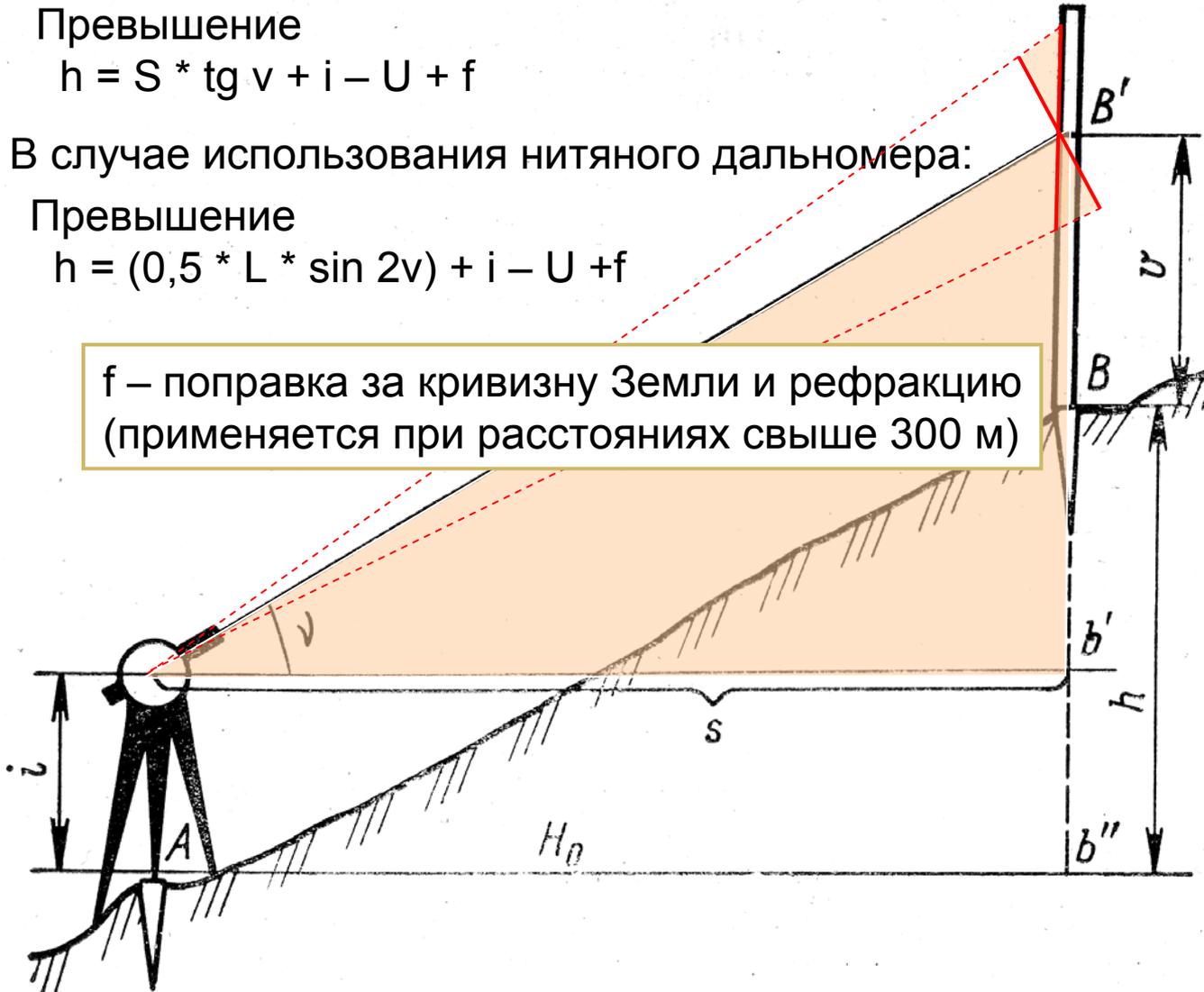
$$h = S * \operatorname{tg} v + i - U + f$$

В случае использования нитяного дальномера:

Превышение

$$h = (0,5 * L * \sin 2v) + i - U + f$$

$f$  – поправка за кривизну Земли и рефракцию  
(применяется при расстояниях свыше 300 м)



# Геометрическое нивелирование

## Допустимая невязка геометрического нивелирования

$$f_{\text{доп}} = D_{(\text{мм})} \sqrt{L_{(\text{км})}} \quad (\text{мм})$$

L – длина хода

D – число, определяющее точность (класс) нивелирования

*1-й класс - 0.5 мм*

*3-й класс - 10 мм*

*2-й класс - 5 мм*

*4-й класс - 20 мм*

## Допустимая невязка тригонометрического нивелирования

$$f_{\text{доп}} = 0,04 \bar{S} \sqrt{n} \quad (\text{см})$$

S – средняя длина горизонтальных проложений (м)

n – число станций (постановок теодолита)

# Геометрическое нивелирование

## УРАВНИВАНИЕ

Невязка для замкнутого высотного хода:

$$f_h = \sum h_i$$

Невязка для разомкнутого высотного хода:

$$f_h = \sum h_i - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}})$$

*Уравнивание осуществляется разными методами:  
пропорционально длине плеч, методом «красных чисел»*

# Барометрическое нивелирование

Барометрическое нивелирование позволяет находить превышение между точками по разности *атмосферного давления* в них

Атмосферное давление зависит от широты точки, состояния атмосферы (температура и влажность воздуха) и высоты

Для повышения точности измерений прокладывают замкнутые барометрические ходы или используют параллельные измерения на стационарной точке

# Барометрическое нивелирование

Атмосферное давление измеряют с помощью *микробарометров*, которые бывают оптическими или электронными

*Формулы: Лапласа, Бабине, Певцова и др.*

На практике давление, измеренное микробарометрами, чаще всего переводят в высоты с помощью специальных таблиц

<http://planetcalc.ru>

Точность измерения превышений путем барометрического нивелирования:

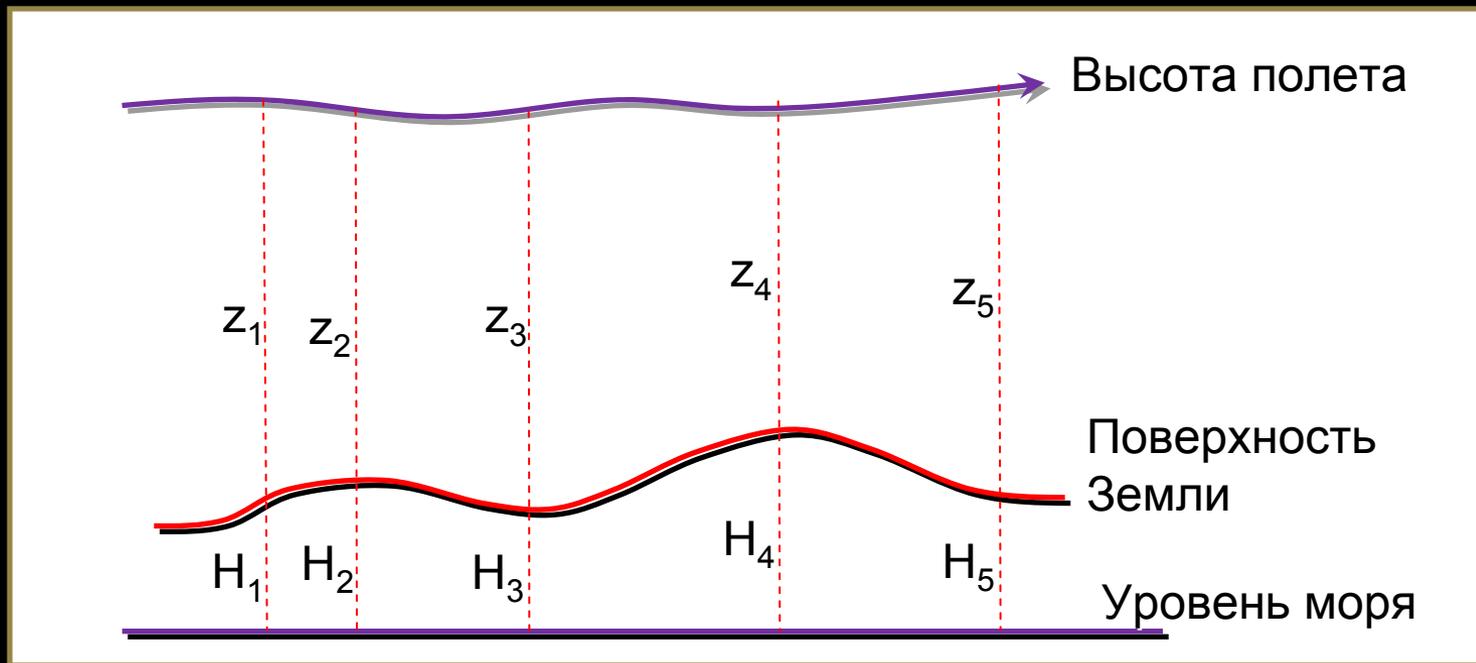
3 -5 м для оптических микробарометров

≈ 30 см для электронных



# Аэрорадионивелирование

выполняется с помощью радиовысотомера,  
установленного на самолете или вертолете



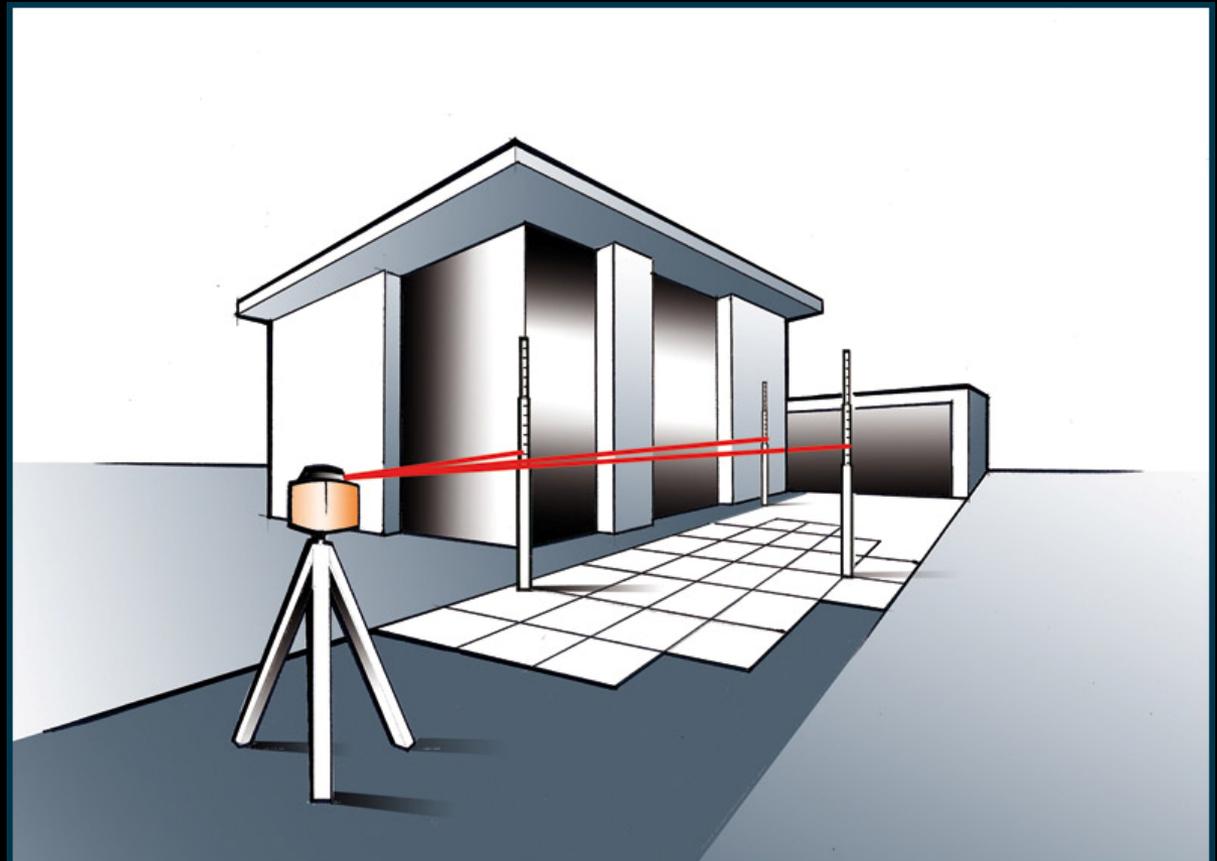
Высота полета носителя определяется с помощью  
барометрического метода или навигационной системы

Точность составляет несколько метров

# Цифровые нивелиры

2 типа цифровых нивелиров.

Первый: горизонт инструмента задает луч полупроводникового лазера. *Точность соответствует уровню технического нивелирования*



# Цифровые нивелиры

## Второй: Точность геометрического нивелирования ВЫСШИХ КЛАССОВ

Изображение отрезка рейки,  
попавшего в поле зрения оптической  
системы объектива нивелира

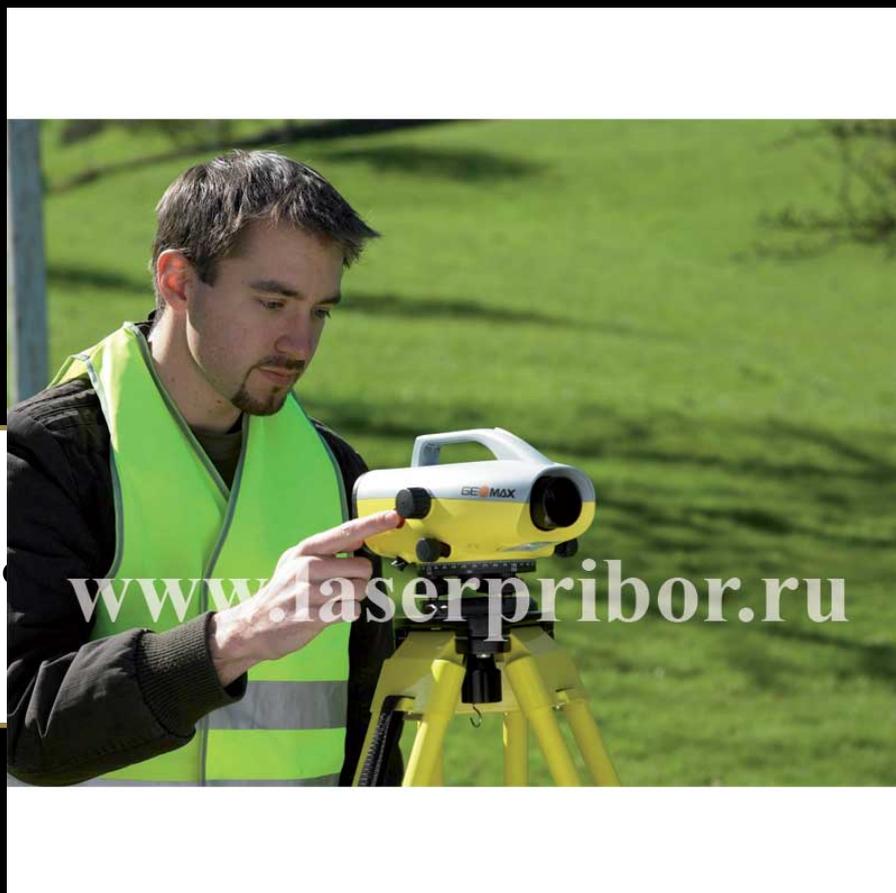


цветоделительный блок

проецируется в  
плоскость окуляра



проецируется в  
плоскость  
светочувствительной  
матрицы ПЗС-  
приемника



# Топографическая съемка местности

комплекс полевых и камеральных работ, необходимых для создания топографических карт и планов.

I этап - *рекогносцировка*

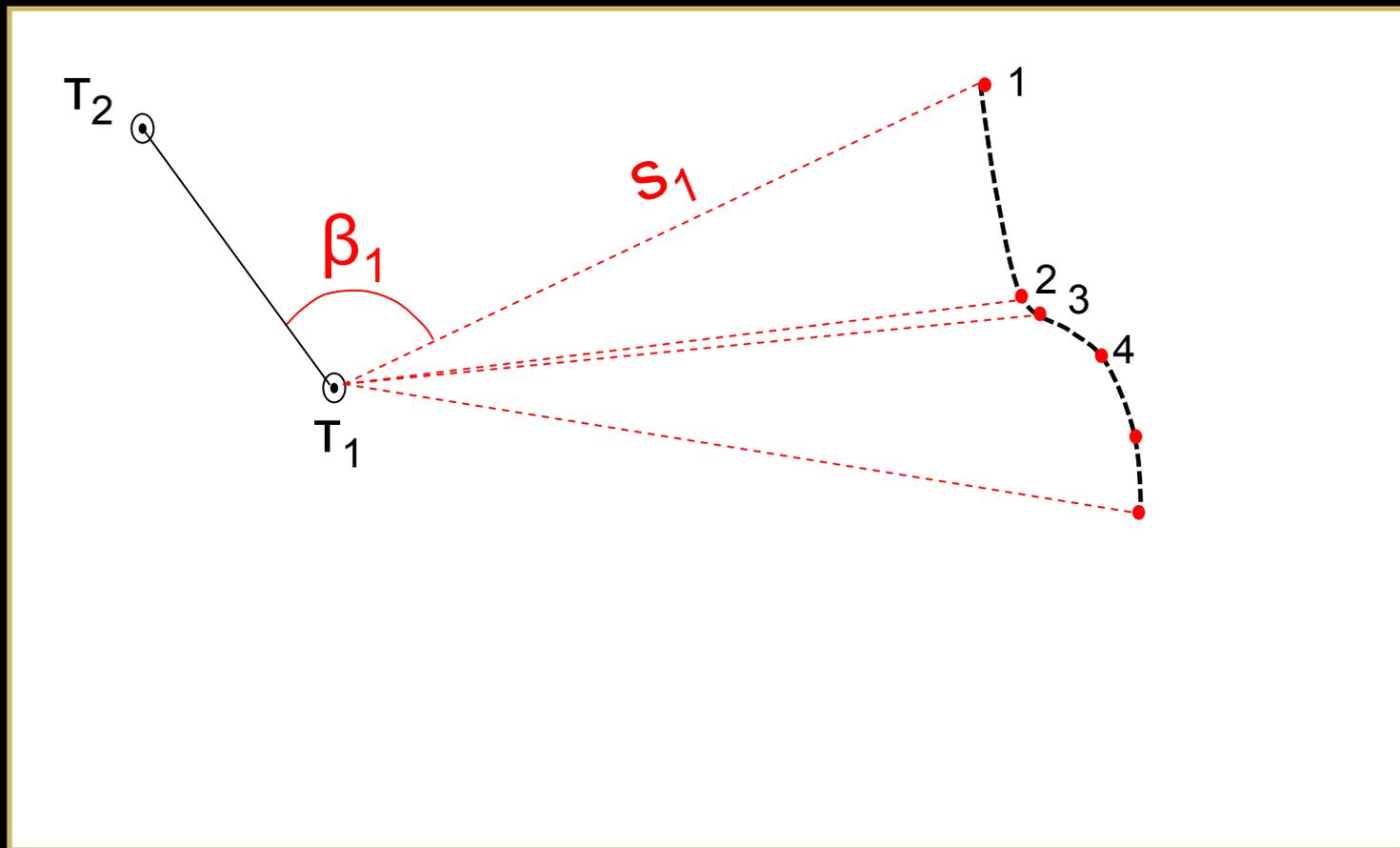
II этап – подготовка *планово-высотного обоснования*

III этап – собственно *съемка*

IV этап – *составление карты* (плана)

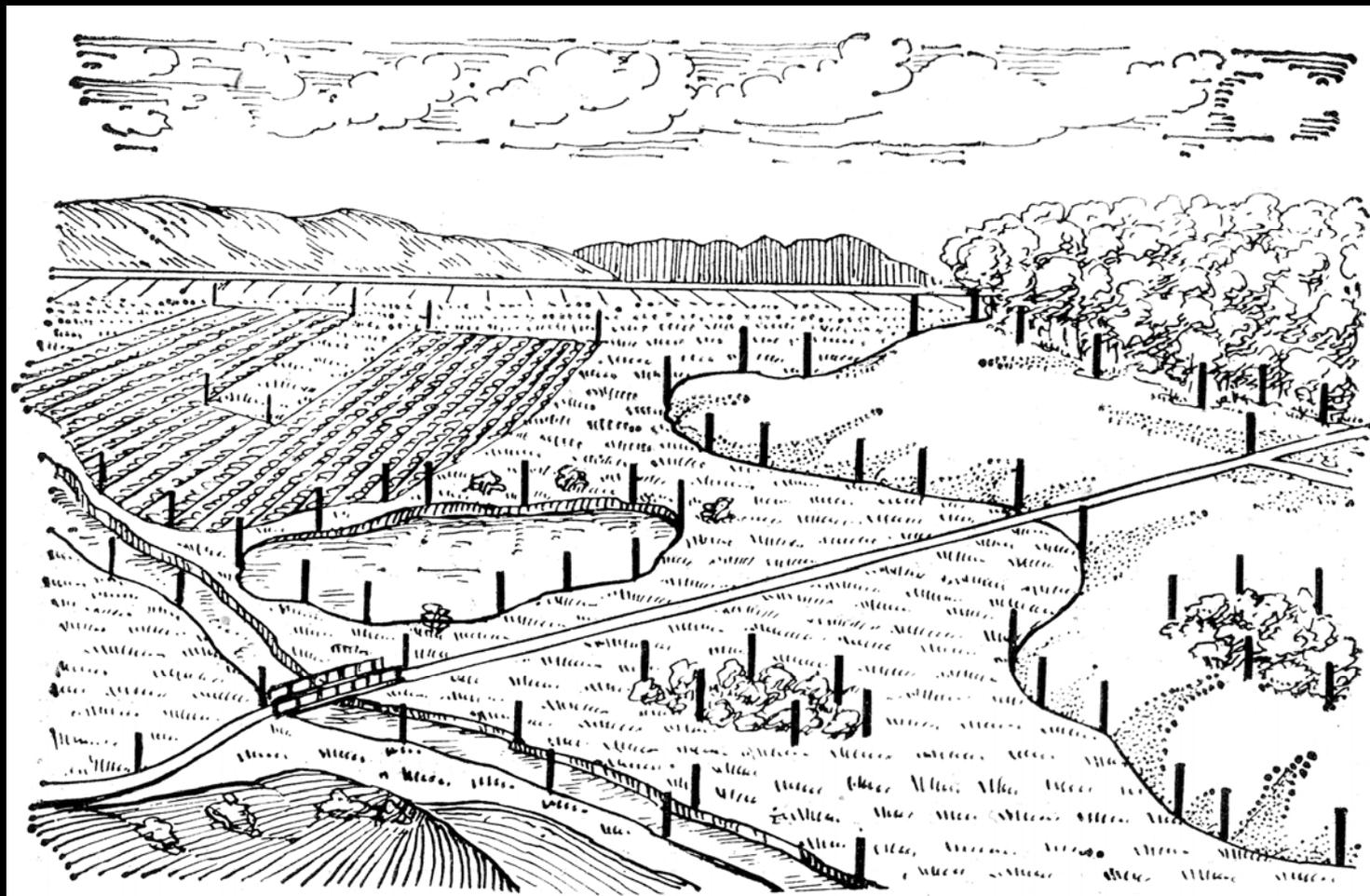
Все полевые измерения при съемке выполняются с точек планово-высотного обоснования и относительно них наносятся на карту

# Топографическая съемка местности



# Топографическая съемка местности

Пикеты могут быть высотными или  
планово-высотными



# Топографическая съемка местности

## Виды топографической съемки местности

Глазомерная съемка

Тахеометрическая съемка

Мензольная съемка

Плановое нивелирование поверхности

Аэрофототопографическая

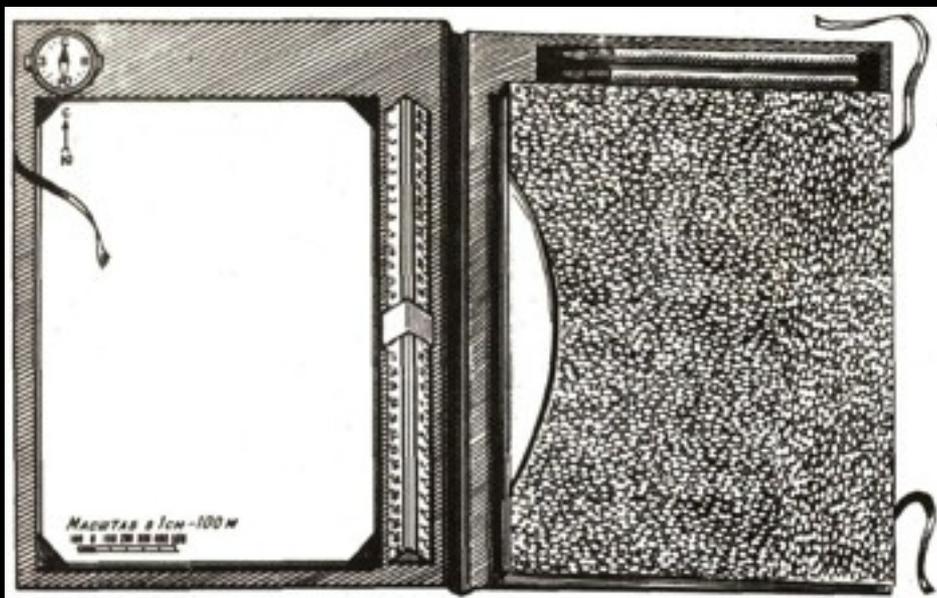
Съемка с помощью глобальных систем  
позиционирования

Съемка с использованием лазерных сканеров

# Топографическая съемка местности

## Глазомерная съемка

Оптимальный инструмент для глазомерной съемки – *планшет* с укрепленным на нем компасом и визирная линейка.



# Топографическая съемка местности

## Глазомерная съемка

**Ориентирование** – определение местоположения точки стояния, опознавания окружающих предметов, определение направлений и расстояний до *ориентиров*

Способы ориентирования:

*Традиционные в современной практике*

по топографической карте  
по аэро- или  
космическому снимку  
с помощью специальных  
приборов

*Экзотические*

описания местности  
расспросы местных жителей  
по небесным светилам  
естественные и  
искусственные приметам

# Топографическая съемка местности

## Глазомерная съемка

Определение расстояний

### Глазомерное определение

по различимости объектов

Объекты и признаки	Предельная видимость, км
Населенные пункты	10-12
Заводские трубы	6
Отдельные небольшие дома	5
Окна в домах (без деталей)	4
Трубы на крышах	3
Стволы деревьев, столбы линий связи, люди (в виде точки), повозки на дороге	1,5
Движение ног идущего человека (лошади)	0,7
Движение рук, выделяется голова человека	0,4
Цвет и части одежды, овал лица	0,25-0,3
Черепица на крышах, листья деревьев, проволока на кольях	0,2
Черты лица, кисти рук	0,1

по слышимости объектов

Источник звука	Слышимость звука
Шум движущегося поезда	10
Паровозный гудок, заводская сирена	7-10
Выстрел из охотничьего ружья	3,0
Автомобильный сигнал	2-3
Крик человека	1-1,5
Ржание лошадей, лай собак	2-3
Разговорная речь	0,1-0,2
Вбивание деревянных кольев механическим способом	0,8
Движение автомобилей по грунтовой дороге	0,5
Движение автомобилей по шоссе	1-1,5

по соотношению  
скоростей звука и света

# Топографическая съемка местности

## Глазомерная съемка

*Меньшими, чем в действительности, кажутся расстояния:*

- до ярко освещенных светлых объектов на темном фоне и наоборот
- в ясный солнечный день, особенно при прямом освещении
- при наблюдении через водные пространства
- до светящихся огней
- до гор и объектов, расположенных на их склонах

*Большими кажутся расстояния:*

- в сумерки, при наблюдении против света
- в тумане, при пасмурной и дождливой погоде
- до объектов, плохо выделяющихся на общем фоне
- на местности, изобилующей мелкими объектами
- до небольших объектов и объектов, расположенных группами

## Промер шагами

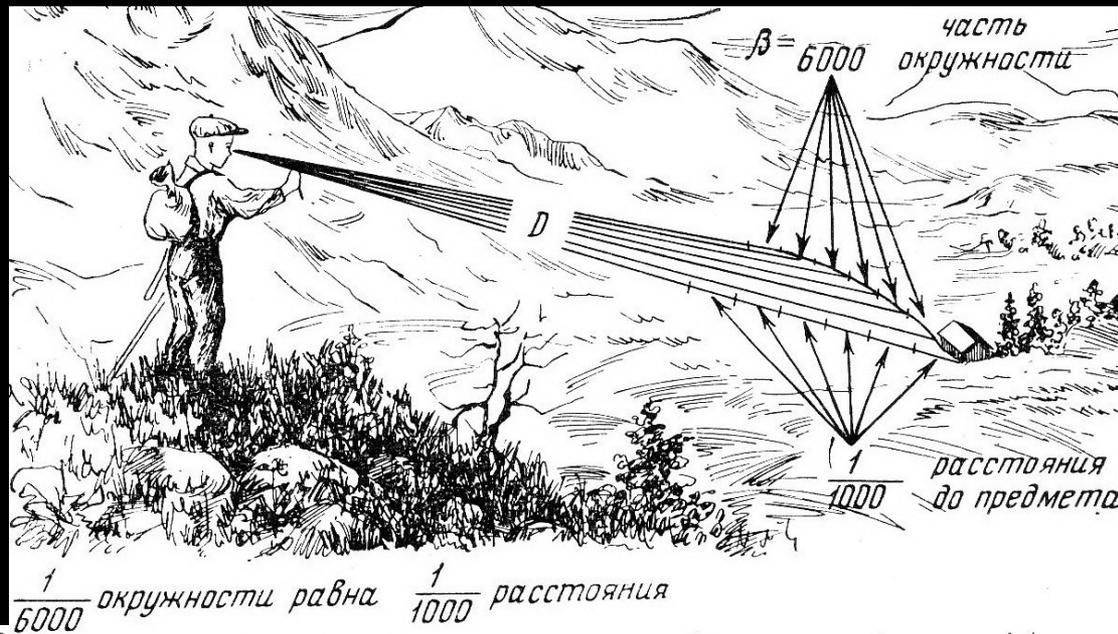
*Учет уклона поверхности, подстилающей поверхности*

# Топографическая съемка местности

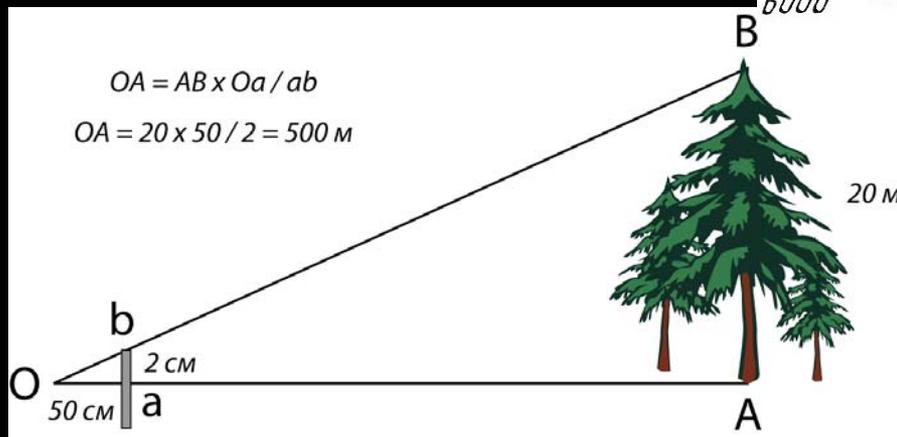
## Глазомерная съемка

### По угловым величинам предметов

Определение расстояний



### По линейным размерам предметов



Наименование предметов	Высота
Рост среднего человека	1,75
Телеграфный столб	6
Железнодорожная будка	4
Одноэтажный дом с крышей	6-8
Заводская труба	30

# Топографическая съемка местности

## Глазомерная съемка

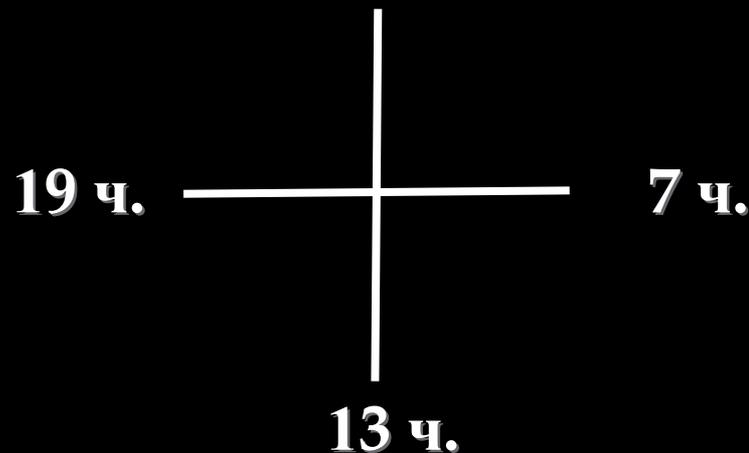
### Ориентирование направлений

#### Компас



#### По небесным светилам

Солнце находится  
(по местному времени)



#### По естественным и искусственным приметам

- кора деревьев (окраска, лишайники, смола)
- муравейники
- кварталные столбы, церкви