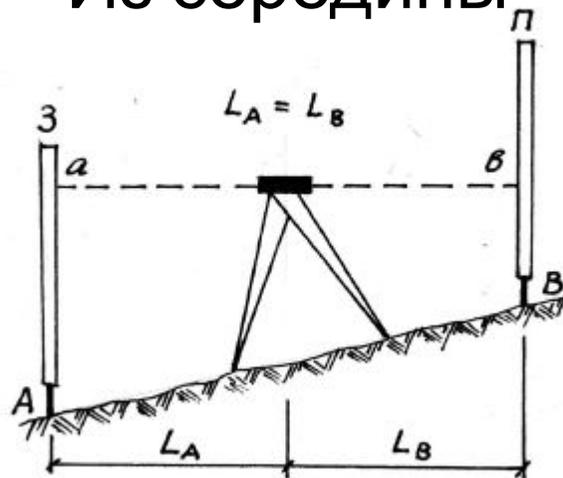


# Лекция №12

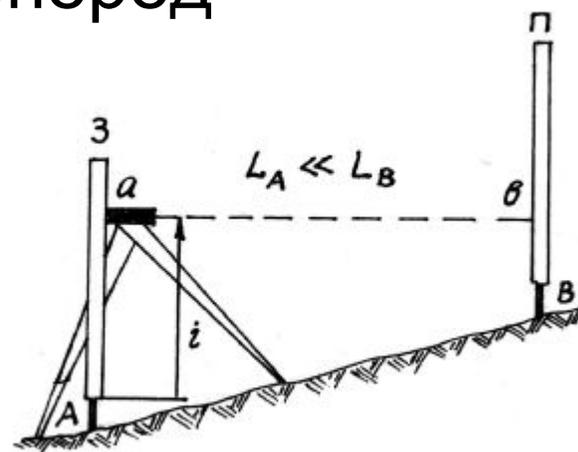
Техническое нивелирование (продолжение).

# Основные способы геометрического нивелирования

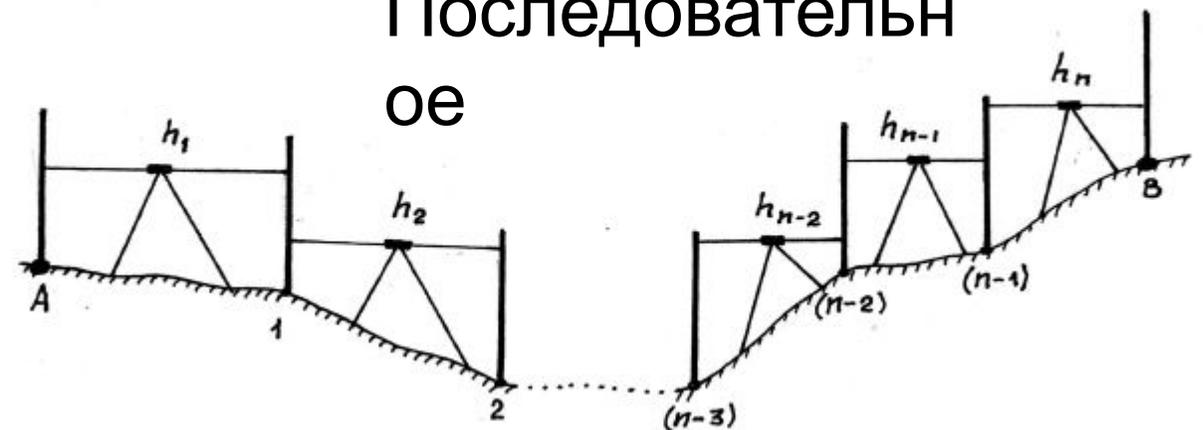
Из середины



Вперёд



Последовательное



# Нивелирование из середины

Для определения превышения между точками А и В нивелир устанавливают посередине между ними, т.е. обеспечивают равенство плеч на станции. Разность заднего (на точку А) и переднего (на точку В) отсчётов определяет искомое превышение передней точки над задней

$$h = З - П$$

Если известна высота точки  $H_A$ , то

$$H_B = H_A + h$$

# Нивелирование вперёд

Нивелир размещают в точке А, измеряют его высоту  $i=3$  и определяют превышение по формуле:

$$h = i - \Pi = 3 - \Pi$$

Высота точки В будет определяться по той же формуле:

$$H_B = H_A + h$$

При нивелировании вперёд нивелир может размещаться непосредственно в точке А (проекция окуляра зрительной трубы совпадает с положением точки А), либо вблизи этой точки на расстоянии, позволяющем получить чёткое изображение шкалы рейки.

# Последовательное (сложное) нивелирование

Этот способ используется при передаче высот на сравнительно большие расстояния (при трассировании), при нивелировании рек, геофизических профилей, создании высотного обоснования и в других случаях.

Для привязки нивелирного хода геометрического нивелирования значительной длины целесообразно иметь в начале и конце хода нивелирные реперы:  $P_A$  (начальный репер) и  $P_B$  (конечный репер). В этом случае нивелирование можно выполнять в ходе одного направления.

Точки хода, отсчёты на которые по рейке берут на соседних двух станциях, называют связующими (точки 1, 2, ...,  $n - 1$ ). Расстояние между связующими точками, имеющими нумерацию, часто определено, например,

100 м, 50 м. Связующие точки закрепляют на местности кольями, либо выбирают устойчивые точки местности, на которые при нескольких постановках можно однозначно устанавливать рейку.

# Передача высот по нивелирному ходу

$$H_1 = H_{PenA} + h_1$$

$$H_2 = H_1 + h_2$$

$$H_3 = H_2 + h_3$$

..... ..

$$H_{PenB} = H_{(n-1)} + h_n$$

Если сложить уравнения и исключить из них в суммарном уравнении одинаковые слагаемые в правой и левой частях, то получим:

$$H_{PenB} = H_{PenA} + \sum_{i=1}^{i=n} h_i$$

# Теоретическое превышение и невязка нивелирного хода

Разность высот исходных реперов хода:

$$H_{PenB} - H_{PenA} = h_{TEOP}$$

Является теоретическим превышением

Значение суммы превышений хода представляет практическое превышение  $h_{ПР}$ , содержащее погрешность (невязку в превышениях):

$$f_h = \sum_{i=1}^{i=n} h_i - (H_{PenB} - H_{PenA}) = (h_{ПР} - h_{TEOP})$$

# Контроль правильности нивелирования в ходе

Допустимая невязка в ходе может быть вычислена по следующим формулам:

$$f_{\text{вдхл}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L(\text{км})}$$

Или

$$f_{\text{вдхл}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n}$$

если число станций (штативов) в ходе превышает 25 на км.

Условие правильности выполнения нивелирных работ записывается в виде:

$$f_n \leq f_{\text{вдхл}}$$

Если на местности в конце хода не имеется возможности выполнить привязку к реперу (репер расположен слишком далеко), то нивелирование выполняют в прямом и обратном направлениях. Обратный ход прокладывается только по связующим точкам, либо по другому кратчайшему пути по другим связующим точкам. В этом случае, поскольку  $H_{\text{РепА}} = H_{\text{РепВ}}$ , теоретическая сумма превышений  $h_{\text{ТЕОР}} = 0$ . Невязка же в превышениях будет равна:

$$f_h = \sum_{i=1}^{i=n} h_i$$

Для определения допустимого значения невязки используют те же формулы с учётом фактически пройденного расстояния в прямом и обратном направлениях, либо фактического числа станций.

# Основные источники погрешностей геометрического нивелирования

1. Влияние кривизны Земли
2. Влияние рефракции атмосферы
3. Невыполнение главного условия нивелира
4. Погрешность установки зрительной трубы
5. Погрешность отсчёта по рейке
6. Погрешность в отсчёте из-за наклона рейки
7. Погрешность в дециметровых делениях рейки
8. Погрешность округления отсчёта

# 1. Влияние кривизны Земли

Величина погрешности  $k$  из-за кривизны Земли в отсчёте по рейке, находящейся на расстоянии  $L$  от нивелира, может быть оценена по формуле:

$$k = \frac{L^2}{2R}$$

Где  $R$  – радиус Земли

***при нивелировании из середины влияние кривизны Земли, как систематическая погрешность, исключается в разности отсчётов по рейкам***

## 2. Влияние рефракции атмосферы

Визирные лучи, проходя в атмосфере через слои воздуха, имеющие разную плотность, искривляются, отклоняясь в сторону земной поверхности.

Погрешность в отсчёте, вызванная рефракцией атмосферы, может быть вычислена по формуле:

$$r = 0,07 \frac{L^2}{R}$$

Если условия измерений стабильны для визирных лучей в направлениях А и В, то можно полагать, что при симметричной схеме измерений погрешность из-за рефракции атмосферы исключается в разности отсчетов, как и при влиянии кривизны Земли. Часто погрешности  $k$  и  $r$  объединяют и определяют общую погрешность влияния кривизны Земли и рефракции

$$f = 0,43 \frac{L^2}{R}$$

$L$	10	50	100	200	300	400	500	1000
$k$	0,0078	0,196	0,785	3,14	7,06	12,56	19,62	78,45
$r$	0,0011	0,027	0,110	0,44	0,99	1,76	2,75	10,99
$f$	0,0067	0,169	0,675	2,70	6,07	10,80	16,87	67,49

### 3. Невыполнение главного условия нивелира

Если в нивелире не выполняется главное условие, т.е. после установки нивелира в рабочее положение визирный луч занимает не горизонтальное положение, а отклонён от него на угол  $i$ , то возникает погрешность за невыполнение главного условия нивелира, которая может быть вычислена по формуле:

$$u = i \frac{L}{\rho}$$

Где  $\rho = 206265''$

**при нивелировании из середины остаточным невыполнением главного условия нивелира можно пренебречь**

## 4. Погрешность установки зрительной трубы

Погрешность обусловлена неточностью установки пузырька цилиндрического уровня в нульпункте, а также недостаточной чувствительностью уровня к малым перемещениям трубы элевационным винтом.

$$\Delta_{\tau} = \frac{m_{\tau}}{\rho} L$$

При погрешности установки пузырька уровня в 2" и расстоянии до рейки в 100 м, погрешность установки зрительной трубы составит 0,96 мм

## 5. Погрешность отсчёта по рейке

Погрешность определяется недостаточной разрешающей способностью зрительной трубы нивелира:

$$m_{mp} \cong \frac{60'' L}{\rho \Gamma^x}$$

$\Gamma^x$  – увеличение трубы нивелира

## 6. Погрешность в отсчёте из-за наклона рейки

Чем больше наклон рейки, тем больше будет и погрешность отсчета:

$$\Delta_H = a_o \left( \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\rho^2}} - 1 \right)$$

Погрешность превышения будет вычисляться по формуле:

$$\Delta_{hH} = \sqrt{2} a_o \left( \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\rho^2}} - 1 \right)$$

## 7. Погрешность в дециметровых делениях рейки $\Delta_d$

Используемые при техническом нивелировании нивелирные рейки могут иметь погрешности в дециметровых делениях шкал до 0,7 мм, что допускается технической инструкцией. Для превышения, определяемого по различным дециметровым диапазонам, погрешность может составить 0,99 мм

## 8. Погрешность округления отсчёта

Эта погрешность оценивается как 0,1 часть наименьшего деления рейки.

Т.е., если используется рейка с сантиметровыми делениями, то погрешность округления составит 1 мм, а для измеренного превышения  $\Delta_{ho} = 1,41$  мм.

**Спасибо за  
внимание**