

**Лекция №6**  
**Геодезические съемки местности**  
**Высотные съемки**  
**План:**

1. Геометрическое нивелирование
2. Тригонометрическое нивелирование
3. Физическое нивелирование
4. Приборы для технического нивелирования

Положение точки на земной поверхности определяется, кроме двух плановых координат  $X$ ,  $Y$ ., еще и высотой  $H$ . На картах подписываются отметки характерных точек – вершин, котловин, седловин в абсолютных высотах, то есть высоты, определяемые относительно уровня моря.

Так как каждый раз начинать определение высот от уровня моря невозможно, а многие страны вообще не имеют выхода к морю, то на территории страны заранее создается государственная высотная сеть. В нашей стране существует Балтийская система высот. За 0 принят уровень Балтийского моря, наблюдение за которым ведется в Кронштадте. Высотная сеть представляет собой точки, закрепленные на местности, они называются **реперами**. Эти отметки служат впоследствии исходными данными для вычисления абсолютных высот других точек.

Работы по определению превышений на местности называются **нивелированием**. Нивелирование бывает разных видов в зависимости от тех принципов и инструментов, которые положены в основу измерения превышений и определение высот точек. Нивелирные работы необходимы при различных исследованиях, инженерных работах – строительство дорог, водопроводов, зданий, проектирование мелиоративной сети.

По отметкам точек рисуют рельеф на планах, строят профили, определяют углы наклона земной поверхности.

**Геометрическое нивелирование**

Превышение между двумя точками определяется при геометрическом нивелировании.

Для выполнения нивелирования горизонтальным лучом необходим нивелир – прибор оптической трубой и уровнем при ней и две рейки. Рейки представляют собой линейки с сантиметровыми делениями. Длина рейки 3-4 м.

Геометрическое нивелирование делится на **ватерпасовку и техническое нивелирование**. Техническое нивелирование подразделяется на 2 способа проведения:

- Нивелирование вперед – горизонтальный луч визируется на одну рейку. Здесь учитывается горизонтальная высота прибора –  $i$ , а – значение на рейке. Этот способ применяется редко.

$H = i - a$ , например  $i = 1770$ ,  $b = 1440$ ;  $h = 1770 - 1440 = 330$  м – **превышение**.  
(рис.1)

1. Способ вперед



Превышение равно

**$h = i - b$**

Тогда высота точки **B** равна

**$H_B = H_A + h = H_A + i - b$**

**Горизонт прибора** – это высота визирного луча нивелира над уровенной поверхностью.

**$\Gamma\Pi = H_A + i$**

Отсюда получаем

**$H_B = \Gamma\Pi - b$**

Рис. 1 Нивелирование вперед

- Нивелирование из середины горизонтальный луч визируется на две рейки. Разность отсчетов по рейкам от земли до визирного луча дает искомое превышение ( $h$ ) или высоту одной точки над другой (рис.2).



Ватерпасовка дает хорошие результаты при нивелировании склонов долин, холмов, при необходимости быстро получить поперечный профиль рельефа или определить отметки точек, высоту холма. Сущность и методика работ понятна из рисунка 3.

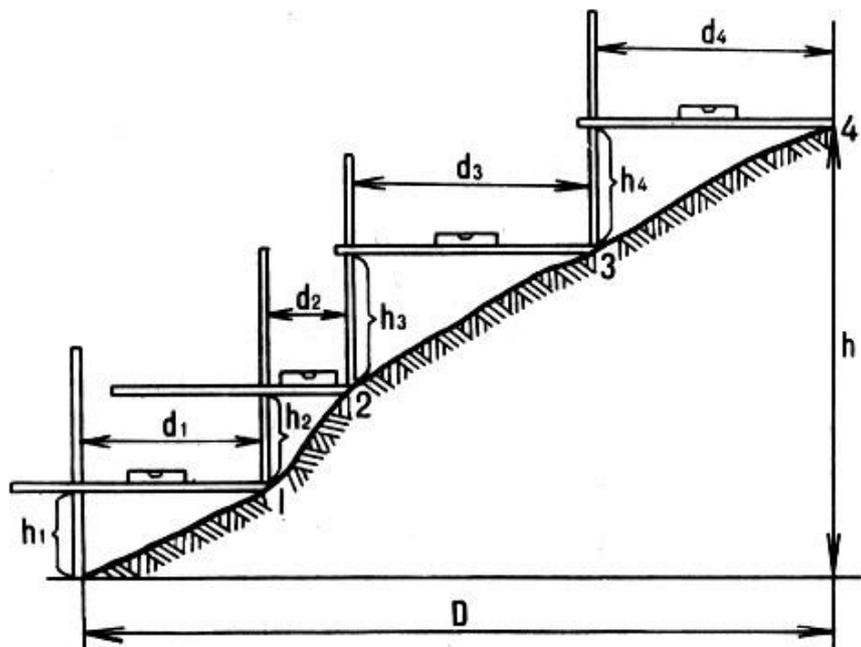


Рис.3 Ватерпасовка

Превышение одной точки над другой определяется по вертикальной рейке, расстояние между двумя точками – по горизонтальной. Все записи заносятся в журнал ватерпасовки.

#### Журнал ватерпасовки

№ точек	Расстояние, (в м) I	Превышение (в см) h	Отметка точки (в м)	Примечание
1				Урез воды
2				
3				Вершина холма

По полученным результатам можно построить профиль. На профиле по горизонтальной оси показано расстояние между точками нивелирного хода, а по вертикальной оси – высоты точек хода.

#### Тригонометрическое нивелирование

Данный вид нивелирования применяется для съемки больших участков местности. Определение превышения между двумя точками основывается на решении треугольника (Рис.4)

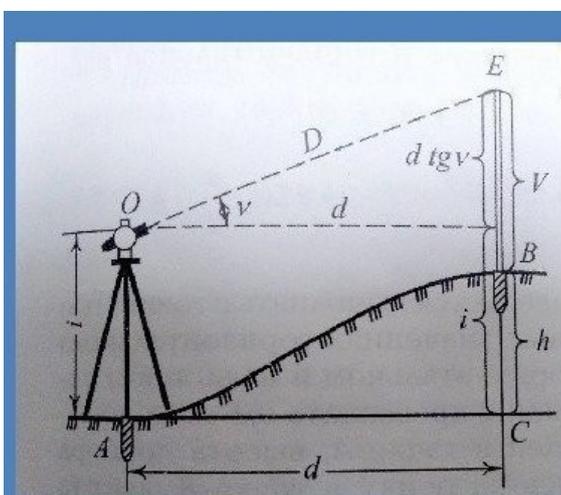


Рис. 5. Схема тригонометрического нивелирования

Превышение между точками равно

$$h = d \operatorname{tg} v + i - V,$$

где  $d$  – горизонтальная проекция расстояния м/у нивелиром и вехой;

$v$  - вертикальный угол;  $i$  – высота прибора;  $V$  – высота вехи.

Если расстояние измерено нитяным дальномером, то превышение между точками определится как

$$h = \frac{L}{2} \sin 2v + i - V,$$

где  $L = Kn$  – дальномерное расстояние.

Рис.4 Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование включает в себя измерение расстояния между точками А и В (мерной лентой) и угла наклона.

Приборы: теодолит, кипрегель.

### Физическое нивелирование (барометрическое нивелирование)

Данный вид съемки основан на изменении давления с высотой. С подъемом над уровнем моря давление падает, со спуском – повышается.

**Нивелирование**, при котором определяется превышение двух точек, по данным изменения атмосферного давления, называется **барометрическим**.

Давление воздуха меняется в течение дня, поэтому барометрическое нивелирование осуществляется **способом замкнутого хода**. Его проводят при устойчивом состоянии атмосферы – без гроз, сильного ветра.

Давление измеряют барометром-анероидом (безжидкостные).

Чтобы узнать высоту точки с помощью давления, для этого применяют понятие **барической ступени** – расстояние по вертикали в метрах. Изменение давления происходит через каждый 1мм ртутного столба.

Для средней полосы европейской части России эта барическая ступень составляет 10,5 м/мм или 11 м/мм.

Например, давление в точках – В1 и В2, барическая ступень Н, превышение можно найти так,  $h=N (B1-B2)$ .

По итогам всех измерений и расчетов строят профиль линии хода.

По горизонтальной оси откладывают расстояние, по вертикальной – высоту точки. Измерения, как правило, делают два раза, в разное время в течение дня и вычисляют среднее значение превышений.

### **Приборы для технического нивелирования**

Согласно действующим ГОСТам нивелиры изготавливают трех типов: высокоточные – Н-05; точные – Н-3; технические – Н-10.

В название нивелира числом справа от буквы Н обозначают допустимую среднюю квадратическую ошибку измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода.

В зависимости от того, каким способом визирный луч устанавливается в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают в двух исполнениях:

- с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе, с помощью которого осуществляется горизонтирование визирного луча (рис. 5);

- с компенсатором – свободно подвешенная оптико-механическая система, которая приводит визирный луч в горизонтальное положение.

В названии нивелира буква К обозначает компенсатор (Н-3К, Н-3КЛ), где Л – лимб (рис.5).



Рис. 5 Точный нивелир ЗН-ЗКЛ с компенсатором и лимбом:

1 – лимб; 2 – наводящий винт; 3 – фокусирующий винт; 4 – визир



Рис.6 Нивелирные рейки

Рейка (рис. 6) имеет длину 3 м. Деления нанесены через 1 см. Нижняя часть рейки заключена в металлическую оковку и называется пяткой.

Основная шкала имеет деления черного и белого цвета, ноль совмещен пяткой рейки.

**Вопросы студенту для самопроверки:**

1. Какие измерения делают нивелиром?
2. Что значит нивелирование вперед, из середины?
3. Как определить превышение одной точки над другой?
4. Что такое ватерпасовка?
5. Как найти высоту местности с учетом проведения тригонометрического нивелирования?
6. Что измеряют барометром? Возможно, ли определить высоту местности с помощью барометра?
7. Что такое барическая ступень?