

# Нивелирование

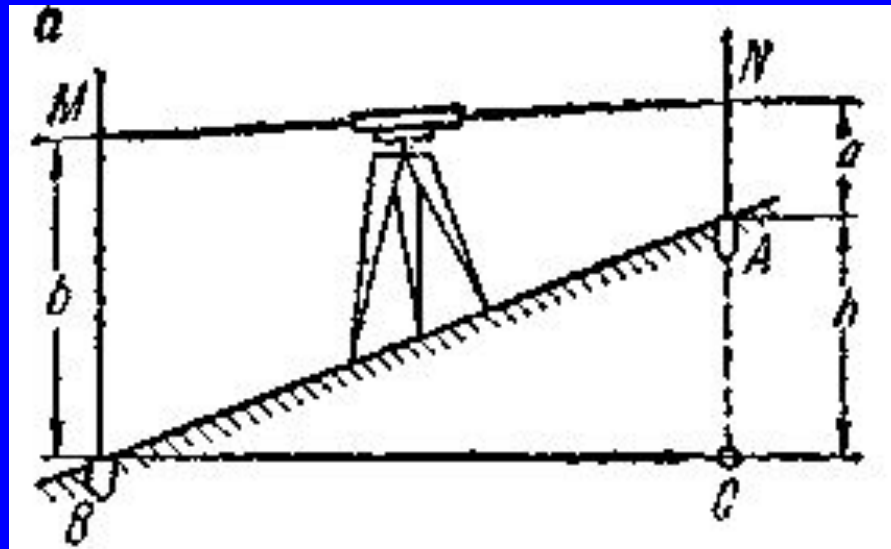
# Способы нивелирования

Для отображения рельефа на топографических картах необходимо знать высоты точек местности. С этой целью производят нивелирование (вертикальную съемку). Нивелирование подразумевает полевые измерения, в результате которых определяют превышения одних точек местности над другими.

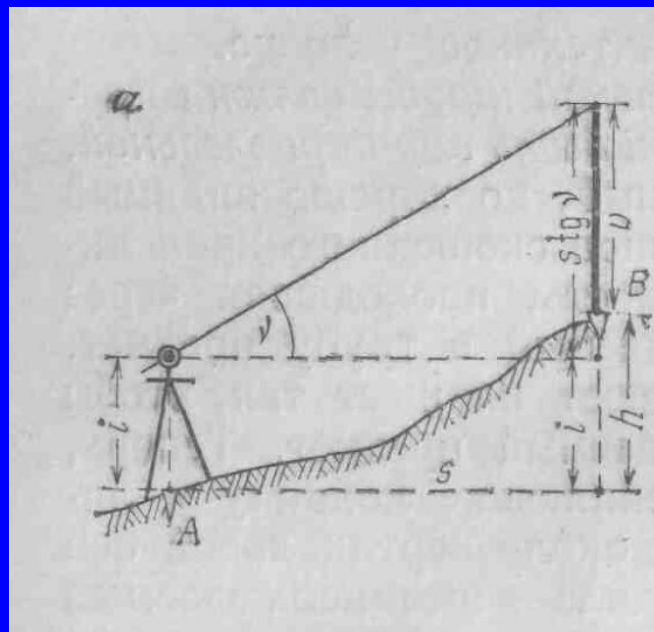
В зависимости от метода и применяемых приборов различают следующие виды нивелирования:

# Виды нивелирования

- **геометрическое нивелирование** – это метод определения превышения с помощью горизонтального визирного луча и нивелирных реек. Для получения горизонтального луча используют специальный геодезический прибор – нивелир;



- **тригонометрическое нивелирование** – это метод определения превышения наклонным визирным лучом, для этого измеряют угол наклона и расстояние между точками. Его применяют при топографических съемках и при определении больших превышений;



- **барометрическое нивелирование** – основано на определении превышения по разностям атмосферного давления в наблюдаемых точках. Применяется в начальный период инженерных изысканий;

- **гидростатическое нивелирование** – основано на применении сообщающихся сосудов, применяется этот способ в строительномонтажных работах, при наблюдениях за деформациями инженерных сооружений;

- **радиолокационное нивелирование** – основано на отражении электромагнитных волн от земной поверхности и определении времени их прохождения. Выполняется с помощью радиовысотометров устанавливаемых на самолетах;

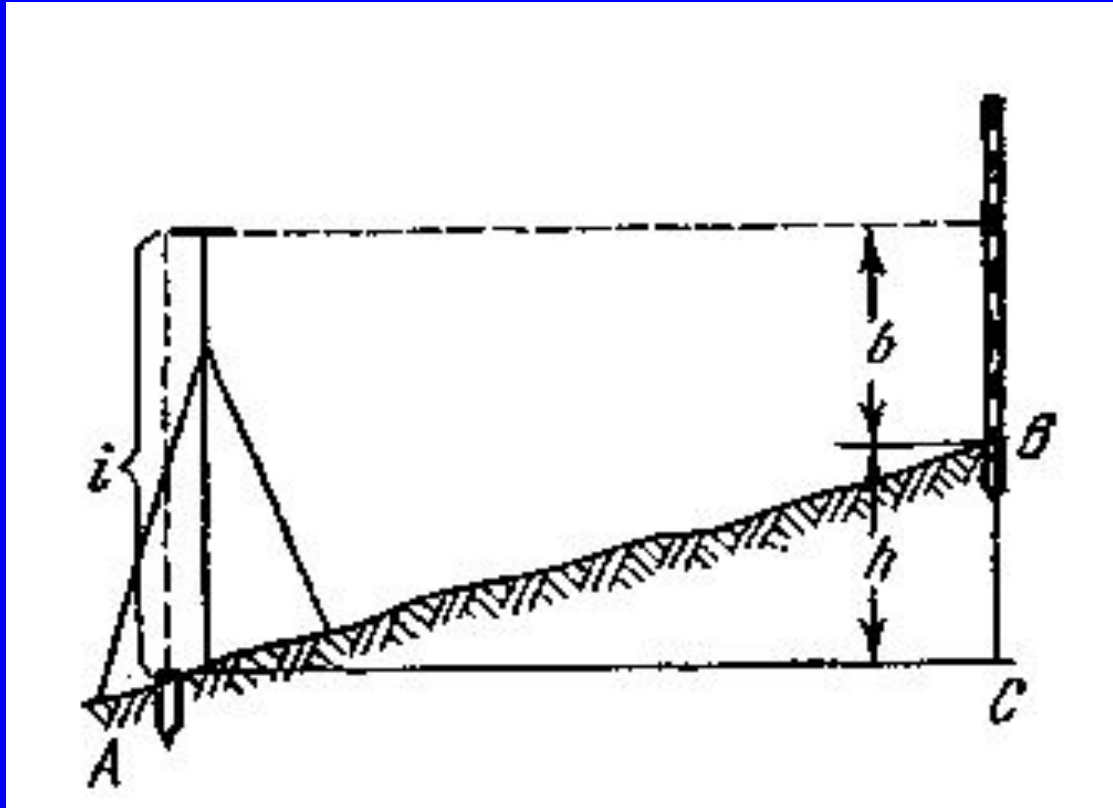
- **стереофотограмметрическое нивелирование** – выполняется с помощью измерений на стереоскопических парах аэроснимков специальными приборами стереоскопами, в которых используется стереоэффект;

- **механическое нивелирование** – производится с помощью приборов, автоматически вычерчивающих профиль проходимого пути. Этот метод находит применение при изысканиях линейных сооружений и для контроля положения железнодорожных путей.

# Геометрическое нивелирование

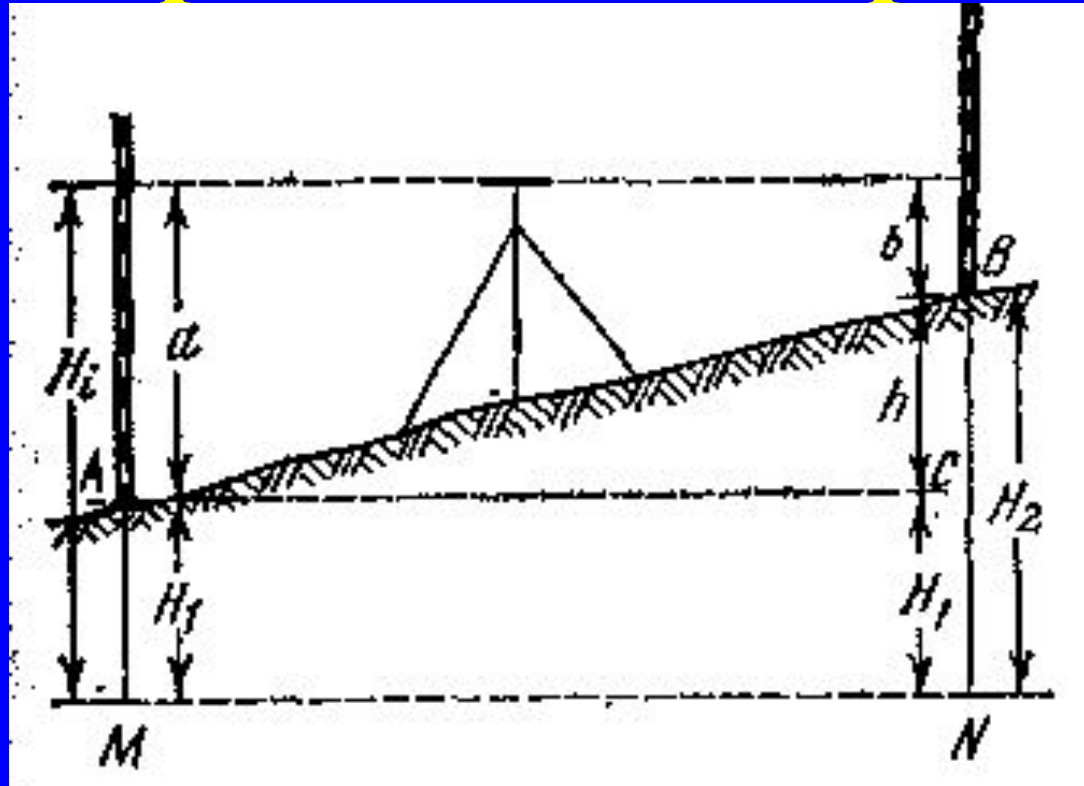
Геометрическое нивелирование производится горизонтальным визирным лучом. Превышения определяются по отсчетам на рейках. Различают нивелирование из «середины» и «вперед».

# Нивелирование вперед



$h = i - b$ , т.е. превышение равно высоте нивелира минус отсчет по рейке.

# Геометрическое нивелирование из середины



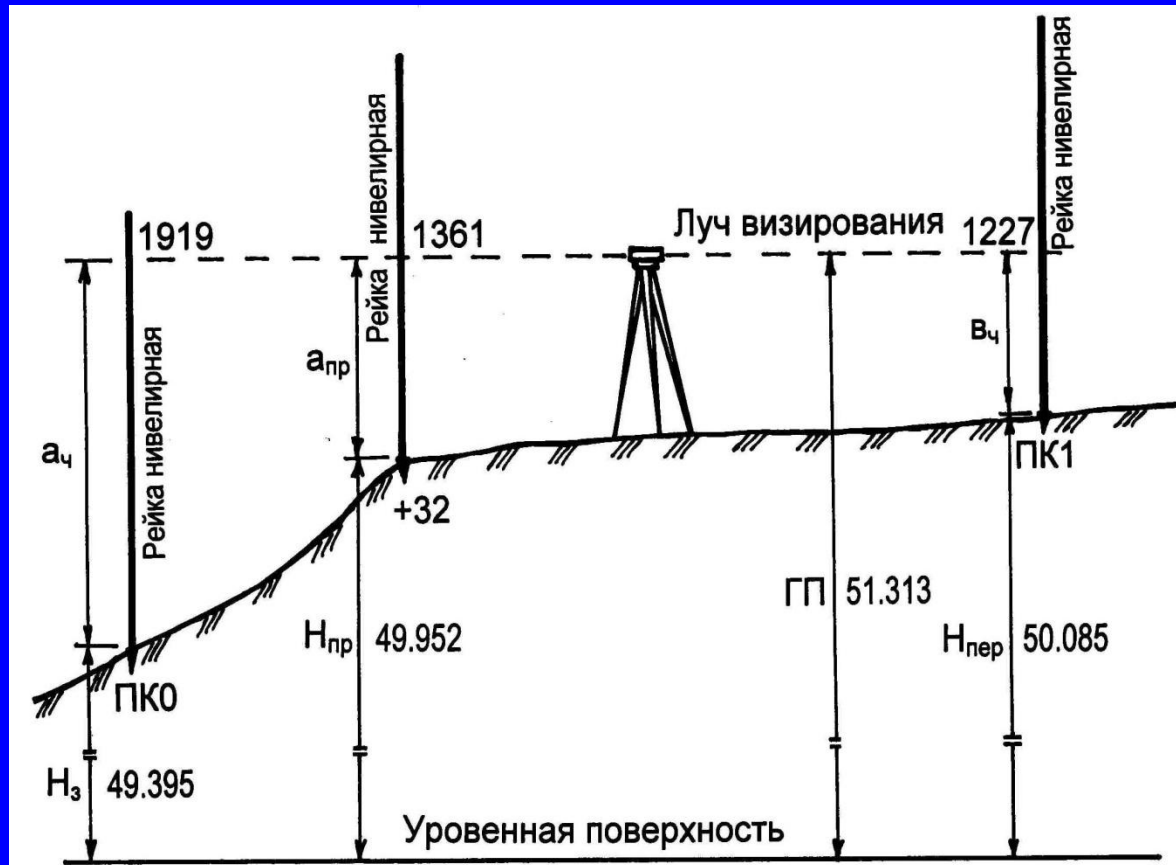
$$h = a - b$$

Если считать точку А задней, а точку В — передней, то превышение равно отсчет по задней рейке минус отсчет по передней рейке.



Зная высоту  $H_A$  точки А и превышение и над ней точки В, получают высоту  $H_B$  точки В по формуле  $H_B = H_A + h$ , т.е. **высота последующей точки равна высоте предыдущей точки плюс превышение между ними.**

Высоту точки **В** можно также получить при помощи горизонта прибора, т.е. отвесного расстояния от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. Горизонтом прибора называют также высоту визирного луча.



$ГП = Н_A + a$ , т.е. **высоте точки на которой стоит рейка, плюс отсчет по рейки на нее.**

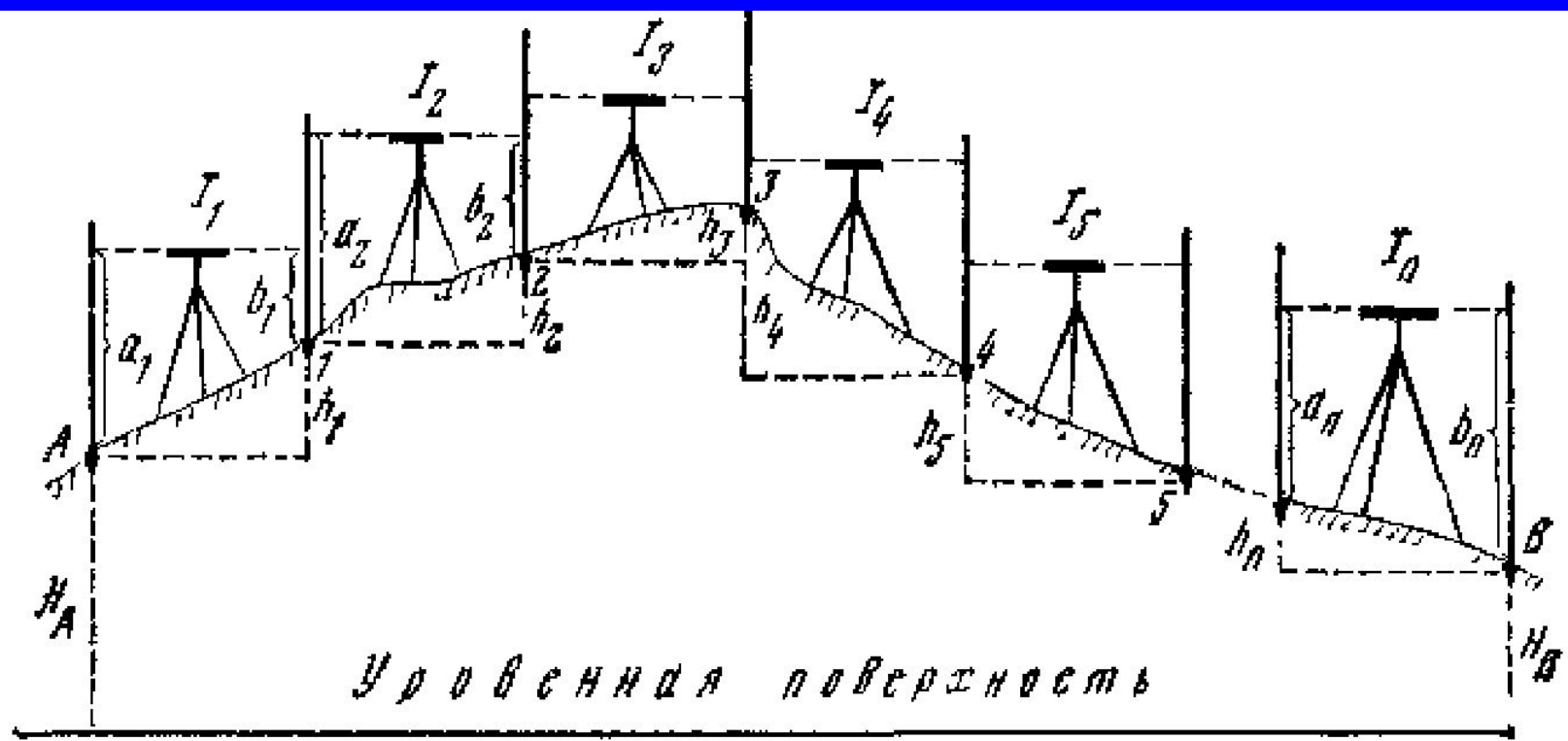
Зная горизонт прибора, легко найти высоту любой точки, на которую был сделан отсчет по рейке.

$Н_B = ГП - b$ , **высота точки равна горизонту прибора минус отсчет по рейке на этой точке.**

Вычислять высоты точек по горизонту прибора удобно, когда были сделаны отсчеты на несколько точек с одной станции.

# Продольное нивелирование

Если требуется определить превышение между точками, значительно удаленными одна от другой, то нивелирование производят с нескольких станций, последовательно связывая каждую станцию со смежной .



В процессе такого нивелирования точки, общие для двух смежных станций, называются **связующими**, а остальные — **промежуточными**. При нивелировании особое внимание должно быть уделено связующим точкам, так как погрешность, допущенная в высоте связующей точки, передается на все остальные. **Общее превышение** между точками **A** и **B** будет равно **алгебраической сумме отдельных превышений**.

$$h_{AB} = \sum h_i$$

Определив превышения между точками, можно последовательно вычислить их высоты

$$H_1 = H_A + h_1; H_2 = H_1 + h_2; \text{ и т.д. } H_B = H_n + h_n.$$

Высоту конечной точки В хода можно вычислить по формуле

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + \sum h_i.$$

При изысканиях дорог и других линейных сооружений в результате такого нивелирования получают высоты всех переломных точек трассы, по которым можно составить профиль по оси будущего сооружения.

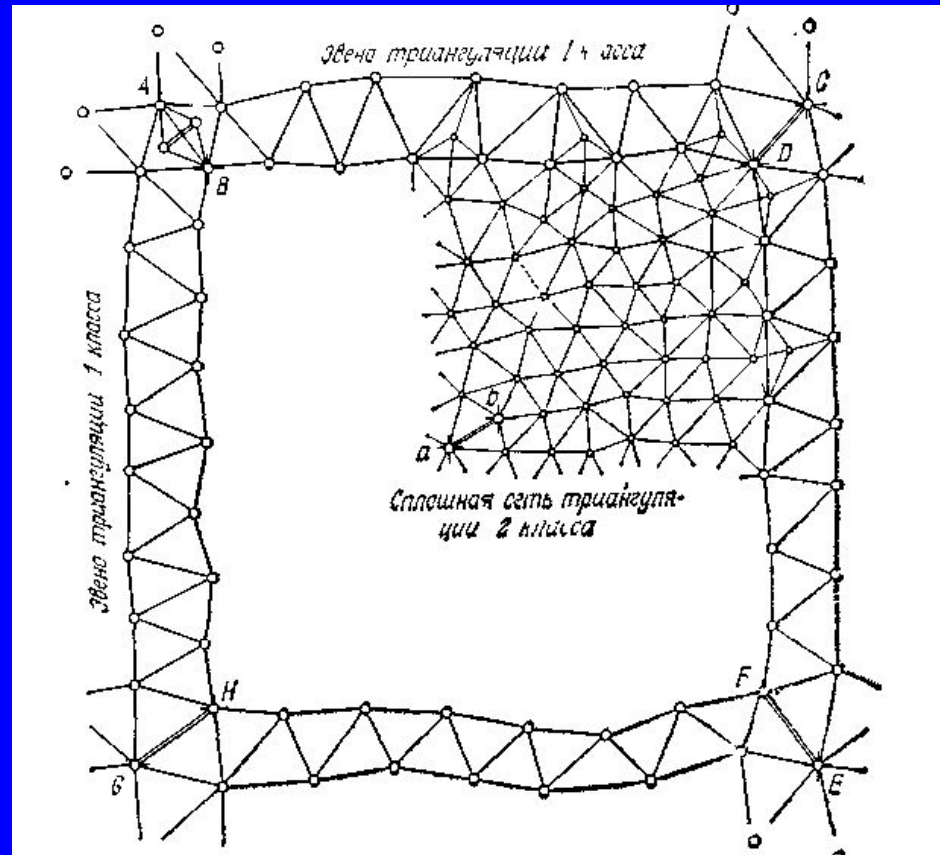
# Высотные геодезические сети

Построенная на большой территории в единой системе координат и высот геодезическая сеть дает возможность правильно организовать работу по съемке местности.

При наличии такой сети съемка может производиться в разных местах, что не вызовет затруднения при составлении общего плана или карты.



Геодезические сети строятся по принципу перехода от **общего к частному**, т. е. вначале на большой территории строится редкая сеть пунктов с очень высокой точностью, а затем эта сеть сгущается последовательно по ступеням пунктами; построение которых производится на каждой ступени с меньшей точностью. Таких ступеней сгущения бывает несколько.



Высотные геодезические сети создаются в основном методами **геометрического** и **тригонометрического** нивелирования. Сети геометрического нивелирования подразделяются на **государственную нивелирную сеть** и **сети технического нивелирования**.

Государственные нивелирные сети делятся на **четыре класса**.

# Высотная сеть сгущения

Высотная сеть сгущения создается в основном приложением ходов **технического нивелирования** между пунктами государственного нивелирования.

Точность технического нивелирования характеризуется допустимой невязкой в сумме превышений по ходу,

$$f_{h(\text{доп})} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \text{ км, где } L \text{ — длина хода в км.}$$

При значительных углах наклона местности, когда число станций на 1 км хода превышает **25**, допустимую невязку подсчитывают по формуле  $f_{h(\text{доп})} = 10 \sqrt{n}$  (мм), где  $n$  — число станций в ходе.

# Основные типы нивелиров

По точности согласно ГОСТ 10528—90 нивелиры выпускаются трех типов:

- **высокоточные**, к ним относят нивелир Н05, предназначенный для нивелирования I и II классов с погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода.
- **точные**, к ним относят нивелиры Н3, предназначенные для нивелирования III и IV классов и технического нивелирования с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода.
- **технические**, к ним относят нивелиры Н10, применяемые при техническом нивелировании с погрешностью не более 10 мм на 1 км двойного хода.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают нивелиры с уровнями и с компенсаторами.

Нивелиры с компенсаторами согласно ГОСТ имеют шифр с буквой К (Н-05К, НЗК, Н-10К), а нивелиры, у которых для измерения горизонтальных углов имеется лимб, в шифр нивелира еще добавляют букву Л (например, Н-ЗКЛ или Н-10Л).

# Виды нивелирных работ

# 1. Определение высот точек высотной съёмочной сети

Эту работу выполняют путем проложения ходов технического нивелирования для обеспечения высотами крупномасштабных (1:5000 – 1:500) топографических съёмок, а также различных инженерно-геодезических работ, выполняемых после окончания съёмок.

## 2. Геодезическое трассирование линейных сооружений

Геодезическое трассирование включает комплекс геодезических работ по проложению трассы. Трасса - ось проектируемого линейного сооружения. Геодезическое трассирование линейных сооружений выполняют с целью составления проектов этих сооружений, переноса их на местность и контроля за процессом строительства.

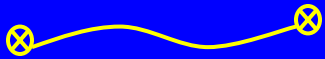


# 3. Нивелирование поверхности

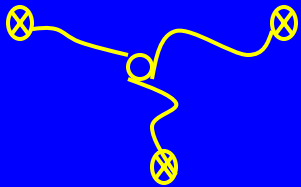
Производится для получения топографического плана в крупном масштабе с малой высотой сечения рельефа (0,5 – 0,25 м). Такую работу выполняют для составления проектов вертикальной планировки и подсчетов объемов земляных работ. На нивелируемой поверхности предварительно разбивают сеть точек, чаще всего вершин квадратов, плановое и высотное положение которых определяют для отображения рельефа и контуров ситуации.

# Определение высот точек высотной съёмочной сети

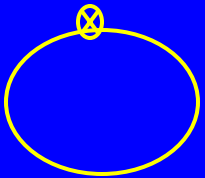
Определение высот точек съёмочной геодезической сети производят путем проложения ходов технического нивелирования. Ходы технического нивелирования заранее проектируют, соблюдая определенные требования. Обычно ходы прокладывают между двумя реперами государственной геодезической сети.



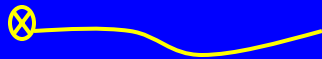
ОДИНОЧНЫЙ ХОД



система ходов с одной узловой точкой



замкнутый ход в виде полигона



висячий ход

# Производство наблюдений

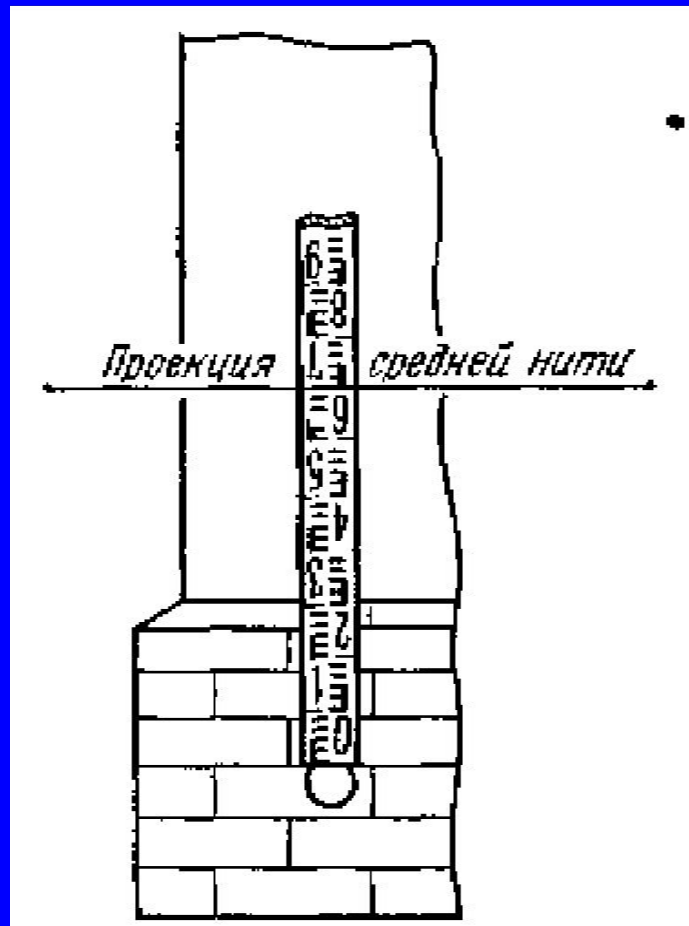
Для технического нивелирования используют нивелиры с увеличением зрительной трубы не менее  $20^{\times}$  и ценой цилиндрического уровня не менее 45". При нивелировании применяют двусторонние шашечные рейки типов РН-3 и РН-10. Нивелиры и рейки перед работой поверяют и по необходимости делают юстировку. Нивелирование производят методом из середины только в одном направлении. Расстояния от прибора до рейки определяют по дальномеру или шагами. Нормальная длина плеч 120 м. При благоприятных условиях длина луча может быть увеличена до 200 м. Неравенство плеч допускается не более 5 м. Отсчеты по рейке выполняют по средней нити. Рейки устанавливают на нивелирные башмаки, костыли или вбитые в землю колья.

Порядок снятия отсчетов при работе с двусторонними рейками следующий:

- по черной стороне задней рейки;
- по красной стороне задней рейки;
- по черной стороне передней рейки;
- по красной стороне передней рейки.

Расхождения между превышениями, определенными по черным и красным сторонам двусторонних реек не должны превышать 5 мм.

Привязку нивелирных ходов к грунтовым или стенным реперам осуществляют, устанавливая рейку на знак.



# Обработка результатов нивелирования

Результаты нивелирования записывают в журнал, установленного образца. В этом журнале производится контроль наблюдений и их обработка.

# **Геодезическое трассирование линейных сооружений**



# Основные этапы работ

Нивелирование, выполняемое для обеспечения строительства линейных объектов, ведется по предварительно намеченной линии, представляющей собой ось будущего сооружения и называемой *трассой*. Весь цикл работ по его производству складывается из:

1. составления проекта;
2. полевых работ;
3. камеральных работ.

# 1. Составление проекта

Трассу проектируют по топографическим планам и картам или материалам аэрофотосъемки.

В зависимости от характера рельефа местности различают трассирование по заданному направлению и по заданному уклону.

## 2. Полевые работы

Включают рекогносцировку местности, разбивку пикетажа, поперечников и кривых, съемку полосы местности вдоль трассы, нивелирование трассы и поперечников.

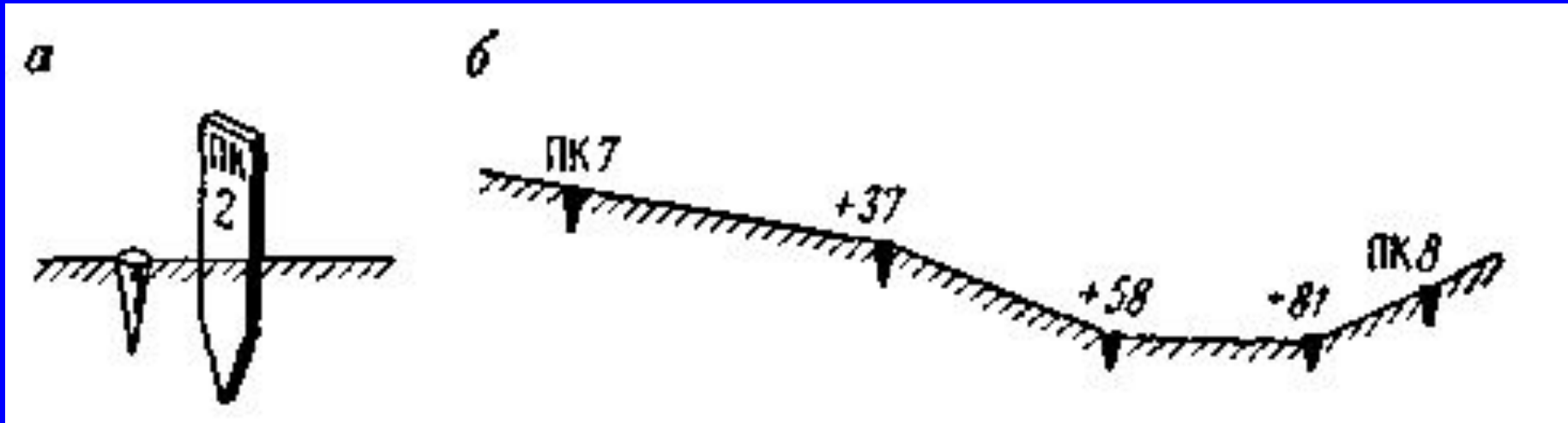
## 3. Камеральные работы

состоят из обработки журналов нивелирования и составления профилей трассы и поперечников. *Профиль* служит в дальнейшем основой для проектирования сооружения согласно заданным техническим условиям.

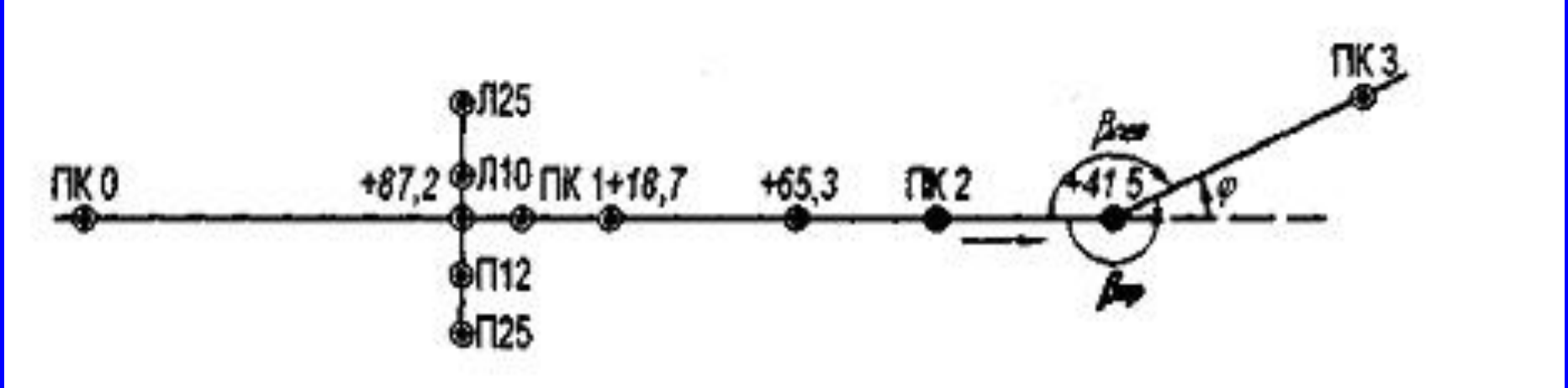
Для создания системы нивелирных точек от её начала ведут пикетаж. Линия разбивается равные промежутки (обычно 100 м).

Пикетом называется точка с определённой высотой. Пикеты закрепляют на местности и маркируют. Начало трассы обозначают ПК0, в результате чего номер пикета обозначает число сотен метров от начала трассы. Измерение линий и разбивку пикетажа проводят с помощью ленты или рулетки.

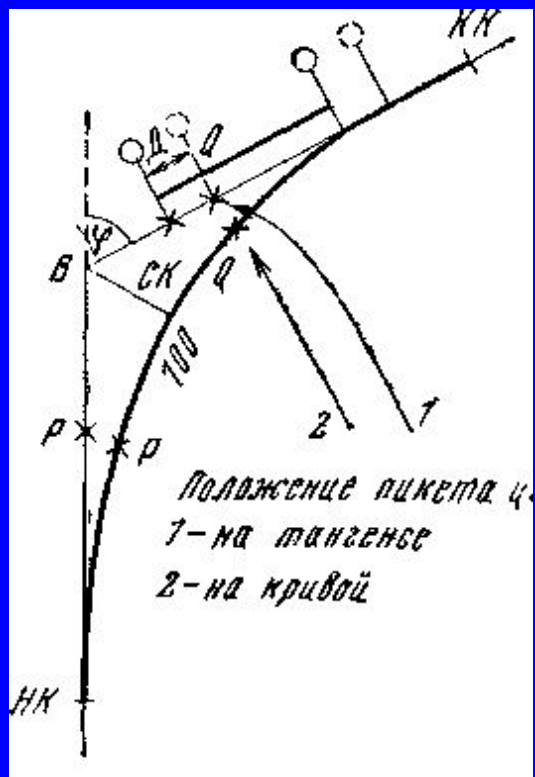
Если на трассе встречаются какие-либо характерные точки (изгибы местности, границы контуров), то их отмечают в качестве плюсовых точек и указывают расстояния до ближайших пикетов (ПК7 +37).



Углом поворота называют угол отклонения трассы от предыдущего направления. Он измеряется техническим теодолитом одним приемом.



Для плавного закругления трассы при ее поворотах в углы вписывают кривые — это дуги окружностей заданного радиуса. Точки касания ломаных с кривой обозначают как: *начало кривой НК*, *конец кривой КК*. Точку пересечения биссектрисы с кривой — *серединой кривой СК*. Указанные точки называют *главными точками кривой*. На трассе их закрепляют и окапывают.

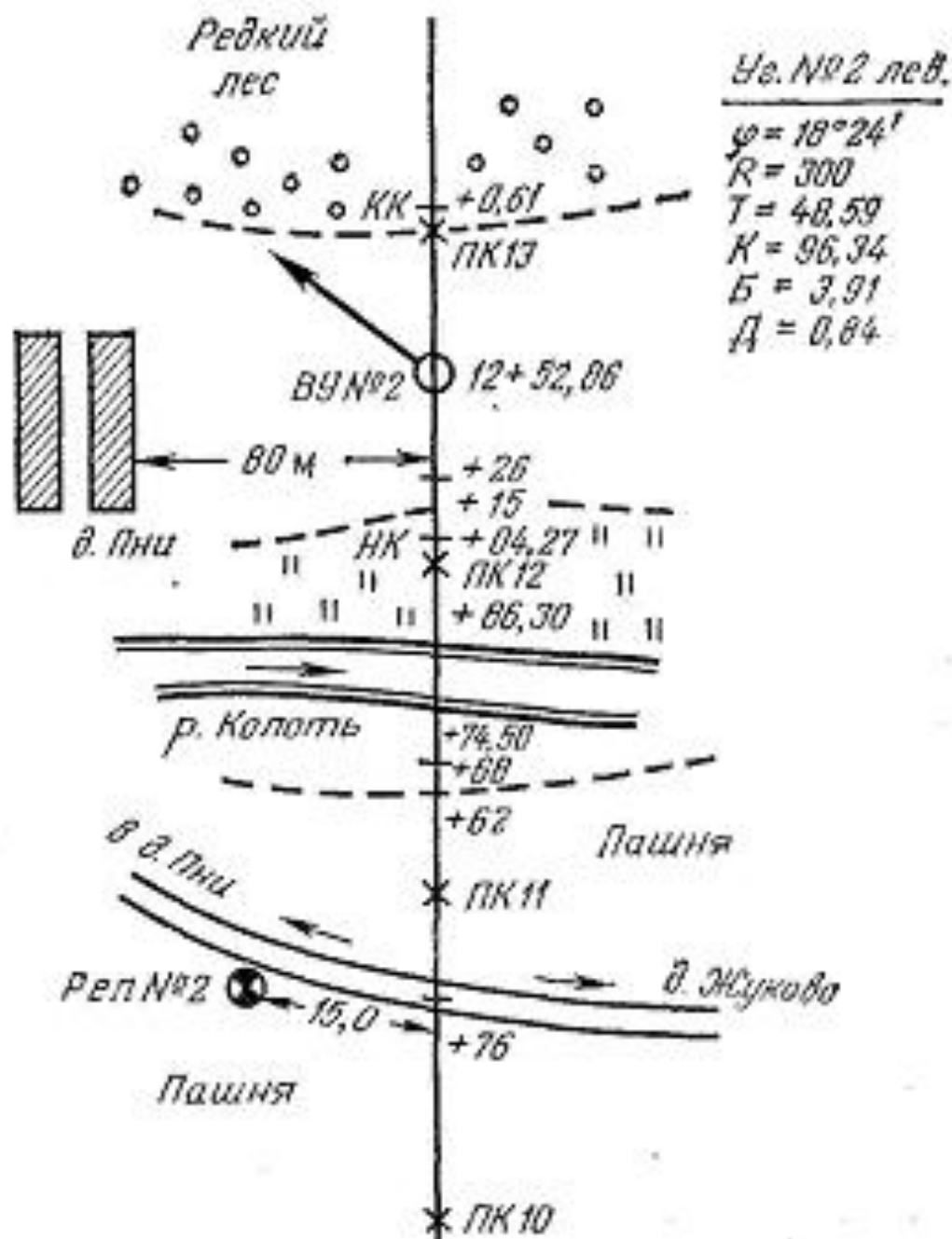




При разбивке пикетажа ведут полевой журнал — *пикетажную книжку*, в которой на оси трассы показывают положение пикетов и плюсовых точек, углы поворота трассы, реперы, поперечники, результаты угловых и линейных измерений, абрис съемки полосы местности вдоль трассы, значения углов поворота радиусов и элементов кривых. Около соответствующих углов поворота приводят расчеты *пикетажных положений* начала и конца кривой.

ВУ 12+52,06  
 Т 48,59  
 НК 12+04,27  
 К 96,34  
 КК 13+00,61

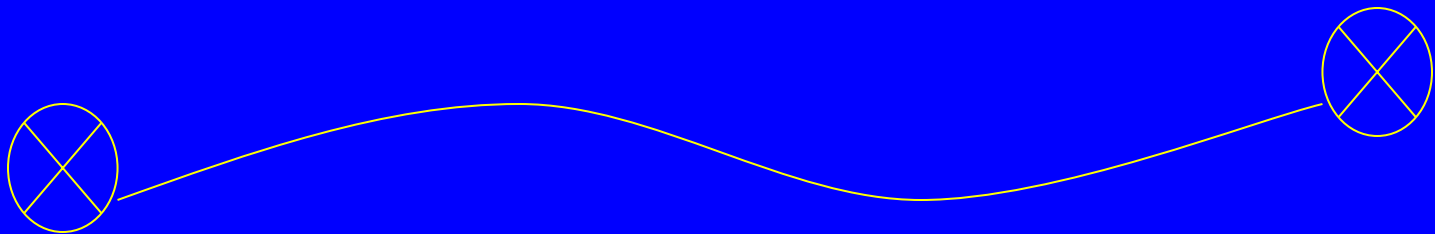
ВУ 12+52,06  
 Т 48,59  
 13+01,45  
 Д 0,84  
 КК 13+00,61



# НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

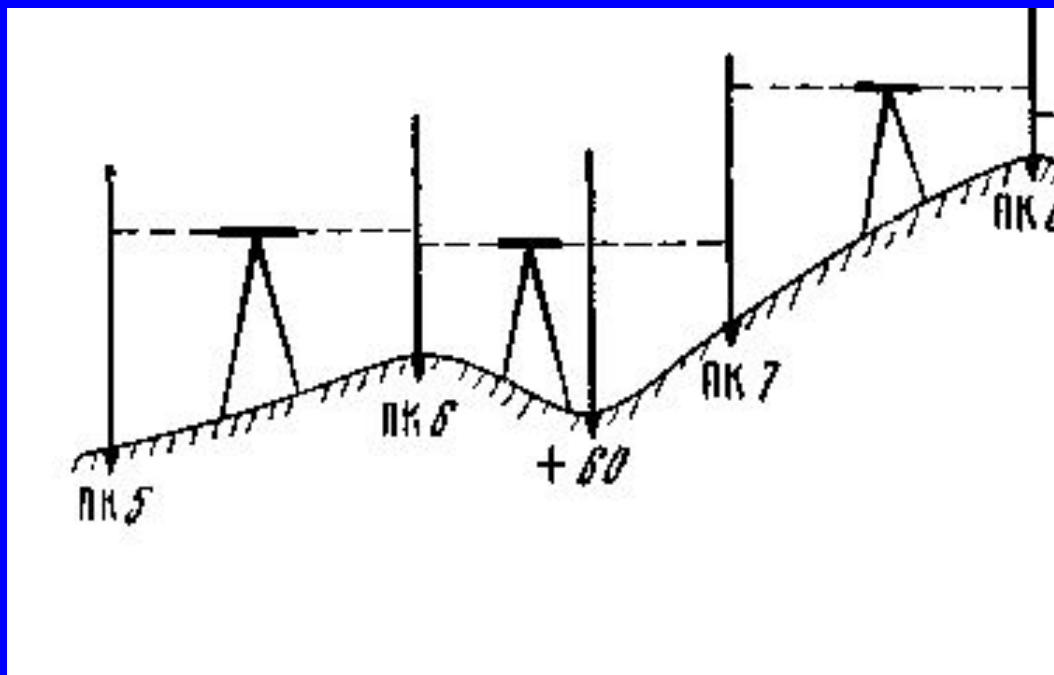
Для определения высот точек трассы (пикетных, плюсовых, точек поперечников) по трассе прокладывают нивелирный ход, в который включают все постоянные и временные реперы.

Абсолютная отметка нулевого пикета находится из привязки к пунктам нивелирной сети.



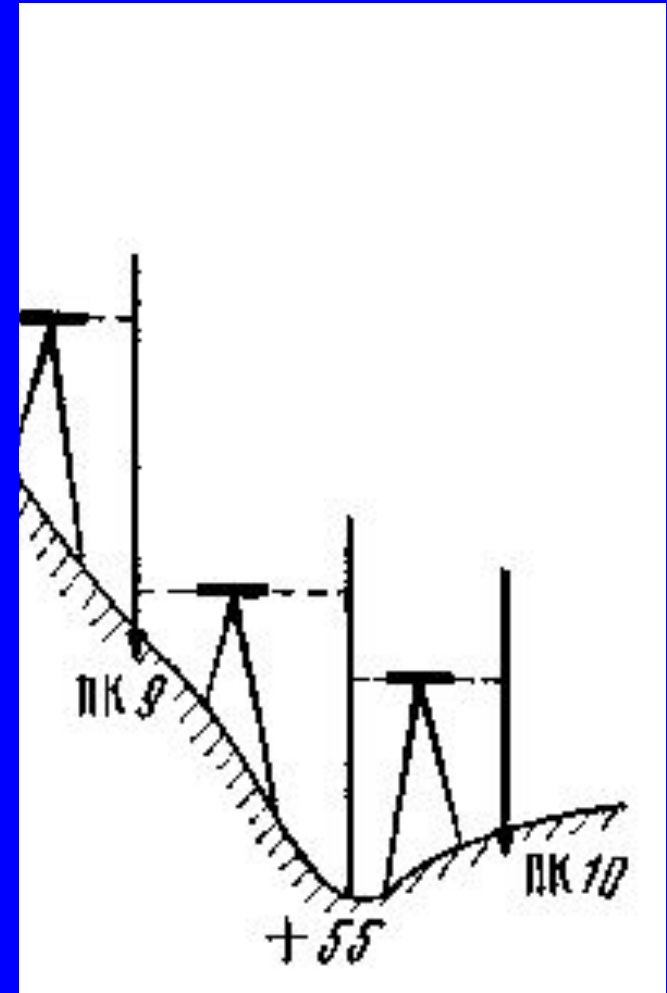
Нивелирование проводят методом из середины с расстоянием от прибора до рейки 50-70 м с контролем на станции по черным и красным сторонам реек. Для контроля и повышения точности определения превышений трассу нивелируют в прямом и обратном направлениях или двумя нивелирами — один вслед другому в одном направлении.

Схема нивелирования трассы показана на рисунке. При нивелировании пикеты обычно являются связующими точками (например, ПК6, ПК7, ПК8), а плюсовые (например, ПК6+60), как правило, промежуточными.

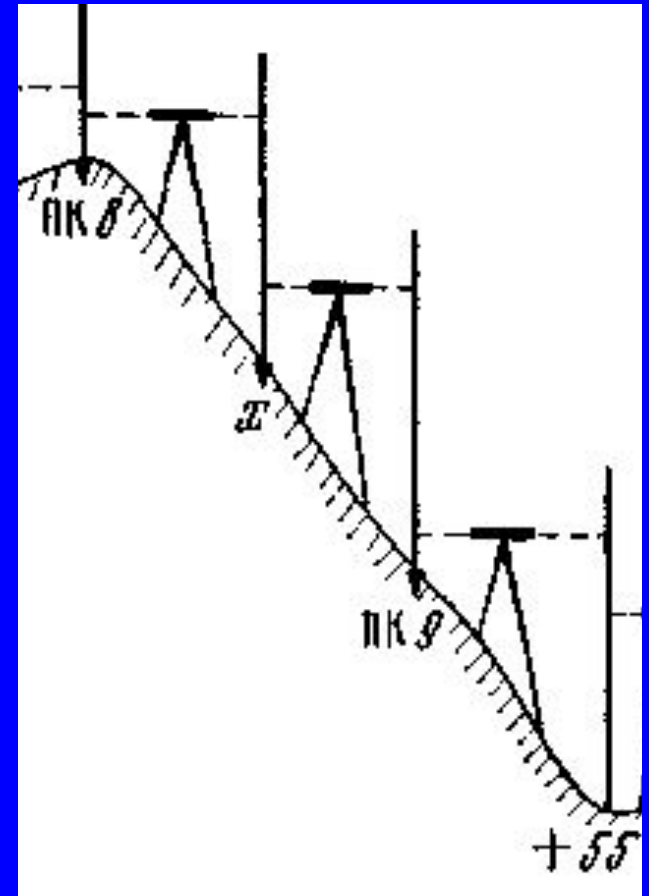


На связующие точки берут отсчеты по рейке с двух смежных станций по черным и красным сторонам реек. На промежуточные точки берут отсчеты с одной станции только по черной стороне рейки.

Когда невозможно нивелирование с одной станции (большой уклон, перегиб ската), плюсовые точки могут быть связующими (например, +55) и вместо одной делают две или несколько станций между соседними пикетами.



При нивелировании на крутом и однородном скате вместо одной делают две или несколько станций с дополнительными связующими точками, называемыми иксовыми, так как расстояния до них не измеряют (например, точка X между пикетами 8 и 9). Иногда их закрепляют деревянными кольшками, но на профиле их не наносят, т.к. они служат только для передачи высот.



На каждой станции нивелирование выполняется в следующем порядке:

- 1. Нивелир приводят в рабочее положение.
- 2. Нивелируют связующие точки по двум сторонам рейки.
- 3. Нивелируют плюсовые точки и поперечники только по черной стороне рейки.

