

Продольное инженерно-техническое нивелирование

Основные этапы работ:

Составление проекта

Полевые работы

Камеральные работы

- Рекогносцировка местности;
- Разбивка пикетажа;
- Разбивка поперечников и кривых;
- Съёмка полосы местности;
- Нивелирование трассы и поперечников.

- Обработка журналов нивелирования;
- Составление профилей трассы и поперечников.

Проектирование трассы

*а) Трассирование линейного сооружения по заданному направлению;
Равнинные и слабопересеченные районы. Естественные уклоны не
превышают допустимых.*

*б) Трассирование линейного сооружения по заданному уклону.
Холмистая и гористая местность. Уклоны значительно превышают
допустимые значения.*

Проектирование трассы с заданным уклоном.

Пример:

Есть: топоплан М 1:10000, $h=5\text{м}$

Надо: трасса шоссе с уклоном $i_{\text{пр}} < 0.05$

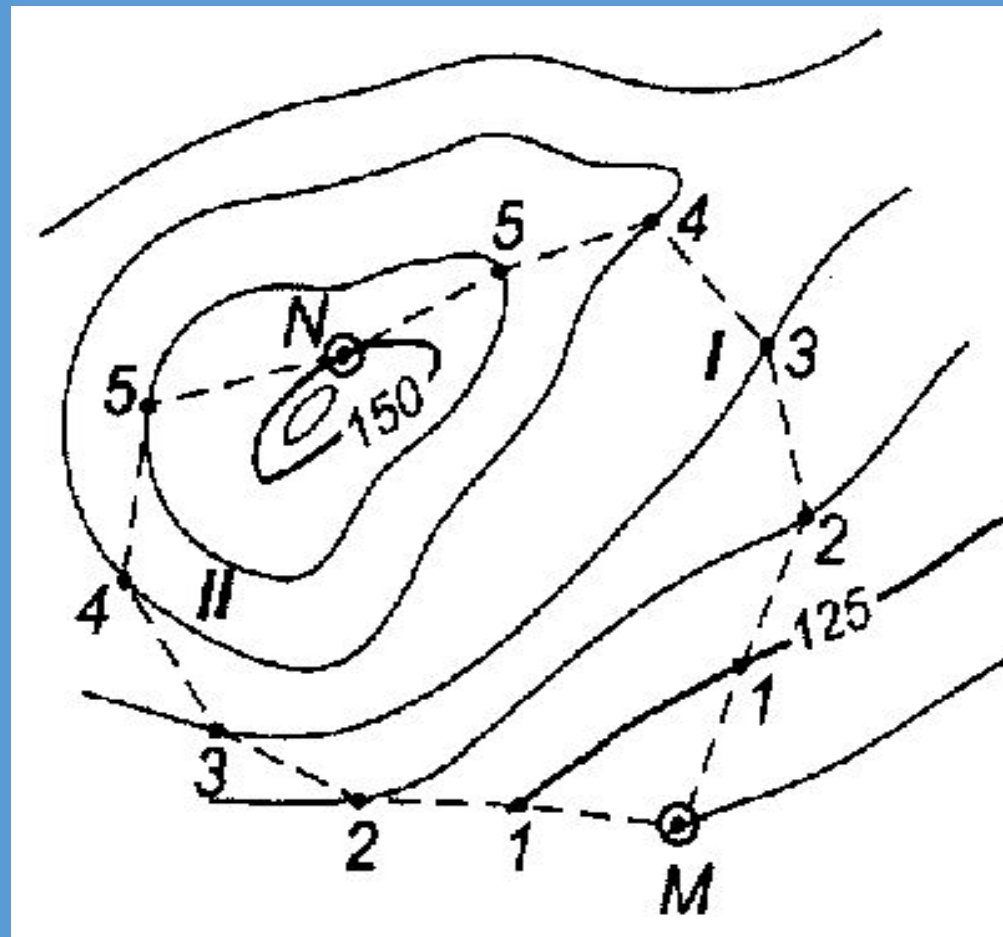
Решение:

Расчет заложения:

$$d = h/i_{\text{пр}} = 5\text{м}/0.05 = 100 \text{ м}$$

Выражение заложения в масштабе:

$$d' = \frac{d \times 100}{M} = 1\text{см}$$

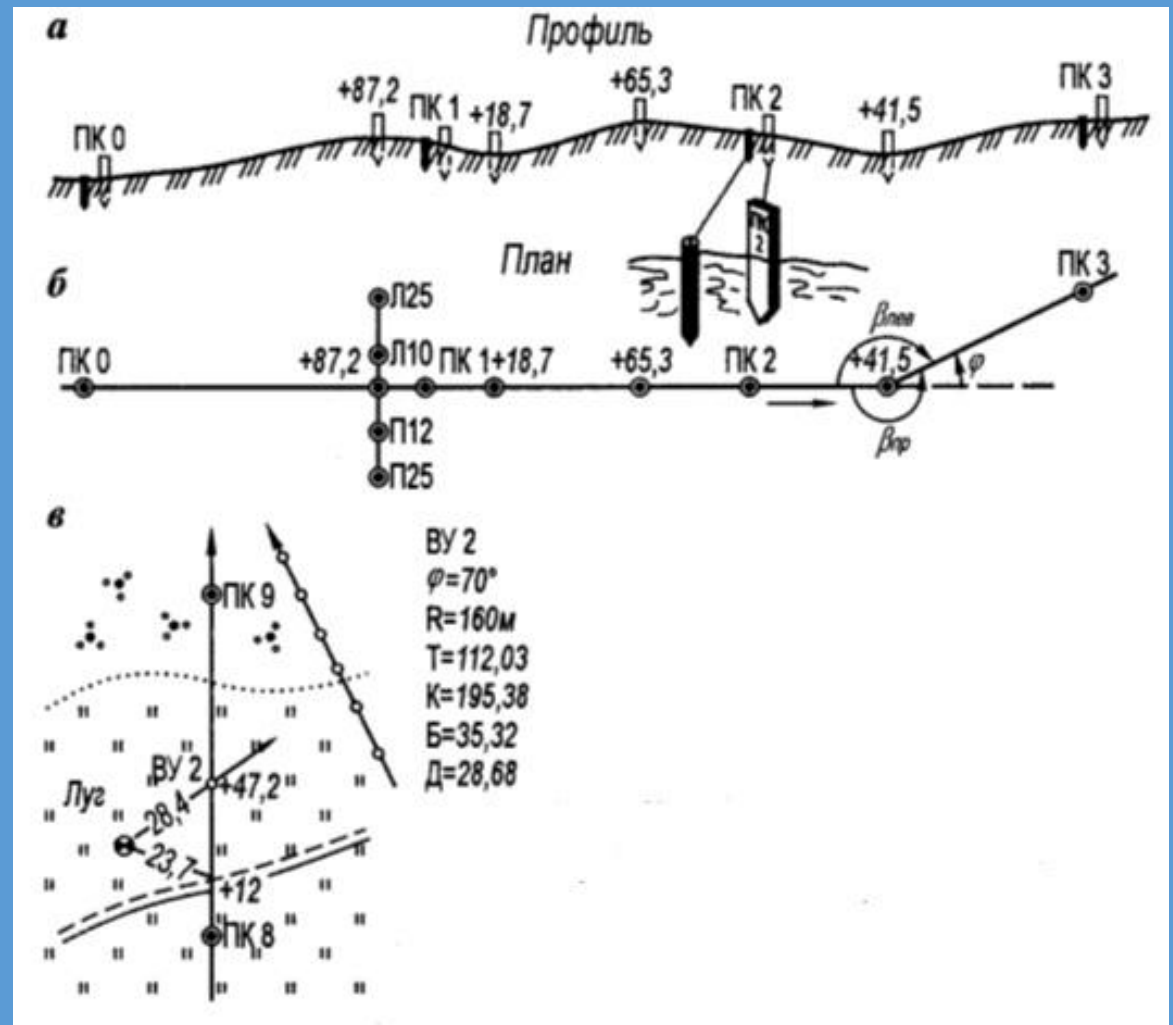


Рекогносцировка

- а) Уточнение положения трассы на местности;
- б) Закрепление точек поворота трассы;
- в) Число углов поворота $\rightarrow \min$;
- г) Плановая основа – теодолитный ход по трассе.

Угол поворота трассы φ – это угол между продолжением предыдущего направления и новым направлением трассы.

$$\varphi = 180^\circ - \beta_{\text{лев}} \quad \varphi = \beta_{\text{прав}} - 180^\circ$$



Разбивка пикетажа

- а) Откладываем отрезки по 100 м, начиная от начального пункта трассы;*
- б) При углах наклона больше 3° вводим поправку за наклон (со знаком «плюс»);*
- в) Конец каждого отрезка – **пикет** – закрепляем. Рядом **сторожок** с номером пикета (ПК0, ПК1 и т.п.);*
- г) Характерные точки отмечаем «**плюсовыми**» точками. Их положение равно номер предыдущего (младшего) пикета плюс расстояние от этого пикета до «плюсовой» точки (например, ПК9 + 65,3);*
- д) В характерных местах разбиваем **поперечники** и подписываем их (например, $\frac{\text{ПК0}+87,2}{\text{Л25}}$);*
- е) Через каждые 1,5 – 2 км трассы временный репер;*
- ж) Через каждые 15 – 25 км грунтовый репер;*
- з) Одновременно проводим контурную съемку полосы местности шириной 100 – 200 м;*
- и) Данные по разбивке пикетажа и результаты съемки ситуации заносим в пикетажную книжку.*

Нивелирование трассы

- а) Прокладываем нивелирный ход;*
- б) Технический нивелир;*
- в) Способ из середины;*
- г) Плечо 100м. При благоприятных условиях до 150 м. При неблагоприятных не более 50 м.*

Работа на станции

- а) Нивелир между двумя связующими точками (например, между ПК0 и ПК1);*
- б) Визируем на заднюю (ПК0) и переднюю (ПК1) связующие точки;*
- в) Берем отсчеты с точностью до 1 мм по черной стороне только по среднему штриху сетки ($a_ч$ и $b_ч$). Результаты в журнал;*
- г) Рейки разворачиваем красной стороной. Визируем сначала на переднюю, а затем на заднюю рейки. Берем отсчеты ($b_{кр}$ и $a_{кр}$);*
- д) Контроль измерений:*

$$\begin{aligned}h_ч &= a_ч - b_ч; & h_{кр} &= a_{кр} - b_{кр} \\h_ч - h_{кр} &\leq 10 \text{ мм} \\h_{ср} &= (h_ч + h_{кр})/2\end{aligned}$$

- е) При наличии промежуточных точек берем отсчеты по черной стороне на этих точках.*
- ж) Переносим нивелир на следующую станцию. Повторяем наблюдения в той же последовательности.*

Обработка журналов нивелирования

- а) Проверка всех записей и вычислений, выполненных в поле;
- б) На каждой странице **постраничный контроль**. Его суть в подсчете сумм отсчетов на связующие точки по задней (Σa) и передней (Σb) рейкам, а также сумм превышений по черной и красной сторонам реек и средних превышений на станциях. Должно соблюдаться равенство

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h}{2} = \Sigma h_{cp}.$$

- в) Невязка представляет собой разность суммы измеренных средних превышений Σh_{cp} и известного (теоретического) превышения между конечной и начальной точками хода

$$f_h = \Sigma h_{cp} - \Sigma h_0$$

Варианты невязки

1) **Нивелирный ход** проложен между двумя реперами:

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_{кон} - H_{нач}),$$

где $(H_{кон} - H_{нач}) = h_0$ - известное превышение между конечной и начальной точками хода.

2) **Замкнутый нивелирный ход**. Ход начинается и заканчивается в одной точке;

$h_0 = 0$. Тогда

$$f_h = \sum h_{cp}.$$

3) **Висячий нивелирный ход**, опирающийся на одну твердую точку.

а) Если нивелирование выполнялось двумя нивелирами, то сумма превышений для первого нивелира $\sum h_I$ должна равняться сумме превышений для второго $\sum h_{II}$

$$f_h = \sum h_I - \sum h_{II}$$

б) При нивелировании в прямом и обратном направлениях сумма превышений прямого хода $\sum h_{пр}$ должна равняться сумме превышений обратного $\sum h_{обр}$ по абсолютной величине, но с обратным знаком

$$f_h = \sum h_{пр} + \sum h_{обр}.$$

Фактическая высотная невязка хода технического нивелирования не должна превышать допустимую, определяемую по формулам

$$f_{h_{\text{дон}}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \text{ или } f_{h_{\text{дон}}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где L — длина хода в км; n — число станций в ходе.

Если $f_h < f_{h_{\text{дон}}}$, то фактическую невязку f_h распределяют *с обратным знаком поровну на все превышения хода*.

Поправка в превышение равна

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n} \text{ в мм}$$

$$\sum \delta_h = -f_h.$$

Исправленные превышения вычисляются по формуле

$$h_{\text{испр}_i} = h_i + \delta_h.$$

Отметки связующих точек вычисляют по $H_n = H_{n-1} + h_{\text{испр}}$, H_n — вычисляемая отметка, H_{n-1} — отметка предыдущей точки хода.

Контроль правильности вычисления отметок связующих точек:

$$H_{\text{кон}} = H_{\text{нач}} + \sum h_{\text{испр}}.$$

Отметки **промежуточных** точек вычисляют через горизонт прибора ГП. Для этого ГП вычисляют относительно задней и передней связующих точек и берут среднее значение:

$$ГП' = H_z + a_q; \quad ГП'' = H_n + b_q; \quad ГП = (ГП' + ГП'')/2,$$

где H_z и H_n – отметки задней и передней связующих точек; a_q и b_q отсчеты по черным сторонам реек.

Отметки промежуточных точек равны

$$H_{\text{пром}} = ГП - c ,$$

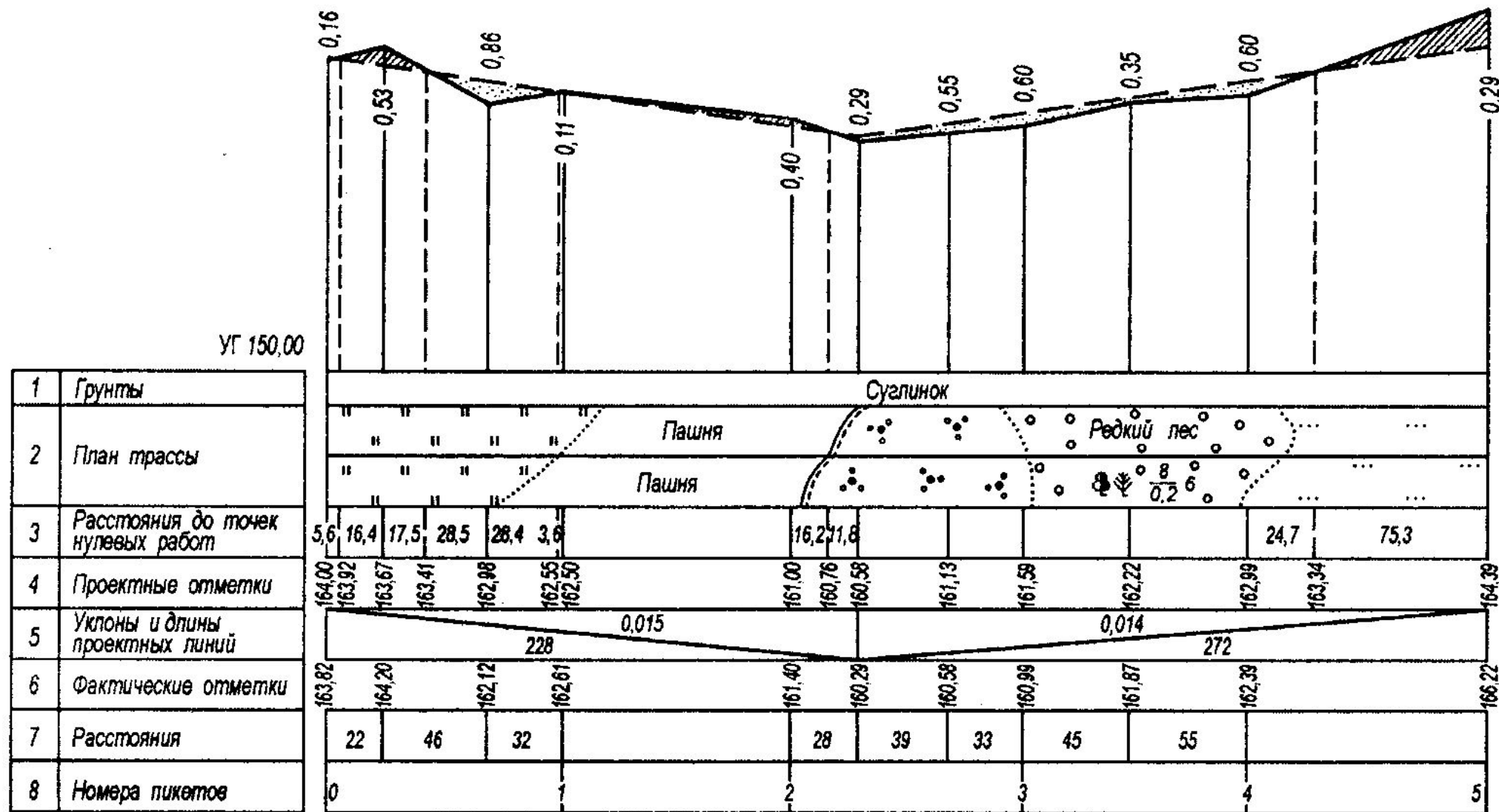
Составление профиля трассы

- 1) Выбираем **условный горизонт (УГ)**. Отметка УГ должна быть кратной 10.
- 2) Ниже линии УГ строим **сетку профиля**, в отдельных графах которой размещают фактические и проектные данные по профилю.
- 3) На линии УГ откладываем пикеты и плюсовые точки. Из них строим перпендикуляры, концы которых соединяем и получаем **фактический** (черный) профиль трассы.
- 4) Наносим **проектную линию**, которая впоследствии заменит собой фактический профиль трассы.
- 5) Вычисляем **проектные** отметки точек трассы
- 6) Рассчитываем **рабочие отметки** точек трассы как разность проектной (красной) и фактической отметок соответствующей точки

$$H_n^{np} = H_0^{np} + i d_n$$

где H_n^{np} – проектная отметка начальной точки трассы; d_n – горизонтальное расстояние от начальной до n -ной точки трассы; i – проектный уклон линии.

$$h_i^{раб} = H_i^{np} - H_i^ф.$$



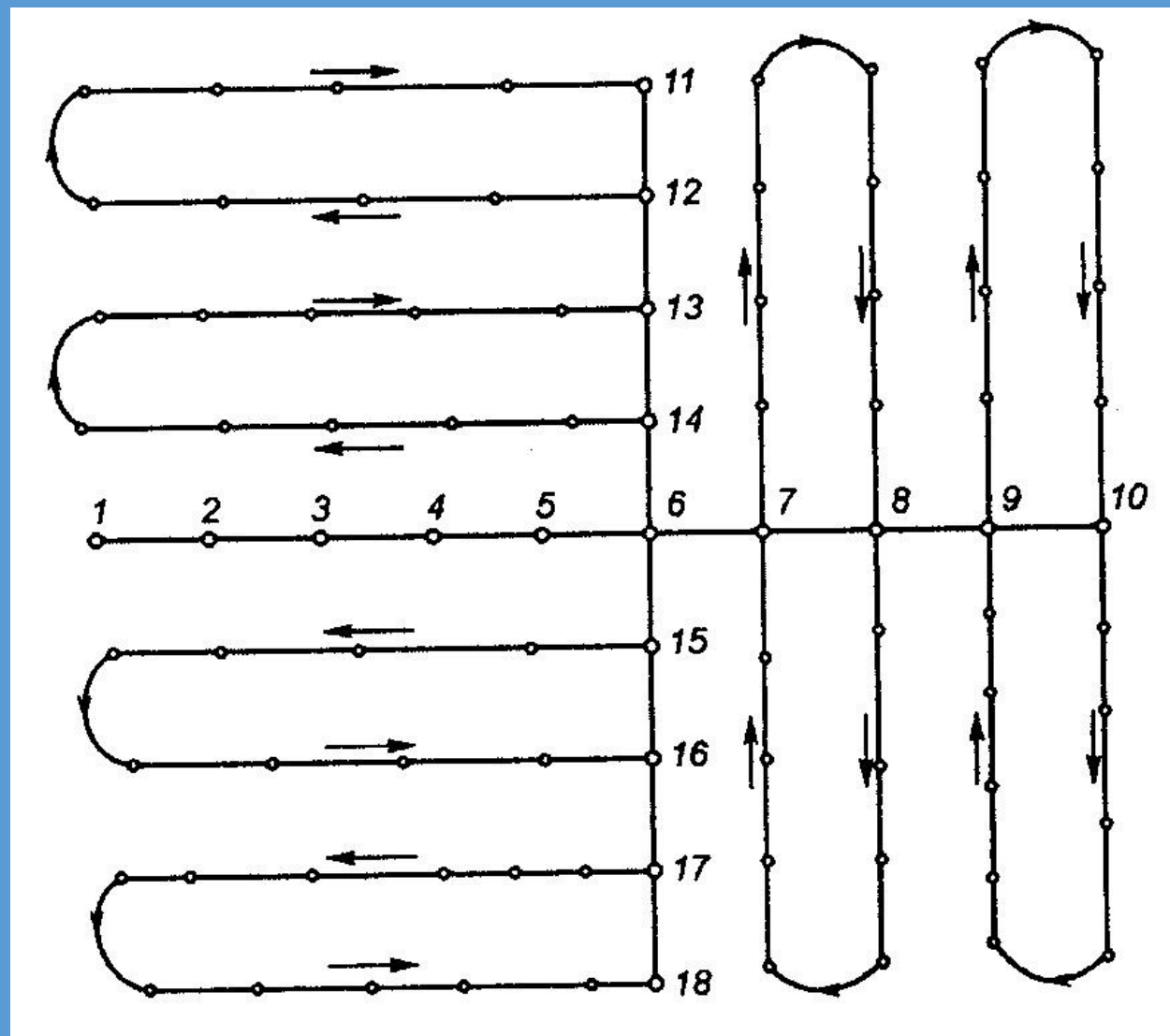
Продольный профиль

Масштабы: горизонтальный 1:2000
вертикальный 1:200

Нивелирование поверхности

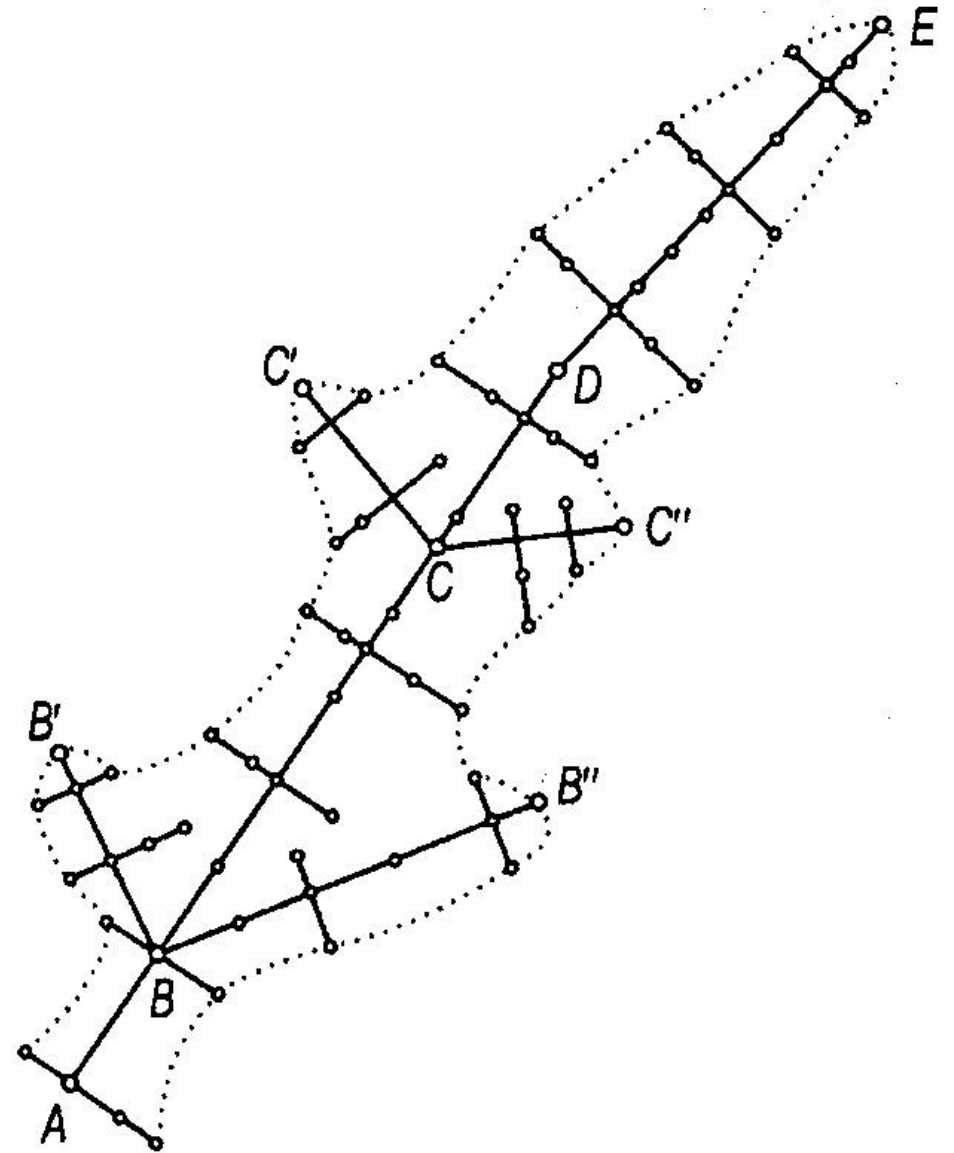
1. Способ параллельных линий.

Съемка равнинной или слегка
всхолмленной местности,
заросшей лесом или кустарником.



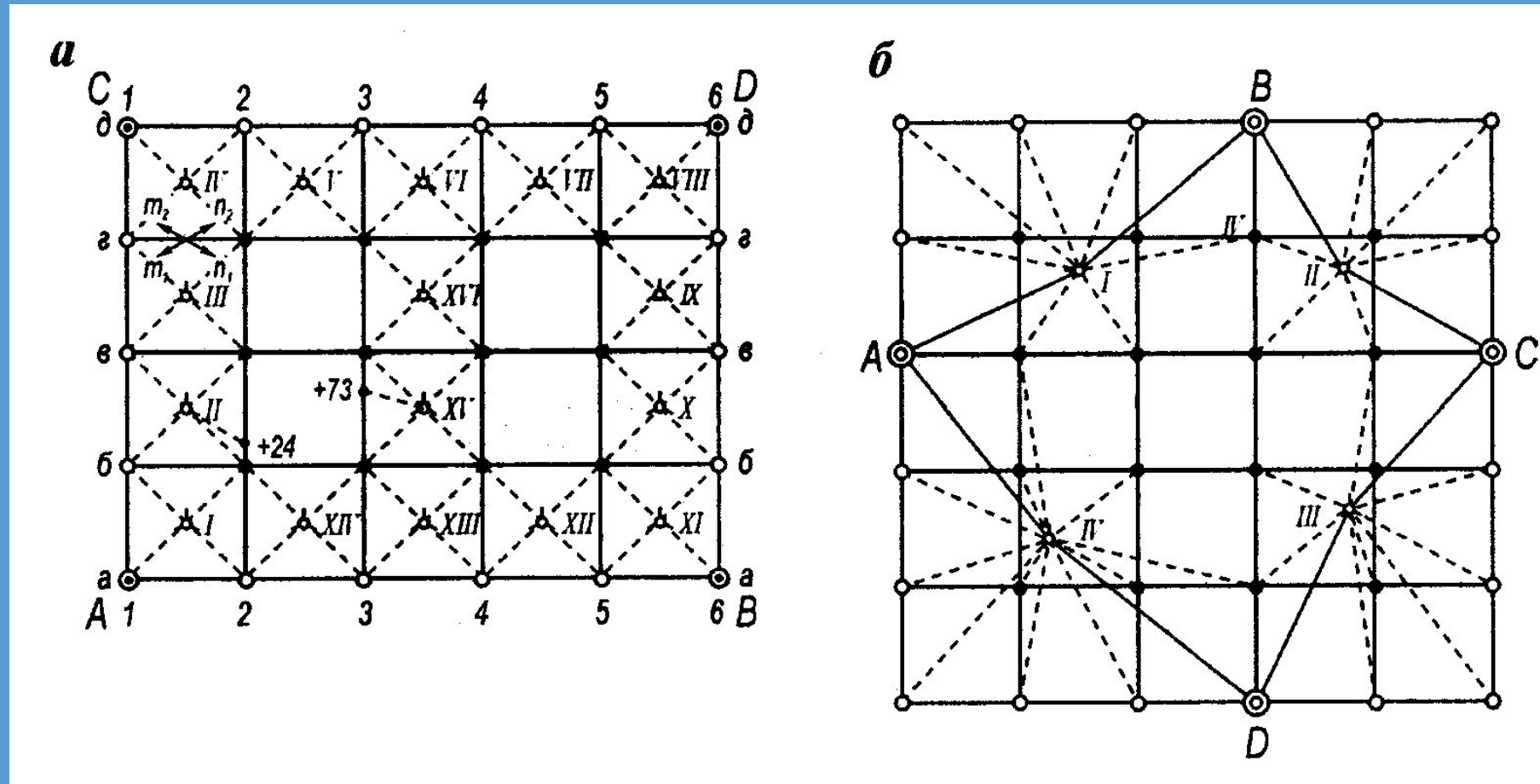
2. Способ магистралей с поперечниками.

Пересеченная местность при изысканиях сооружений линейного типа (каналы, дороги, траншеи и т.д.).



3. Способ нивелирования по квадратам.

Топографическая съемка открытых участков местности со спокойным рельефом в крупных масштабах (1:500 – 1:5000) с малой (0,1 – 0,5) высотой сечения рельефа в целях составления проекта вертикальной планировки и подсчета объема земляных работ.



Результат работ:

Топоплан, на который наносят границы участка, вершины квадратов, плюсовые точки, ситуацию. Возле каждой пикетной и плюсовой точки подписывают ее отметку с округлением до 1 см и, пользуясь методом графической интерполяции, проводят горизонтали. План вычерчивают тушью в соответствии с условными знаками.

