



Тема лекции 5. ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Вопросы:

- 5.1. Полевое трассирование линейных сооружений.
- 5.2. Разбивка круговой кривой.
- 5.3. Расчет пикетажных наименований.
- 5.4. Вынос пикетов с тангенса на кривую.
- 5.5. Нивелирование трассы и поперечников.
- 5.6. Камеральная обработка результатов нивелирования.
- 5.7. Построение продольного и поперечного профилей трассы.
- 5.8. Проектирование по профилю. Вычисление проектных уклонов и высот пикетов.
- 5.9. Рабочие отметки. Точки нулевых работ.
- 5.10. Оформление профиля.

Литература

1. Юнусов, А.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. / А.Г. Юнусов. А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. – М.: Академический проект. 2011. 409 с.
2. Куштин, И.Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие. / И. Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д. Феникс, 2009. – 909 с.
3. Ямбаев, Х.К. Геодезическое инструментоведение: учебник для вузов./ Х.К. Ямбаев. – М.: Академический проект, 2011. – 583 с.
4. Неумывакин, Ю.К., Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов. – М.: Недра, 1995.
5. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Выш. шк., 2011. – 463 с.
6. Янченко, Е.А. Геодезия [Текст]: курс лекций для студ. I курса очной и заочной форм обучения направления «Землеустройство и кадастры», профилей «Землеустройство», «Земельный кадастр», «Кадастр недвижимости» / Е.А. Янченко; Инж. мелиор. ин-т. ДГАУ, каф. геодезии. – Новочеркасск, 2014. - 174 с.

Вопрос 5.1. Полевое трассирование линейных сооружений

Инженерно-техническое нивелирование производят с целью создания высотного обоснования топографических съемок масштабов 1:500 -1:5000, а также при изысканиях, а затем проектирования и строительства различных инженерных сооружений: железных и шоссейных дорог, каналов, водопроводов, тоннелей. Эти сооружения занимают по ширине сравнительно узкую полосу. В этом случае нивелируют трассу, т.е. ось предполагаемого сооружения. Такое нивелирование называют *продольным*.

Инженерно-техническое нивелирование, выполняемое для обеспечения строительства линейных объектов, ведется по предварительной намеченной линии, представляющей собой ось будущего сооружения, называется трассой.

Она обычно состоит из прямоугольных участков, плавно соединяемых кривыми различных радиусов кривизны.

Нивелирование трассы включает следующие этапы работ: получение задания; рекогносцировка трассы; разбивка пикетажа; нивелирование трассы; увязка превышений и вычисление отметок точек; составление профиля трассы.

Проектирование трассы выполняют по топографическим картам или планам, либо аэрофотоснимкам. В зависимости от характера рельефа местности различают трассирование линейного сооружения по **заданному направлению и по заданному уклону**. Трассирование по заданному направлению выполняют в равнинных и слабопересеченных районах, где естественные уклоны не превышают допустимых. В условиях холмистой местности, где уклоны значительно превышают допустимые значения, трассы проектируют по заданному уклону.

Разнообразие видов линейных сооружений, их эксплуатационные и конструктивные особенности обуславливают некоторые различия в производстве инженерно-геодезических работ в каждом конкретном случае. Наиболее типичными являются геодезические измерения при дорожных изысканиях и строительстве. Рекогносцировку трассы выполняют на местности для уточнения намеченного направления, выбора углов поворота трассы из расчета технической и экономической выгоды при проведении строительства. При этом стремятся иметь минимальное число углов поворота; стороны трассы должны быть по возможности длинными, проходить по местности с небольшими уклонами, твердым грунтом и наименьшим количеством препятствий.

Плановой основой продольного нивелирования служит теодолитный ход, прокладываемый по трассе, в который включают все вынесенные в натуру основные точки трассы (начало и конец трассы, вершины углов поворота, нивелирные геодезические пункты, репера). В процессе проложения теодолитного хода производят вешение линий между вершинами углов поворота трассы (ВУ), измеряют горизонтальные углы, длины сторон и разбивают пикетаж.

Горизонтальные углы (правые или левые по ходу) измеряют в вершинах углов поворота трассы. Углом поворота трассы φ считается угол между продолжением предыдущего направления и новым направлением трассы. Угол поворота трассы определяют $\varphi = 180^\circ - \beta_{лев}$ или $\varphi = \beta_{пр} - 180^\circ$.

Разбивка пикетажа заключается в том, что по оси трассы отмеряют отрезки, горизонтальные проложения которых равны 100 м. Эти отрезки называют **пикетами**. Пикетажные работы включают измерения длины трассы, закрепление её на местности пикетными колышками и съёмку притрассовой полосы местности.

Конец каждого пикета, обозначенного деревянным колышком (10-30 см), забитым вровень с землей, называют **пикетной точкой** (рис.5.1). При нивелировании на эти колья ставят рейки для получения высоты поверхности на этих точках. Рядом забивают **сторожок**, на котором подписывают номер пи-

кета (например, ПК 0, ПК 1 и т.д.). Начало трассы обозначают ПК 0, в результате чего номер пикета обозначает расстояние в сотнях метров от начала трассы.

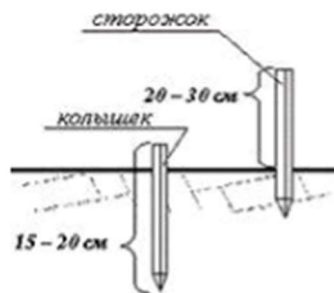


Рис.5.1. Обозначение пикетной точки

При углах наклона скатов местности $\nu > 3^\circ$ в наклонные отрезки $D = 100$ м вводят поправку за наклон.

Пикетные точки являются общими для двух соседних станций и служат для передачи отметок по трассе, поэтому их так же называют **связующими точками**. В тех случаях, когда превышение между связующими точками больше длины рейки назначают дополнительные связующие точки, называемые **иксовыми**. Для характеристики рельефа эти точки не нужны, поэтому расстояния до **X-точек** не измеряют. Они служат для передачи отметки.

Характерные точки излома рельефа местности между пикетами также отмечают колышками. Эти точки называют **плюсовыми**, их местоположение определяют расстоянием от пройденного пикета (ПК0 + 34.0).

В характерных местах рельефа перпендикулярно к направлению трассы с помощью экера и мерной ленты разбивают **поперечники**, длина которых зависит от ширины сооружения.

На поперечнике закрепляют кольями его концы, точку пересечения с осью трассы и точки перегиба скатов вправо и влево от оси трассы. На сторожках подписывают пикетные обозначения точек поперечников (например, (ПК 1 + 82,45)/Л 20).

Через каждые 1.5 – 2.0 км трассы закладывают временные репера, а через 15.0 – 25.0 км вне зоны влияния будущих земляных работ – грунтовые реперы постоянного типа.

При разбивке пикетажа результаты всех измерений заносят в **пикетажный журнал**, в котором указывают размеры углов поворота трассы, номера всех пикетов и плюсовых точек, а также вычерчивают абрис съёмки полосы земли вдоль трассы (рис.5.2).

Одновременно с разбивкой пикетажа по обеим сторонам от оси трассы производят контурную съёмку местности шириной 100 – 200 м. Обычно в полосе шириной до 25 м влево и вправо от оси съёмку ситуации выполняют способом ординат с использованием мерной ленты, экера и вех. Съёмка полосы от 25 до 50 – 100 м в обе стороны от трассы выполняется глазомерно.

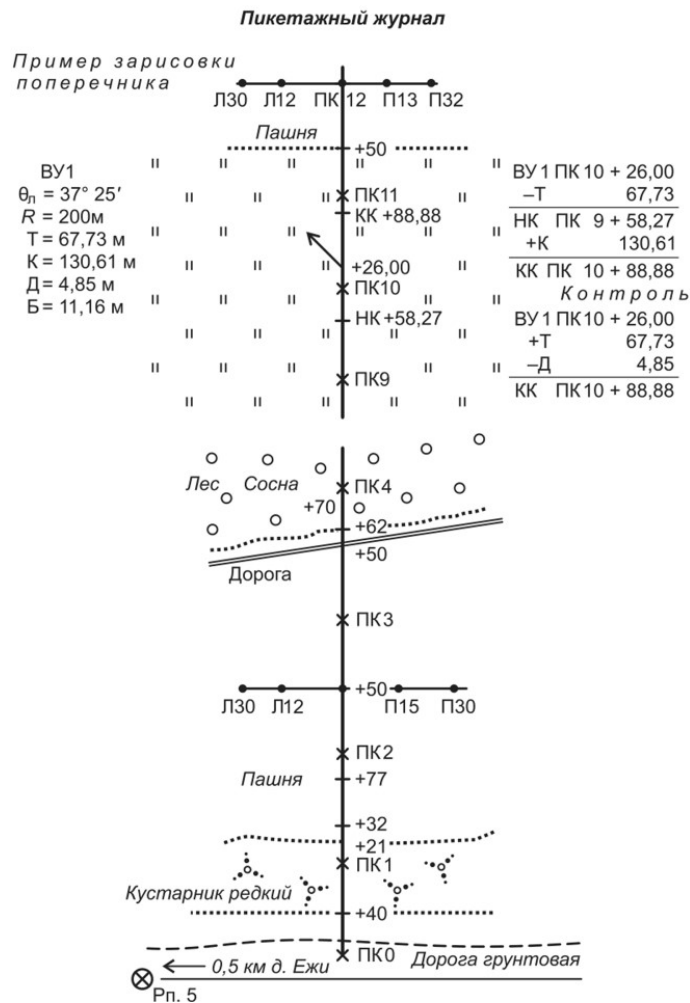


Рис.5.2. Пикетажный журнал

Вопрос 5.2. Разбивка круговой кривой

Ось будущего сооружения – канала или дороги – должна идти не по ломаной, а по плавным закруглениям, поэтому в местах поворота трассу ведут по кривым, обычно дугам окружностей.

Точки касания прямых линий оси трассы с кривой называют **началом кривой (НК)** и **концом кривой (КК)**. Точку пересечения кривой с биссектрисой (**Б**) угла называют **серединой кривой (СК)**. Эти точки называют **главными точками кривой**.

Для закрепления главных точек кривой необходимо знать следующие её элементы (рис.5.3).

Угол поворота трассы ϕ – угол отклонения трассы от предыдущего направления, его вычисляют как дополнение угла поворота хода до 180° .

Радиус (R) вписываемой круговой кривой определяется строительными нормами и правилами в зависимости от характера сооружения, местности и угла поворота.

По углу поворота трассы и радиусу кривой определяют остальные элементы: длину касательной – *тангенса* – (*T*); *длину кривой* (*K*) от НК до КК; *биссектрису* (*B*) от вершины угла до середины кривой; *домер* (*D*) – разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой, т.к. кривая короче заменяемой ломаной.

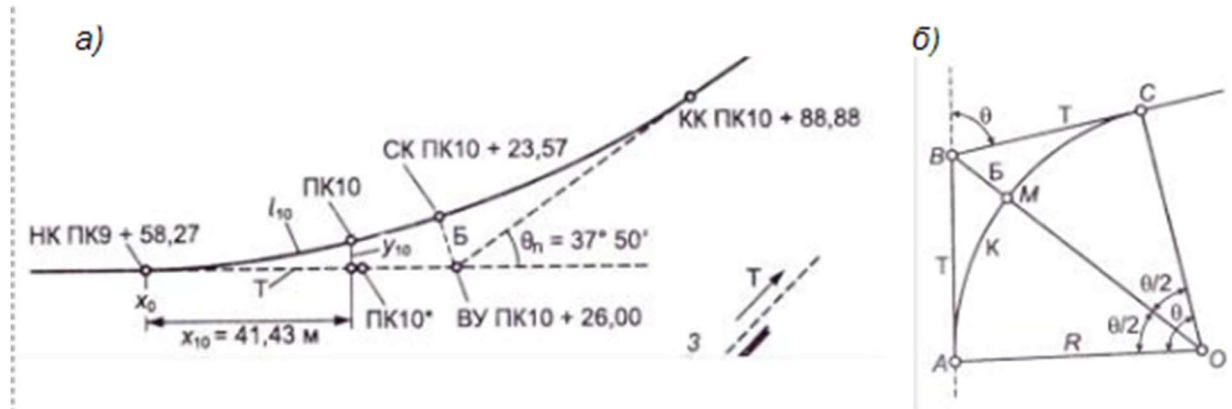


Рис.5.3. Схемы дорожной трассы: а – разбивка главных точек кривой; б – главные элементы круговой кривой.

Угол между радиусами *OA* и *OC* круговой кривой равен углу поворота трассы. Из треугольника *OAB* следует, что тангенс кривой

$$T = R \cdot \operatorname{tg} (\varphi/2) \quad (5.1)$$

Круговая кривая *K* равна дуге *AMC*. Поскольку справедливо равенство $K/2\pi R = \varphi/360^\circ$, то

$$K = \frac{\varphi\pi R}{180^\circ} \quad (5.2)$$

Биссектриса круговой кривой *B* выражается отрезком *BM*:

$$B = OB - OM = R \cdot \sec \varphi/2 - R = R[\sec \varphi/2 - 1] = R[1/\cos (\varphi/2) - 1] \quad (5.3)$$

Домер круговой кривой *D* равен разности длины двух тангенсов и длины кривой:

$$D = 2T - K \quad (5.4)$$

Величины *T*, *K*, *B*, *D* вычисляют в поле, при разбивке пикетажа, по углу φ и заданному радиусу *R*, пользуясь специальными таблицами для разбивки круговых кривых.

Вопрос 5.3. Расчет пикетажных наименований

Для обозначения на местности главных точек кривой НК и КК от вершины угла поворота ВУ в обе стороны по трассе откладывают мерной лентой величину *T* и забивают колышки. Затем с помощью теодолита отмечают направление биссектрисы и, отложив *B*, получают точку СК. Следует помнить, что разбивка пикетажа в районе закруглений ведётся по тангенсам. Поскольку сумма двух касательных всегда больше длины кривой, т.е. $2T$

>К, то пикеты, расположенные за кривой, следует вынести вперёд по ходу трассы на величину домера Д.

Вычисление пикетажного обозначения главных точек кривой рассмотрим на примере рис.5.4. Пусть при разбивке пикетажа вершина угла поворота ВУ получила пикетажное обозначение ПК 10 + 26.00; по углу поворота $\varphi = 37^{\circ}25'$ и заданному радиусу $R = 200$ м находим: $T = 67.73$ м, $K = 130.61$ м, $B = 5.05$ м, $D = 4.85$ м.

Пикетажное обозначение НК и КК:

	<i>К о н т р о л ь :</i>
ВУ1 ПК 10 + 26.00	ВУ ПК10 + 26.00
-Т 67.73	+Т 67.73
НК ПК 9 + 58.27	КК ПК 10 + 93.73
+К 130.61	-Д 4.85
КК ПК 10 + 88.88	КК ПК 10 + 88.88

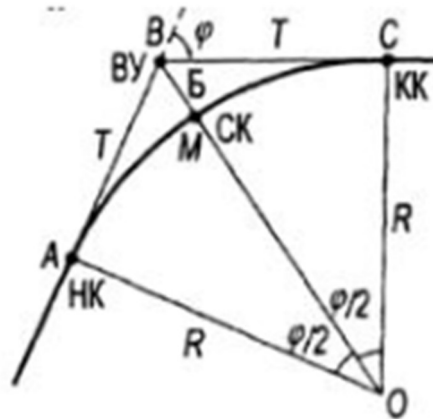


Рис.5.4. Схема разбивки главных точек кривой

Вопрос 5.4. Вынос пикетов с тангенса на кривую

После закрепления на местности главных точек кривой производят вынос пикетов на кривую (рис.5.5).

Задачу по выносу пикетов на кривую решают способом прямоугольных координат; при этом начало координат условно располагают в точках НК и КК, за оси абсцисс принимают направление тангенсов, а оси ординат – направление по радиусу из точек НК и КК к центру кривой О.

Сначала устанавливают, в какой половине кривой находится выносимый пикет. Для этого находят длину дуги ℓ между пикетом и НК.

Если $\ell < 0.5 K$, то пикет находится в первой половине кривой, а при $\ell > 0.5 K$ – во второй. Определяют центральный угол ε , стягивающий дугу ℓ :

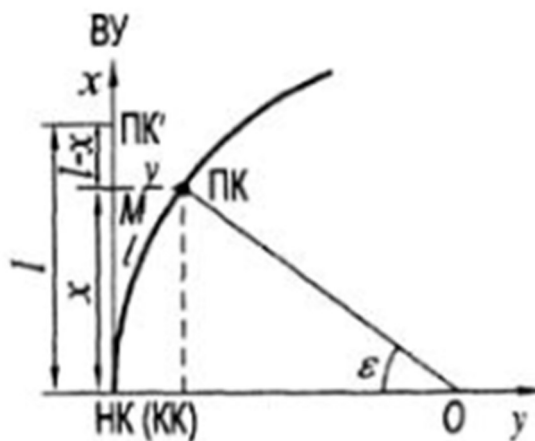


Рис.5.5. Схема выноса пикетов на кривую

$$\varepsilon = 180^\circ/\pi R \cdot l. \quad (5.5)$$

Вычисляют прямоугольные координаты пикета:

$$X = R \cdot \sin \varepsilon; \quad Y = R - R \cdot \cos \varepsilon = 2R^2 \varepsilon/2 \quad (5.6)$$

По вычисленным координатам переносят пикеты на кривую. Для этого мерной лентой откладывают от НК (КК) по тангенсу величину X в точку M с помощью эккера восстанавливают перпендикуляр и, отложив величину Y , закрепляют пикет.

Вопрос 5.5. Нивелирование трассы и поперечников

После закрепления трассы приступают к нивелированию связующих точек, в первую очередь пикетов.

Нивелир на станции устанавливают на равных расстояниях от пикетов в створе или вне створа нивелируемой оси трассы, разность плеч не должна превышать 10 м. С целью ослабления влияния вертикальной рефракции от почвы, отсчеты по рейке должны быть не менее 20,0 мм.

При использовании двухсторонних реек работа на станции выполняется в следующем порядке:

1. Нивелир устанавливают посередине между связующими точками, например ПК0 и ПК1, выполняют поверку круглого уровня. Приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение перед взятием отсчета по рейке, путем выведения пузырька цилиндрического уровня в нульпункт с помощью элевационного винта.

Сначала визируют на заднюю связующую точку (ПК0), по средней нити сетки нитей с точностью до миллиметра по черной стороне рейки берут задний черный отсчет ($Z_ч$). Затем визируют на переднюю рейку и берут передний черный отсчет ($P_ч$) (рис.5.6). Результаты наблюдений заносят в соответствующие графы полевого журнала нивелирования. Вычисляют превышение по черной стороне рейки:

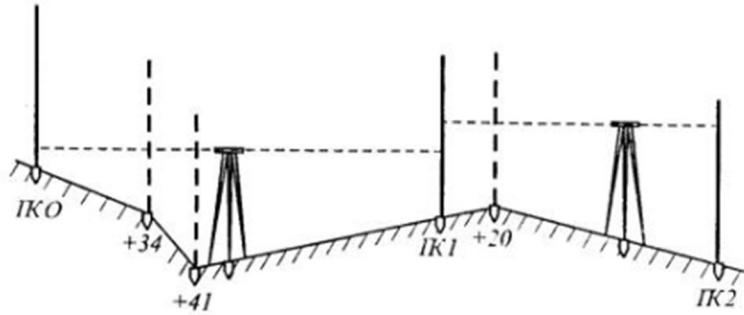


Рис.5.6. Схема технического нивелирования

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - П_{\text{ч}} \quad (5.7)$$

2. Реечники поворачивают рейки красной стороной к наблюдателю. Наблюдатель визирует сначала на переднюю, а затем на заднюю рейки, берет обсчеты соответственно $П_{\text{к}}$ и $Z_{\text{к}}$.

3. Выполняют контроль измерений на станции, для чего вычисляют превышения по красной стороне рейки.

$$h_{\text{к}} = Z_{\text{к}} - П_{\text{к}} \quad (5.8)$$

Сравнивают $h_{\text{ч}}$ и $h_{\text{к}}$, расхождение в превышениях не должно превышать ± 5 мм, т.е. $h_{\text{ч}} \leq h_{\text{к}} \leq 5$ мм.

При соблюдении данного условия за окончательное значение превышения принимается среднее

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{к}} + h_{\text{ч}}}{2} \quad (5.9)$$

Если условия не выполняются $h_{\text{ч}} > h_{\text{к}} > 5$ мм, то на станции заново выполняют измерения.

4. Задний реечник последовательно устанавливает рейку на промежуточные точки, наблюдатель на каждой точке берет отсчет по черной стороне рейки (С1, С2). Затем нивелир переносят на следующую станцию и повторяют наблюдения в той же последовательности.

Абсолютная высота нулевого пикета (ПК0) находится из привязки к пунктам нивелирной сети, т.е. путем передачи отметки на ПК0 от ближайшего репера (Rp) (рис.5.7).

Нивелир устанавливают между пикетом (ПК0) и репером (Rp), рейкой соответственно на ПК0 и Rp. Определяют превышения сначала по черной стороне рейки, а затем по красной стороне. Вычисляют превышения. Затем определяют второй раз превышение путем изменения высоты нивелира, опускают или поднимают штатив нивелира на 10-12 см, и снова определяют превышения. Расхождение между $h_{\text{ср}}$ первый и второй раз не должно составлять более 3 мм.

$$ПК0 = Rp + h_{\text{ср}} \quad (5.10)$$

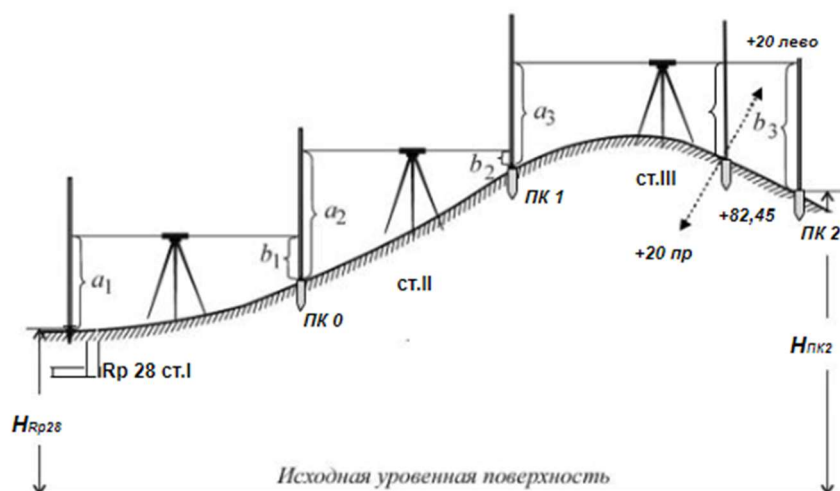


Рис.5.7. Сложное нивелирование способом «из середины»



Рис.5.8. Схема начала трассы и нивелирования пикетных точек

Вопрос 5.6. Камеральная обработка результатов нивелирования

После нивелирования трассы приступают к обработке полученных результатов. Вычерчивают схему нивелирного хода, на которой показывают также реперы и марки, послужившие обоснованием хода.

Обработка состоит в вычислении высот всех связующих и промежуточных точек по исходным высотам начальной и конечной точек хода и отсчётам по рейкам, взятым при нивелировании трассы.

Вычисления выполняют в следующем порядке.

Внизу каждой страницы нивелирного журнала отдельно по каждой колонке выписывают суммы:

- отсчетов по задней рейке $\sum Z$;
- отсчетов по передней рейке $\sum П$;
- превышений вычисленных $\sum h_{выч}$;
- превышений средних $\sum h_{ср}$.

При контроле проверяют соблюдение равенств:

$$\sum Z - \sum \Pi = \sum h_{\text{выч.}} = 2\sum h_{\text{ср.}} \quad (5.11)$$

Расхождения в 1-2 мм могут быть за счёт округлений средних превышений до целого числа миллиметров. Отсчёты по рейкам на промежуточных точках в постраничном контроле не участвуют.

После постраничного контроля вычисляют невязку в превышениях по всему ходу между реперами или марками, которые были включены в ход. Для разомкнутого хода, опирающегося на две исходные точки с известными высотами, невязка в превышениях f_h равна:

$$f_h = \sum h_{\text{п}} - \sum h_{\text{т}}, \quad (5.12)$$

где $\sum h_{\text{п}}$ – сумма средних превышений, т.е. полученных практически;

$\sum h_{\text{т}}$ – сумма превышений теоретическая, равна разности высот конечной и начальной точек:

$$\sum h_{\text{т}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}. \quad (5.13)$$

Следовательно, для разомкнутого хода:

$$f_h = \sum h_{\text{п}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}) \quad (5.14)$$

В случае замкнутого хода сумма превышений теоретическая $\sum h_{\text{т}} = 0$, так как $H_{\text{к}} = H_{\text{н}}$, тогда $f_h = \sum h_{\text{ср.}}$

Если полученная невязка оказалась допустимой, т.е. меньше $f_{h_{\text{доп}}}$, то её распределяют поровну на все превышения с противоположным знаком.

$$f_{h_{\text{доп}}} = \pm 30 \div 50 \text{мм} \sqrt{L} \quad (5.15)$$

где L - длина хода в км, n - число станций в ходе.

После этого получают исправленные превышения.

Сумма исправленных превышений должна быть равна теоретической сумме превышений:

- для разомкнутого хода:

$$\sum h_{\text{испр}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}; \quad (5.16)$$

- для замкнутого хода:

$$\sum h_{\text{испр}} = 0 \quad (5.17)$$

После введения поправок и вычисления исправленных превышений, вычисляют высоты (отметки) связующих точек:

$$H_n = H_{n-1} + h_n, \quad (5.18)$$

т.е. отметка последующей точки равна отметке данной точки плюс превышение:

$$НПК2 = Нпк 1 + h_{2испр}$$

Для вычисления отметок промежуточных точек вычисляют горизонт нивелира ($ГН$). *Горизонтом нивелира (прибора)* – называют высоту визирного луча над уровенной поверхностью.

На рис.5.9 схематически показано нивелирование промежуточных точек. Здесь $ПК1$ и $ПК2$ – пикетные точки на трассе нивелирования; H_1 и H_2 – высоты пикетных точек над уровенной поверхностью; линия AB – горизонтальный визирный луч, встречающий заднюю и переднюю рейки в точках A и B ; Z_u и $П_u$ – отсчёты по этим рейкам.

Высота визирного луча AB над его горизонтальной проекцией, лежащей в плоскости уровенной поверхности, и есть горизонт нивелира $ГН$.

Из рисунка видно, что:

$$ГН' = H_1 + Z_u \quad (5.19)$$

$$ГН'' = H_2 + П_u$$

т.е горизонт нивелира равен высоте точки плюс отсчёт по рейке, стоящей на этой же точке. Его вычисляют по задней и передней связующим точкам. При разнице в значениях $ГН$ до 10 мм используют среднее из них.

$$ГН_{ср} = \frac{ГН' + ГН''}{2} \quad (5.20)$$

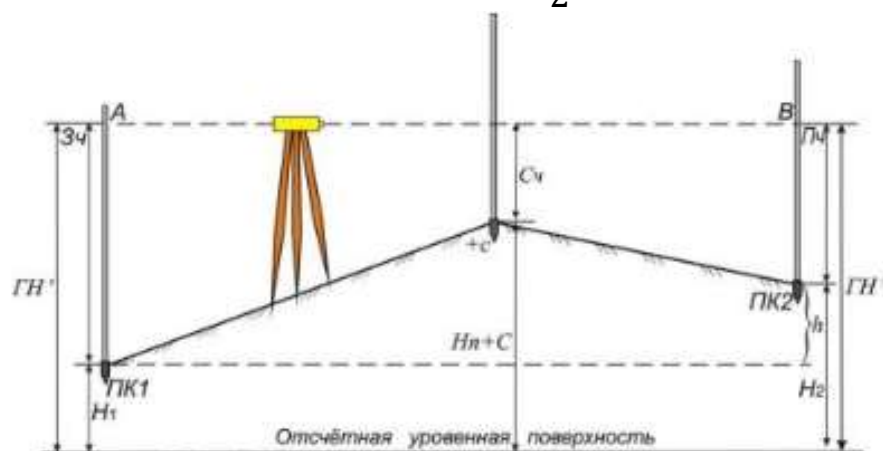


Рис.5.9. Определение высот точек через горизонт нивелира

Для получения высоты любой промежуточной точки нужно из горизонта нивелира вычесть отсчёт по рейке, сделанный на эту точку.

$$H_{пром} = ГН - с \quad (5.21)$$

Пример обработки журнал геометрического нивелирования приведен в табл .3.

Таблица 5.3. Журнал технического нивелирования

№№ станций	№№ пикетов, реперов, промежут. точек	Отсчёты по рейке, мм			Превышения, мм			Горизонт нивелира, м	Отметки, м
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<i>Рр № 1</i>	1512							46.317
I		6197							
			0222		1290	-5			
	пк 0		4909		1288	1289	1284		47.601
	пк 0	0201							47.601
II		4886							
			2305		-2104	-5			
	пк 1		6993		-2107	-2105	-2110		45.491
	пк 1	1069						46.560	45.491
		5754							
	+45.80			0081					46.476
III	+20 лево			0631				46.557	45.926
	+20 право			0600					45.957
			2412		-1343	-5			
	пк 2		7098		-1344	-1344	-1349	46.554	44.142
	пк 2	0172						44.314	44.142
		4857							
IV	+51.60			1834				44.311	42.477
			2361		-2189	-5			
	пк 3		7049		-2192	-2190	-2195	44.308	41.947
	пк 3	2016							41.947
V		6703							
			0292		1724	-5			
	X1		4979		1724	1724	1719		43.666
	X1	2515							43.666
VI		7203							
			0582		1933	-5			
	пк 4		5268		1935	1934	1229		44.895
	пк 4	2851						47.746	44.895
		7536							
VII	+63.40			2106				47.743	45.637
			1000		1851	-5			
	пк 5		5689		1847	1849	1844	47.739	46.739
	пк 5	1982							46.739
VIII		6669							
			0201		1781	-4			
	<i>Рр № 2</i>		4887		1782	1782	1778		49.217

Вопрос 5.7. Построение продольного и поперечного профилей трассы

Продольный профиль трассы является важнейшим итоговым документом инженерно-технического нивелирования, он необходим для проектирования, строительства и использования в процессе эксплуатации сооружения.

После вычисления высот всех точек по трассе нивелирного хода по данным журнала нивелирования и пикетажного журнала составляют продольный профиль трассы и профили поперечников (рис.5.10).

Так как изменение высот точек по сравнению с расстояниями между ними незначительно, то для большей наглядности высоты точек при построении профиля откладывают в масштабе в несколько раз крупнее относительно масштаба расстояний. Так при проектировании, например, водопровода для застроенных территорий вертикальный и горизонтальный масштабы принимают соответственно 1 : 50 и 1 : 500 или 1 : 100 и 1 : 1000, а продольные профили по материалам изысканий автомобильных дорог - в масштабах 1 : 1000 и 1 : 10000, 1 : 20000 и 1 : 200, 1 : 1000 и 1 : 100, изредка на коротких трассах – 1 : 500 и 1 : 5000.

Составление продольного профиля начинают с вычерчивания его сетки согласно образцу, установленному для данного вида сооружений.

Начало располагают на левой стороне листа. Ввиду этого профиль оросительного канала понижается слева направо, а профиль осушительного канала – справа налево.

Профиль отображает следующие основные части:

- продольный профиль трассы, располагаемый сверху;
- профильную сетку, располагаемую под продольным профилем;
- план трассы;
- профили поперечников или поперечных сечений проектируемых сооружений, которые обычно вычерчивают над продольным профилем.

Профильная сетка состоит из ряда горизонтальных линий и содержит следующие данные:

- номера пикетов участка трассы, расстояния между пикетами и плюсовыми точками;
- отметки поверхности земли с точностью до сотых долей метра;
- проектные уклон и отметки;
- глубина выемки и высота насыпи.

Под профильной сеткой располагают схематический план оси трассы, с указанием элементов кривых и прямых участков. Ещё ниже вычерчивают план полосы трассы. Ширина полосы зависит от характера строящегося сооружения, характера местности и обычно указывается в задании на производство работ.

На мелиоративных и дорожных профилях указывают грунт, в котором располагают сооружение. Эту характеристику местности по данным инженерно-геологических исследований размещают или между линиями профиля и условного горизонта, т.е. непосредственно на профиле, или вводят дополнительную графу сетки.

Для построения профиля над верхней графой сетки на 4,0-7,0 см прочерчивают линию условного горизонта. Ей придают отметку, округленную до десятков метров, с таким расчетом, чтобы точка с самой малой отметкой располагалась выше линии условного горизонта.

От линии условного горизонта на вертикальных линиях в масштабе для вертикальных расстояний откладывают отметки точек, связующих и промежуточных. Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают профиль трассы.

Подобным образом над соответствующими точками продольного профиля строят профили поперечников и поперечные сечения в более крупном масштабе. Их вычерчивают, в основном, в масштабе $1:500$, $1:200$, так как они должны быть детальнее продольного профиля (рис.5.10).

Вопрос 5.8. Проектирование по профилю. Вычисление проектных уклонов и высот пикетов

Сооружение проектируют по профилю, на который наносят проектную линию оси будущего дна канала или полотна дороги. Местность вдоль всей полосы, которая займет будущее сооружение, должна быть выровнена, после чего она приобретает общий наклон или подъем. Проектируемой оси (линии) сооружения придают определенный уклон.

Уклоном i называют отношение превышения h между точками к горизонтальному расстоянию d между ними, т.е:

$$i = \frac{h}{d} \text{ или } i = \operatorname{tg} \nu, \quad (5.22)$$

где ν - угол наклона линии.

Величина допустимых уклонов устанавливается техническими инструкциями. Так, при проектировании каналов уклоны берут в ограниченных пределах, так как предельно малые уклоны могут вызвать заиливание канала, а большие уклоны могут привести к размыву канала.

При нанесении на профиль проектной линии шоссейных дорог требуется, чтобы её уклон не превышал $0,05$.

При известном уклоне можно рассчитать превышение на определенное расстояние:

$$h = i \cdot d \quad (5.23)$$

Отметки точек проектной линии – проектные отметки, или красные отметки, вычисляют по формуле:

$$H_{n+1}^{\text{пр}} = H_n^{\text{пр}} + i \cdot d, \quad (5.24)$$

т.е. проектная отметка последующей точки равна проектной отметке данной точки плюс произведение выбранного уклона на горизонтальное расстояние между точками.

Положение проектной линии может быть определено:

- известными отметками начальной и конечной точек трассы, а также предельными уклонами, допустимыми для строительства данного сооружения;
- известной начальной отметкой трассы и предельными уклонами для данного сооружения;
- минимальным и максимальным значениями уклонов при соблюдении минимального объема земляных работ.

Во всех случаях нужно стремиться проектировать так, чтобы выполнять минимум земляных работ – насыпи и выемок. Соблюдая заданные условия, проектную линию наносят на профиль, по формуле вычисляют проектные отметки для каждого пикета и плюсовой точки, которые записывают в соответствующую графу профильной сетки красной тушью.

Вопрос 5.9. Рабочие отметки. Точки нулевых работ

Дана проектная линия дороги, пересекающая речку (рис.5.11).

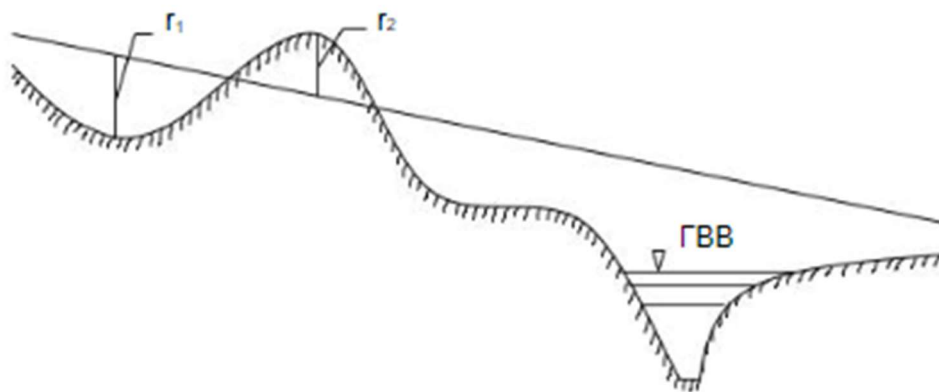


Рис.5.11. Проведение проектной линии через водные препятствия

Очевидно, при проектировании, полотно дороги нужно провести на такой высоте, чтобы "горизонт высоких вод" (ГВВ) не затоплял дорогу. В этом случае отметка полотна дороги будет на 1,5 м выше ГВВ.

Уклоны проектной линии записывают в соответствующую графу.

Разность между отметками проектной линии и поверхности земли называют **рабочими отметками**. Знак "+" указывает на насыпь, "-" – на выемку. На профиле эти зоны раскрашивают: насыпь – красным, выемку – жёлтым цветом.

Точки перехода проектной линии из выемки в насыпь, или наоборот, называют точками **нулевых работ**, их рабочие отметки равны нулю. До этих

точек должно быть определено расстояние от известных соседних точек пикетов или плюсовых точек.

Возьмём один участок (рис.5.12)

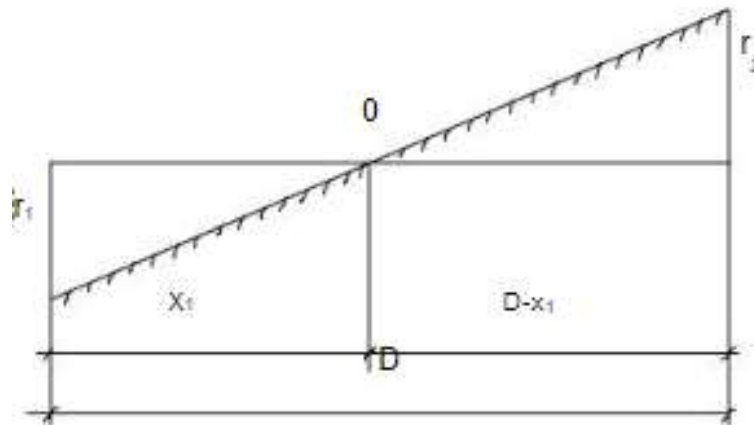


Рисунок 5.12. Точка нулевых работ

x_1 – определяют, исходя из подобия треугольников;
 r_1, r_2 – рабочие отметки, выемки и насыпи;
 D – расстояние между пикетами.

$$\frac{x}{D - x} = \frac{r_1}{r_2}$$

Откуда

$$x = \frac{D \cdot |r_1|}{|r_1 + r_2|} \quad (5.25)$$

Аналогично:

$$D - x = \frac{D \cdot |r_2|}{|r_1 + r_2|} \quad (5.26)$$

Полученные расстояния записывают в графу «расстояния».

Вопрос 5.10. Оформление профиля

В графе «План трассы» наносят ось трассы, на которой показывают изображение кривой по пикетажным значениям точек НК и КК (см. пикетажный журнал). По данным пикетажного журнала показывают ситуацию местности.

Результаты проектирования на профиле оформляют: проектную линию, уклоны в - тысячных, проектные и рабочие отметки - красной тушью; нулевые отметки, вертикальные линии от точек нулевых работ до условного горизонта, отметки точек нулевых работ до ближайших точек профиля - синей тушью.