

ЛЕКЦИЯ 5. «ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ»

5.1. Трассирование линейных сооружений. Стадии проектирования.

Практически любому строительству предшествуют *изыскания* – комплекс экономических, геодезических, геологических, гидрогеологических и других исследований участка предполагаемого строительства с целью получения данных, необходимых для решения задач проектирования, строительства и эксплуатации различных объектов. В результате инженерно-геодезических изысканий составляют топопланы и профили, создают на местности основу для выноса и разбивки проекта в натуре.

При геодезических изысканиях линейных сооружений (дорог, каналов, линий электропередач и т.д.) выполняют трассирование. Под *трассой* понимают ось линейного сооружения, обозначенная на плане, карте или закрепленная на местности. В плане трасса часто состоит из прямолинейных участков, плавно соединяемых между собой кривыми различных радиусов кривизны. В продольном профиле трасса состоит из линий разного уклона, сопрягающихся вертикальными круговыми кривыми.

К трассам предъявляют определенные требования, обусловленные видами проектируемых сооружений. Например, при проектировании дорог с твердым покрытием, прежде всего обращают внимание на плавность и безопасность движения при заданных скоростях движения транспорта. В связи с этим на трассах дорог устанавливают максимально допустимые уклоны и максимальные радиусы кривизны кривых.

Работы по трассированию линейных сооружений разделяются на две стадии:

- стадию проектного задания (камеральное трассирование);
- стадию рабочих чертежей (полевое трассирование).

На стадии проектного задания собирают, анализируют и систематизируют топографо-геодезические материалы на территорию будущей трассы сооружения, при этом особое внимание обращают на высотную часть материалов. Камеральное трассирование производят в нескольких вариантах на картах масштабов 1:5000 - 1:25000 с сечением рельефа горизонталями 1-5 м. При этом делается расчет габаритов линейных сооружений. Подсчитывается объем земляных работ по вариантам, определяют уклоны трассы, выбирают местоположение технического сооружения.

Окончательный вариант трассы линейного сооружения наносится на топографическую карту.

На стадии рабочих чертежей окончательный вариант линейного сооружения трассируют (укладывают) на местности. На местности трасса линейного сооружения определяется положением точек начала и конца оси сооружения, вершин углов поворота, точек пересечения с осями искусственных сооружений (водозаборов, насосных станций и др.).

Трассирование на местности (вынос в натуру) основных точек трассы производится от ближайших пунктов геодезического обоснования.

5.2. Разбивка пикетажа

После вынесения в натуру главных точек по трассе прокладывают теодолитный ход. В процессе проложения теодолитных ходов производят вешение линий между углами поворота трассы, измеряют горизонтальные углы, линии, разбивают пикетаж.

Измерение линий и разбивку пикетажа (пикетов через 100 м, плюсовых точек, поперечников) производят 20-метровой лентой в одном направлении с контролем по нитяному дальномеру.

Разбивка пикетажа по трассе заключается в закреплении точек через каждые 100 м горизонтального расстояния. Такие точки называются **пикетами**.

Закрепляются они в уровень с землей деревянными колышками длиной 20-30 см. Рядом с пикетом ставится второй колышек **сторожок**, выступающий над поверхностью земли. На лицевой стороне сторожка, обращенной к пикетной точке, пишется ее номер.

Начало трассы обозначают пикетом № 0, в результате чего номер каждого пикета обозначает число сотен метров трассы от ее начала. Характерные точки местности (перегибы скатов) отмечают плюсовыми точками, на которых указывают расстояния до ближайших пикетов (например, ПК2+70).

В местах резкого изменения рельефа через 20-100 м, а на равнинных участках через 200-300 м разбивают поперечные профили длиной 40 м (по 20 м в обе стороны). Рис. 2.10.

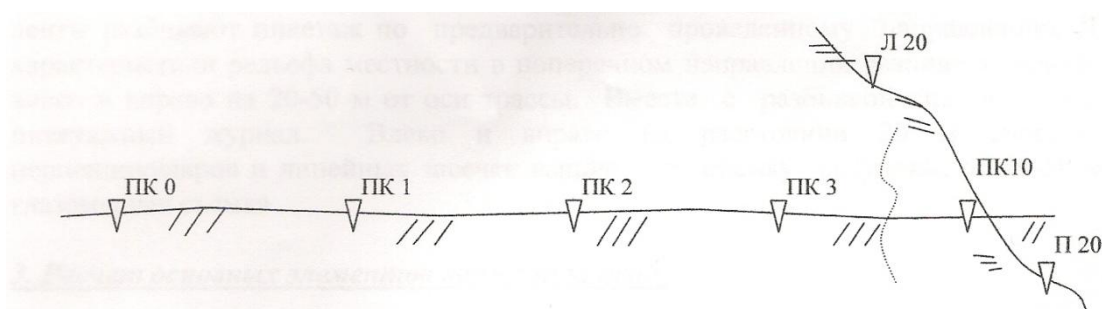


Рис.2.10. Разбивка пикетажа и поперечника

Углами поворота трассы принято считать углы, откладываемые от предыдущего направления ϕ . Для плавного закругления трассы при ее поворотах в углы вписывают кривые - дуги окружностей.

Точки касания ломаных с кривыми обозначают так: начало кривой – НК и конец кривой КК. Точку пересечения биссектрисы угла $180^\circ - \phi$ с кривой – середину кривой обозначают СК. Указанные три точки называют **главными точками кривой**. На трассе их закрепляют и окапывают.

Так как длину трассы измеряют по прямым элементам, а вписанная в угол кривая короче ломаной, то разность пути между ломаной и кривой, называется **домером** и должна учитываться.

Учет домера состоит в том, что после измерения угла поворота и определения элементов кривой мерную ленту перемещают вперед на величину домера. И тем самым счет пути приводят в соответствие с укоротившейся длиной трассы вследствие вставки кривой (рис.2.11)

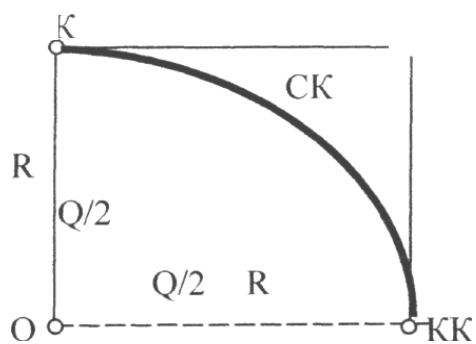


Рис. 2.11. Вставка круговой кривой

5.3. Расчет основных элементов круговой кривой

Как уже говорилось ранее, для плавного закругления трассы при ее поворотах в углы вписывают *круговые кривые*, определяя при этом плановое положение трех главных точек: начала НК, середину СК и конец кривой КК. Положение этих точек определяется в процессе разбивки пикетажа после измерения соответствующего угла поворота.

Для разбивки на местности главных точек кривой НК, СК, КК нужно знать шесть основных элементов круговой кривой (рис.2.12):

- угол поворота трассы φ ;
- радиус кривой R ;
- тангенс T (длину касательной $AB=BC$);
- кривую K (длину кривой AMC);
- домер D ;
- биссектрису B .

Угол поворота трассы φ измеряют теодолитом, а радиус кривой R выбирают из технических нормативов.

По углу поворота φ и радиусу кривой R рассчитывают остальные элементы T , K , B , D . Для получения необходимых формул воспользуемся теоремой о равенстве углов, образованных взаимно перпендикулярными сторонами, представив угол поворота φ в центре кривой O с радиусом R , перпендикулярным к тангенсам T .

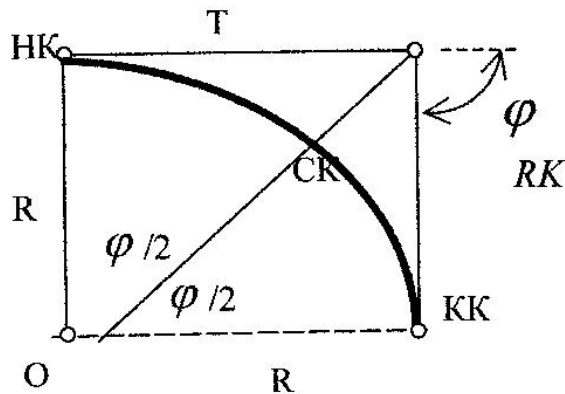


Рис.2.12. Элементы круговой кривой

Тангенс T получим из треугольника ABO по формуле:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}.$$

Кривую K определим из соотношения

$$\frac{K}{2\pi R} = \frac{\varphi}{360^\circ}$$

Следовательно

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R.$$

Домер представляет собой разность между длиной ломаной ABC и кривой AMC, т.е.

$$D = 2T - K.$$

Биссектриса

$$Б = OB - OM = \frac{R}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R = R(\sec \frac{\varphi}{2} - 1).$$

5.4. Нивелирование трассы и поперечников

После выноса трассы в натуру (т.е. закрепление на местности углов поворота трассы), разбивки пикетов, плюсовых точек, поперечных профилей, главных точек кривой и выноса пикетов на кривые производят нивелирование трассы в процессе которого определяют высоты перечисленных точек.

Нивелирование производят методом из середины с контролем на станции (определяя превышения по черным и красным сторонам реек).

При нивелировании трассы пикеты обычно являются *связующими точками*, а плюсовые точки (т.е. характерные точки местности (перегибы скатов), например ПК 1+80) - *промежуточными*.

На связующие точки берут отсчеты с двух смежных станций по черным и красным сторонам реек, в результате на каждой станции получается два значения превышения, из которых затем вычисляют среднее.

На промежуточные точки отсчеты берут с одной станции только по черной стороне рейки.

При нивелировании на крутом и однородном скате может случиться так, что визирный луч «бьет» в землю или идет выше реек. В таких случаях делают две или несколько станций с дополнительными связующими точками, называемыми *иксовыми*, так как расстояния до них не измеряются.

Для того, чтобы получить профиль местности в направлении перпендикулярном к направлению трассы, производят нивелирование поперечных профилей. Если условия местности позволяют, то все точки местности на поперечных профилях нивелируют как промежуточные. Если по условиям местности одновременного нивелирования пикетов и точек на поперечных профилях произвести нельзя, то точки на поперечных профилях нивелируют с нескольких станций, как с нивелирного хода, привязанного к трассе.

5.5. Построение продольного и поперечного профиля

Нивелирование трассы завершают графическим оформлением наблюдений составлением профиля трассы по данным журнала нивелирования и пикетажной книжки.

Профиль строят на миллиметровой бумаге, на которой все размеры откладывают без измерителя. Для придания профилю лучшей наглядности линию профиля утрируют, то есть наносят высоты в более крупном масштабе (обычно в 10 раз), чем горизонтальные проложения (например, 1:10000 и 1:1000, 1:5000 и 1:500 и т.д.).

Поперечные профили составляют в одном масштабе для горизонтальных и вертикальных расстояний.

Построение профиля начинают с расчета расположения линии условного горизонта на миллиметровой бумаге. Ниже линии условного горизонта делают разграфку параллельными линиями для записи необходимых данных (профильную сетку).

Профиль строят в следующем порядке.

Заполнение графы «Расстояния». В этой графе в принятом горизонтальном масштабе откладывают расстояния между пикетными точками. В масштабе 1:5000 стометровые расстояния между соседними пикетами будут изображены отрезками в 2 см. В промежутках между пикетами наносят в том же масштабе плюсовые точки и подписывают расстояния между ними и соседними пикетными точками. Если между пикетами нет плюсовых точек, то расстояние 100 м не пишется. Иксовые точки на профиль не наносят. Затем под этой графой подписать пикетов.

Заполнение графы «Высоты земли». В эту графу записывают из журнала вычисленные высоты пикетных и плюсовых точек с округлением их до сотых долей метра. Например, если вычисленная по журналу высота ПК 0 равна 86,546, то на профиле против ПК 0 нужно подписать 86,55.

Нанесение пикетных и плюсовых точек по их высотам. Высоты всех точек откладывают от линии условного горизонта на вертикалях, проведенных через эти точки, в выбранном вертикальном масштабе. Соединив по линейке построенные точки, получают профиль трассы.

Заполнение графы «План прямых и кривых». В этой графе наносят точки начала и конца кривых. От начала каждой кривой до ее конца проводят условные дуги. Если трасса поворачивает вправо, дугу проводят вверх. Если трасса поворачивает влево - вниз. Около дуг выписывают все элементы кривой (φ , R, T, K, Б, Д).

Отрезки прямых линий между концом предыдущей кривой и началом последующей кривой называют прямыми вставками. На середине каждой прямой вставки выписывают ее длину, а под ней ее румб. Румб исходной линии трассы получают привязкой к пунктам имеющейся геодезической сети.

Контролем расстояний служит сумма длин всех прямых вставок и кривых, которая должна быть равна длине всей трассы.

Составление ситуации (плана местности). План местности наносят по пикетажной книжке в принятом для данного профиля горизонтальном масштабе в соответствующей графе профильной сетки. Посередине плана местности проводят ось трассы красным. В точках поворота трассы показывают стрелками направления поворота. План оформляется в соответствии с условными знаками для данного горизонтального масштаба.

Построение поперечников. Поперечные профили строят над теми пикетами, от которых они построены на местности.

Оформление чертежа выполняют тушью.

5.6. Проектирование по профилю

Линию проектного профиля дороги строят на продольном профиле, руководствуясь техническими условиями на проектирование и строительство соответствующих дорог, в которых указаны предельный уклон дороги, минимальные высоты дорожной насыпи и другие обязательные условия проектирования.

Проектный профиль будущей дороги, состоит из отрезков прямых разной длины, направлений и уклонов. Места перелома проектного профиля отмечены в графе «Проектные уклоны» вертикальными прямыми, делящими эту графу на прямоугольники. Внутри прямоугольников в соответствии с направлением уклона данного участка проектной линии проводят диагонали. Над каждой диагональю вписывают величину уклона i (выраженную в тысячных), а под ней - длину участка в метрах.

Численные значения высот точек проектной линии называют *проектными* (или красными). Проектные отметки H_H и H_K начальной и конечной точки данного участка проектной трассы определяют по профилю графически с учетом требуемой высоты насыпи или выемки, а уклон этого участка вычисляют по формуле:

$$i = \frac{H_K - H_H}{d},$$

где d - длина участка.

Полученное значение i округляют с требуемой точностью, затем вычисляют окончательное значение отметки H_K по формуле

$$H_K = H_H + id$$

и записывают его в графу «Проектные высоты».

Проектные высоты всех промежуточных точек данного участка (пикетов и плюсовых точек) последовательно рассчитывают по формуле

$$H_{j+1} = H_j + id_j,$$

где i –проектный уклон данного участка, d_j – длина участка, м.

Разность между проектными высотами и высотами земли называют рабочими высотами (отметками) и вычисляют по формуле:

$$h_{раб} = H_{П} - H_{зем}.$$

Положительное значение $h_{раб}$ (высота насыпи) записывают над линией профиля, отрицательное (глубина выемки) – под линией профиля.

Точка пересечения проектной линии с линией земли называется точкой нулевых работ (рис.2.13), здесь $h_{раб}=0$.

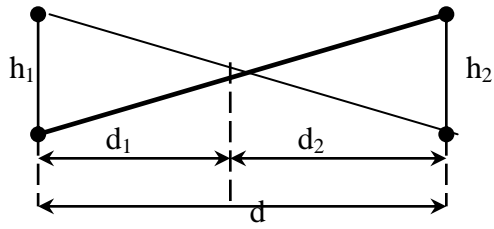


Рис. 2.13. Определение расстояний до точки нулевых работ

При проектировании по профилю определяют расстояние от точки нулевых работ до ближайших пикетов или плюсовых точек по формулам:

$$d_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} d ,$$

где d – расстояние между ближайшими точками;
 h_1 и h_2 – модули рабочих высот.