

## Лекция №3

### Тема: "Проектирование плана трассы автомобильной дороги"

При проектировании автомобильных дорог, разрабатываются в числе прочих три основных рабочих документа:

План трассы – (вид сверху) или горизонтальная проекция дороги.

Продольный профиль – вертикальное сечение дороги по оси трассы.

Поперечные профили – вертикальное сечение дороги, перпендикулярное её оси.

Положение оси автомобильной дороги на местности называется трассой.

Для лучшей ориентировки трассу делят на километры и на стометровые отрезки, называемые пикетами. Пикеты и километры последовательно нумеруют.

### 3.1 ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНА ДОРОГИ

Автомобильные дороги должны обеспечивать перевозку грузов и пассажиров с удобством, минимальной затратой энергии, вырабатываемой двигателями, и при малой стоимости перевозок. Казалось бы, по этим требованиям лучше всего может удовлетворить дорога, построенная по прямой линии, соединяющей заданные точки. Однако с тропить дорогу по кратчайшему направлению препятствуют элементы рельефа земной поверхности (горы, овраги), водные преграды (болота, озера, реки), заповедники, необходимость проведения дороги через заданные промежуточные пункты и места примыкания к городам, участки, удобные для пересечения рек, железных и автомобильных дорог, В также нецелесообразность проложения дороги по высокоплодородным землям, ценным для сельского хозяйства.

Как можно видеть на рис. П.1, необходимость перейти реку на прямом участке с удобным подходом к мосту по пологим склонам оврага, желание обойти населенный пункт и избежать пересечения оврага заставили при проложении дороги отклониться от кратчайшего прямого направления и наметить дорогу в виде ломаной линии.

Для удобства и безопасности движения автомобилей изломы дороги смягчают, вписывая в их углы дуги окружности или кривые с постепенно изменяющимся радиусом кривизны (переходные кривые).

Удлинение дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуют коэффициентом развития, или коэффициентом удлинения, равным отношению фактической длины дороги к длине прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты («воздушной линии»).



Рис. П.1. Проложение трассы дороги в плане

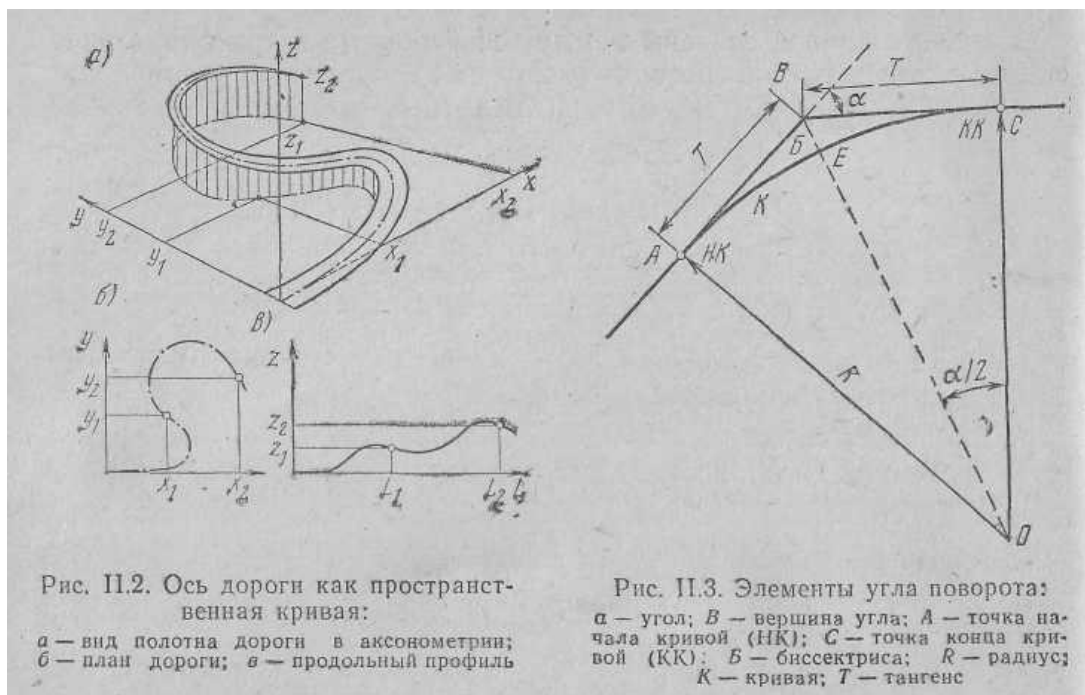


Рис. П.2. Ось дороги как пространственная кривая:

а — вид полотна дороги в аксонометрии;  
 б — план дороги; в — продольный профиль

Рис. П.3. Элементы угла поворота:  
 $\alpha$  — угол; В — вершина угла; А — точка начала кривой (НК); С — точка конца кривой (КК); Б — биссектриса; R — радиус; К — кривая; Т — тангенс

Положение геометрической оси дороги на местности называется ее трассой. Поскольку трасса при обходе препятствий, на подъемах на холмы и спусках в понижения местности меняет свое направление в плане и профиле, она является пространственной линией (рис. П.2).

Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе, называют планом трассы.

Каждое изменение направления трассы определяется углом поворота, который измеряют между продолжением направления трассы и новым ее направлением. Углы поворота последовательно нумеруют вдоль дороги — по ходу трассы. Чтобы запроектированную трассу можно было точно воспроизвести на местности, ее ориентируют относительно сторон света. Для этого вычисляют румбы прямых участков трассы (см. рис. П.1).

Различают следующие геометрические элементы закруглений (рис. П.3): угол  $\alpha$ , радиус R, кривую K, тангенс T, биссектрису Б.

Так как при изысканиях длину трассы измеряют по направлениям тангенсов, то в пределах кривой возникает ошибка в оценке длины дороги, поскольку измеряемая ломаная линия ABC (см. рис. П.3) больше, чем дуга АЕС. Чтобы исправить эту ошибку, при измерении длины дороги на каждой кривой вводят поправку, называемую домером Д.

Элементы кривой связаны между собой простыми тригонометрическими соотношениями, которые могут быть получены из рис. П.3:

Для удобства определения длин кривых и разбивки их на местности имеются специальные таблицы.

Выбор направления трассы автомобильной дороги

Выбор положения трассы дороги является самым ответственным этапом проектирования, поскольку оказывает значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатации дорог, удобство и безопасность движения, степень влияния дороги на окружающую среду.

Существует два метода нанесения трассы автомобильной дороги:

**1.Метод гибкой линейки (клотоидное трассирование)**

**2.Традиционный метод (полигонное трассирование)**

Метод клотоидного трассирования состоит в том, что на карте, сообразуясь с рельефом и ситуацией вписывают плавную линию от руки либо с помощью специальной гибкой линейки – сплайна. Затем по шаблонам клотоидных кривых устанавливают радиус R и параметры (элементы кривых).

Метод гибкой линейки позволяет наносить наиболее оптимальные варианты трассы, обеспечивающие лучшее сочетание с окружающим ландшафтом, поэтому его применяют как основной при ручном и автоматизированном проектировании плана трассы.

### ***Традиционный метод:***

1. Начальный и конечный пункты трассы соединяют прямой, которая называется воздушной линией.

2. Устанавливают контрольные точки, через которые должна пройти трасса при обходе препятствий.

3. Через контрольные точки наносят ломаный магистральный ход (полигон).

4. Измеряют углы поворота (их измеряют между продолжением трассы и новым направлением).

5. Вписывают кривые в плане.

### **Геометрические элементы плана трассы автомобильной дороги.**

Трассу по возможности следует располагать:

- ближе к магистральной линии (по-возможности сокращать протяжённость автомобильной дороги);

- огибать крупные формы рельефа, что сокращает объёмы земляных работ и придаёт автомобильной дороге гармоничную сочетаемость с элементами ландшафта;

- обходить населённые пункты;

- ценные земли;

- неблагоприятные по инженерно-геологическим условиям участки (болота, пучинистые грунты и т.д.)

- в районах с частыми снежными и песчаными заносами необходимо учитывать направление господствующих ветров так, чтобы обеспечить незаносимость дороги.

После того, как на карту нанесён магистральный ход, для придания трассе автомобильной дороги плавности, в местах поворотов магистральной линии вписываются кривые.

Для автомобильных дорог:

1 технической категории при  $R > 3000$  м и

2-5 технической категории при  $R > 2000$  м

вписываются круговые кривые.

Для автомобильных дорог:

1 технической категории при  $R < 3000$  м и

2-5 технической категории при  $R < 2000$  м

вписываются переходные кривые с круговой вставкой.

Расчёт элементов круговых кривых (рис.1)

$\alpha$  [градусы] – угол поворота.

Угол между прежним и новым направлением трассы. Измеряется транспортиром на плане трассы с точностью до 0,5 градуса.

$R$  [м] – радиус кривой в плане.

Минимальное значение определяется исходя из технической категории автомобильной дороги.

$T_0$  [м] – тангенс круговой кривой.

Расстояние от точки перелома магистрального хода до точек начала и конца кривой. Рассчитывается по формуле:

$$T_0 = R \times \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$B_0$  [м] – биссектриса круговой кривой.

Расстояние от точки перелома магистрального хода до середины кривой. Рассчитывается по формуле:

$$B_0 = R \times \left( \sec\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1 \right)$$

$K_0$  [м] – длина круговой кривой. Рассчитывается по формуле:

$$K_0 = R \times \alpha$$

где:  $\alpha$  – угол поворота в радианах;

$D_0$  [м] – домер круговой кривой.

Величина, показывающая насколько меньше длина круговой кривой, соединяющей две точки, чем расстояние между этими точками, измеренное по направлениям магистрального хода. Рассчитывается по формуле:

$$D_0 = 2T - K$$

Расчет элементов переходных кривых с круговой вставкой (рис.1)

$L$  [м] – длина переходной кривой.

Минимальные значения длин переходных кривых определены нормативной литературой, в зависимости от значения радиусов круговых кривых.

$\beta$  [градусы; радианы] – угол поворота переходной кривой. Рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{L}{2R}$$

$\gamma$  [градусы] – центральный угол.

Угол, стягивающий круговую вставку, с вершиной в центре кривой. Для вписания переходных кривых с круговой вставкой должно выполняться условие:

$$\alpha - 2\beta > 0$$

где:  $\beta$  [градусы];

$\rho$  [м] – приращение радиуса. Рассчитывается по формуле:

$$\rho = \frac{L}{12} \times \beta - \frac{L}{336} \times \beta^3 + \frac{L}{15840} \times \beta^5 - \dots$$

где:  $\beta$  [радианы];

$t$  [м] – приращение тангенса. Рассчитывается по формуле:

$$t = \rho \times \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{L}{2} - \frac{L}{60} \times \beta^2 + \frac{L}{2160} \times \beta^4 - \dots$$

где:  $\beta$  [радианы];

Бп [м] – биссектриса переходной кривой.

Показывает, насколько изменилось расстояние между точкой перелома магистрального хода и серединой круговой вставки после вписания переходных кривых. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Бп} = \text{Бо} + \rho \times \sec\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Тп [м] – тангенс переходной кривой.

Расстояние от точки перелома магистрального хода до точек начала и конца кривой. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Тп} = \text{То} + t$$

Дп [м] – домер переходной кривой.

Величина, показывающая насколько меньше длина переходной кривой, соединяющей две точки, чем расстояние между этими точками, измеренное по направлениям магистрального хода. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Дп} = \text{До} + 2 \times \left(t - \frac{1}{2}L\right)$$

Кп [м] – длина переходной кривой. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Кп} = \text{Ко} + L$$

На основании расчётов элементов кривых составляется ведомость углов поворота, прямых и кривых. (рис.2).

Значение радиуса кривой в плане определяется по формуле:

$$R = \frac{V^2}{g(\mu \pm i)}$$

где:  $V$  – расчетная скорость автомобилей;  
 $g$  – ускорение свободного падения;  
 $m$  - коэффициент поперечной силы;  
 $i$  - поперечный уклон проезжей части.

Коэффициент поперечной силы ( $m$ ), учитывает влияние на автомобиль и пассажиров центробежной силы.

при  $m < 0,10$  – кривая пассажирами не ощущается;

при  $m = 0,20$  – ощущается и пассажир испытывает неудобства;

при  $m = 0,30$  – въезд с прямого участка на кривую ощущается как толчок, наклоняющий пассажиров в бок;

при  $m > 0,6$  – автомобиль может опрокинуться.

Нормами на проектирование автодорог установлены значения допустимых в трудных условиях наименьших радиусов кривых в плане для различных категорий дорог.

При назначении радиусов кривых необходимо стремиться к максимально возможному в условиях данного угла поворота радиусу.

Там, где условия позволяют, следует назначать радиусы равные или более 3000 м, условия движения по которым не отличаются от условий на прямых участках.

Ландшафтное проектирование – проложение дороги на местности, обеспечивающее плавность сопряжения между собой элементов трассы и гармоничное сочетание дороги с окружающим ландшафтом.

Ландшафт – исторически сложившиеся в результате развития природы и деятельности человека комплекс рельефа, грунтовых пород, поверхностных и грунтовых вод, почв и растительности.

Согласно рекомендациям по ландшафтному проектированию:

-кривые в плане и продольном профиле следует совмещать, при этом кривые в плане должны быть на 100-150 метров длиннее кривых в продольном профиле;

-следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле, расстояние между ними должно быть не менее 150 метров;

-радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза.

**Контрольные вопросы:**

- 1. Проектирование плана трассы;**
- 2. Геометрические элементы горизонтальной кривой.**