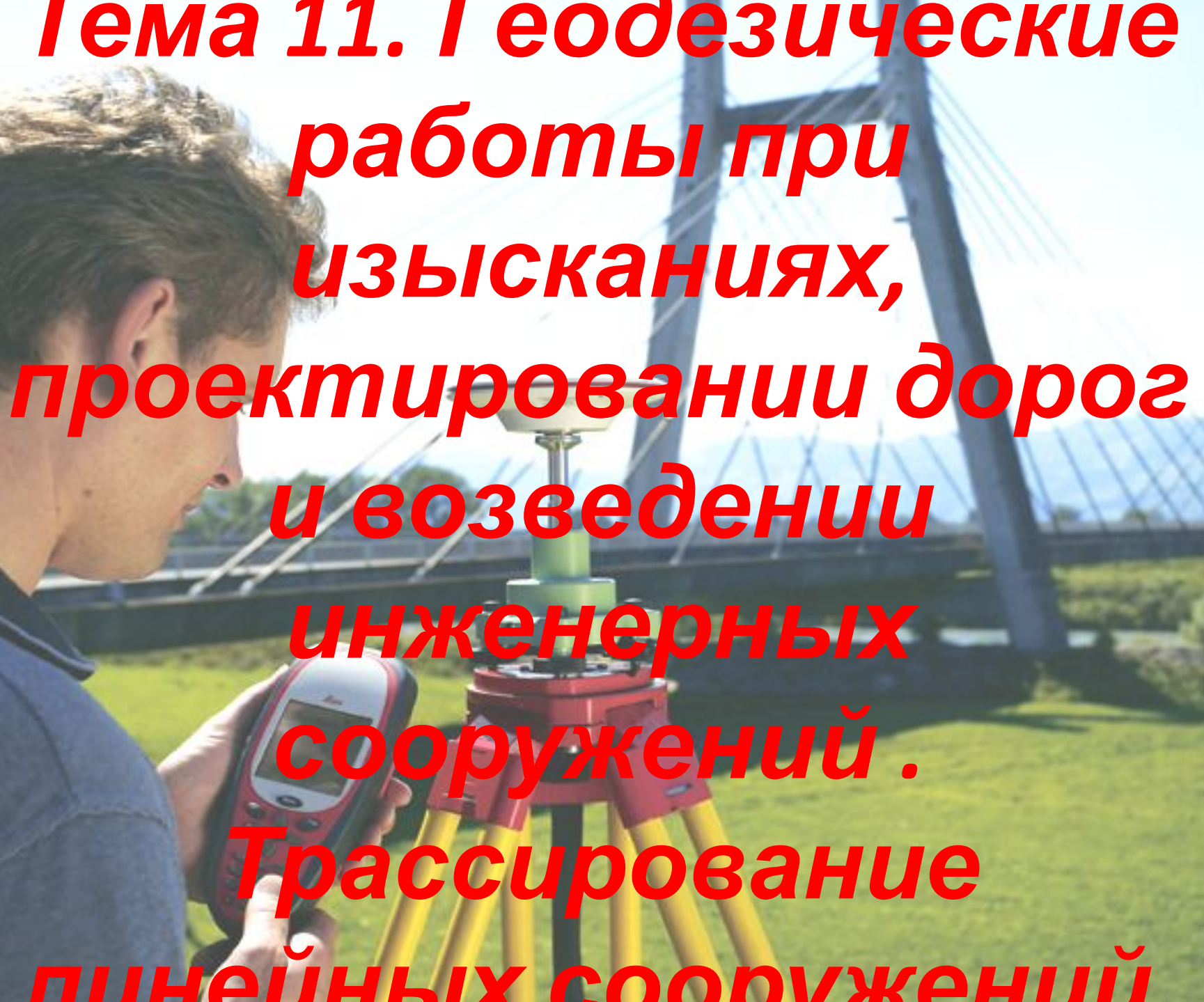


**Тема 11. Геодезические
работы при
изысканиях,
проектировании дорог
и возведении
инженерных
сооружений.
Трассирование
линейных сооружений**

A photograph of a surveyor in profile, wearing a blue shirt, looking at a handheld GNSS receiver. In the foreground, a red and green GNSS receiver is mounted on a yellow tripod. The background shows a large cable-stayed bridge with blue towers and white cables, set against a clear blue sky and green grass.

Линейными называют такие сооружения, которые имеют большую протяженность при сравнительно малой ширине.

К таким сооружениям относят *железные и автомобильные дороги, линии электропередач, связи, водопровода, канализации, теплотрассы, газопроводы и другие виды трубопроводов, каналы и плотины.*

Обычно осевую линию линейного сооружения называют **трассой**, а выбор ее направления и положения на карте или на местности называют **трассированием**.

Трассирование по карте называют **камеральным**, а трассирование на местности – **полевым**.

Основными элементами трассы являются ее план и профиль.

Планом трассы называют ее проекцию на горизонтальную плоскость, а **продольным профилем** называют уменьшенное изображение вертикального разреза по проектируемой линии сооружения.

План трассы состоит из прямых участков разного направления, которые сопрягаются между собой горизонтальными кривыми различных радиусов.

Продольный профиль трассы состоит из линий различных уклонов, соединяющихся между собой вертикальными кривыми.

В зависимости от назначения трасса должна удовлетворять основным техническим условиям на ее проектирование.

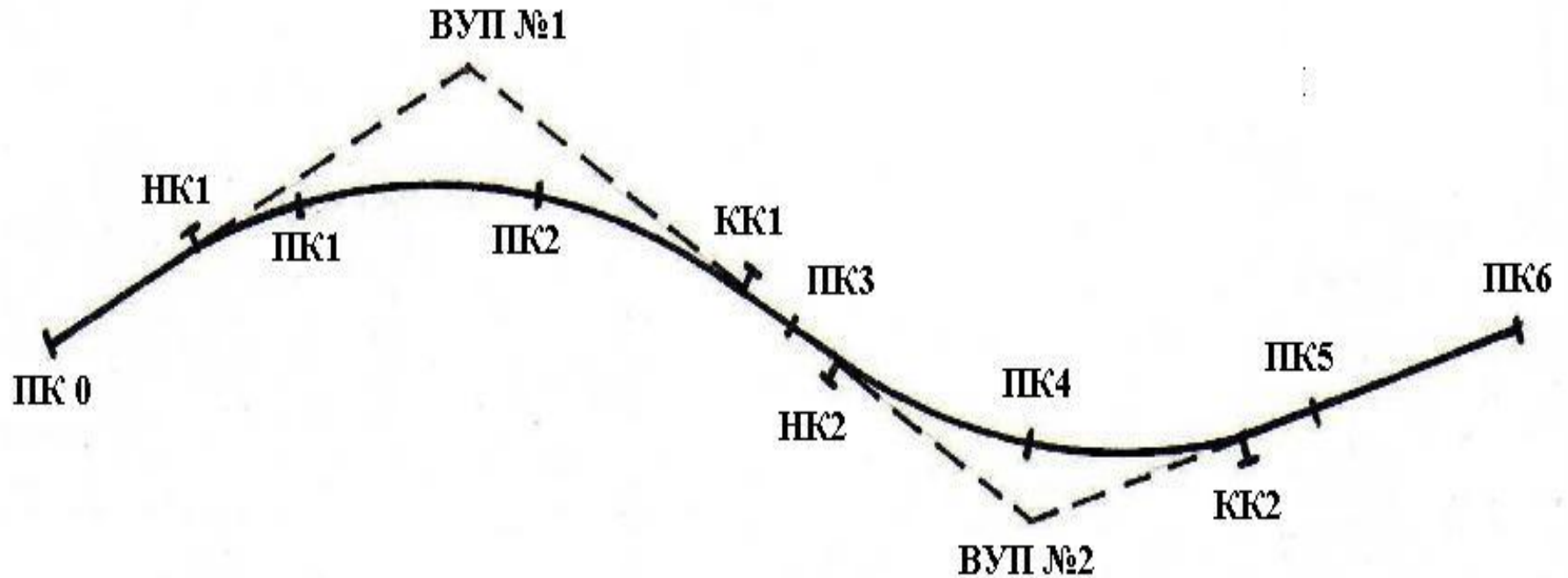
В частности трасса для *железных и автомобильных* дорог должна обеспечивать плавность и безопасность движения с расчетными скоростями.

Поэтому на дорожных трассах устанавливают максимально допустимые уклоны и минимально возможные радиусы кривых.

На трассах магистральных железных дорог I и II категорий допустимый уклон *не должен быть более 0,012 (12‰)*, а на железных дорогах местного значения – *0,020 (20‰)*. На автомобильных дорогах допустимые уклоны могут быть *от 0,040 до 0,090*.

Минимально допустимые радиусы круговых кривых на железных и автомобильных дорогах должны быть от *60 до 400 метров* в зависимости от категории дороги, а радиусы вертикальных кривых колеблются в более широком диапазоне – *от 200 до 10000 метров* в зависимости от направления кривой (вогнутая или выпуклая) и вида сооружения.

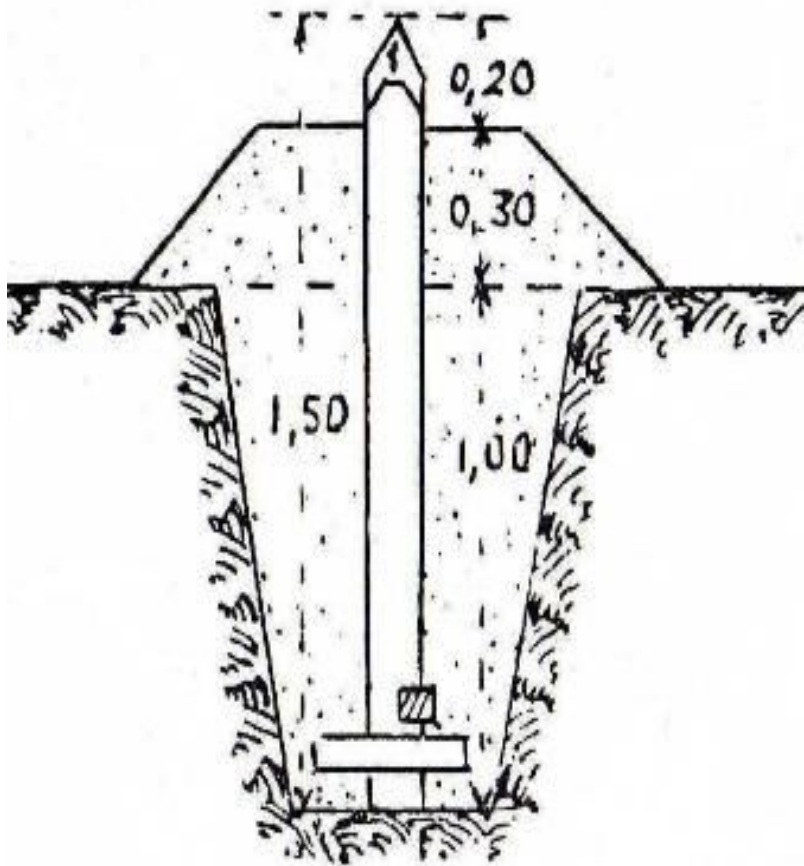
Вынесение положения трассы с карты на местность называют ***разбивкой трассы***.



При разбивке трассы выполняют следующие геодезические работы:

- *закрепление вершин углов поворота трассы;*
- *вешение прямолинейных участков трассы между вершинами углов поворотов;*
- *измерение длин линий и углов поворота трассы;*
- *разбивка круговых и переходных кривых;*
- *разбивка пикетажа, плюсовых точек и точек поперечников;*
- *съёмка полосы местности вдоль трассы;*
- *нивелирование трассы;*
- *привязка трассы к пунктам опорной геодезической сети;*
- *гидрометрические работы для изысканий мостовых переходов.*

Направление трассы на местности выбирают или назначают по привязкам к местным предметам, по магнитному азимуту линии, измеренному на карте или по привязкам к пунктам геодезической опорной сети.



Выбранные на местности вершины углов поворота трассы закрепляют деревянными столбами. На кривых закрепляются столбами начало, середина, конец кривой и точки сопряжения круговой и переходной кривой.

Линии трассы измеряют рулетками или дальномерами в прямом и обратном направлении с предельной относительной погрешностью 1:1000 – 1:2000.

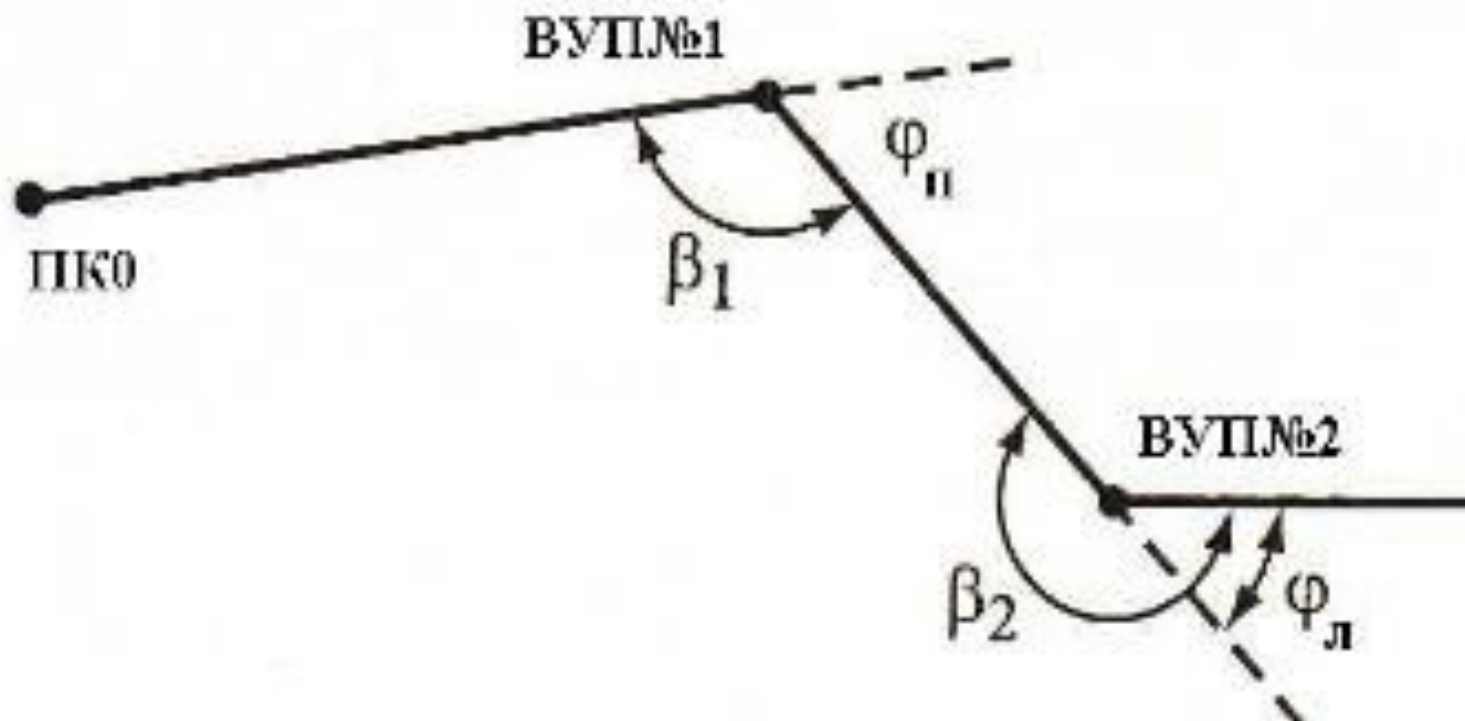
На участках трассы с наклоном более 2° в непосредственно измеренные длины вводят поправки за наклон со знаком плюс.

На вершинах поворотов трассы теодолитом способом приемов измеряют углы.

По измеренным *правым* по ходу углам (β),
вычисляют углы поворота трассы (φ) по
формулам:

$$\varphi_{\text{п}} = 180^\circ - \beta_1$$

$$\varphi_{\text{л}} = \beta_2 - 180^\circ$$



называется угол между продолжением предыдущего и последующим направлением трассы.

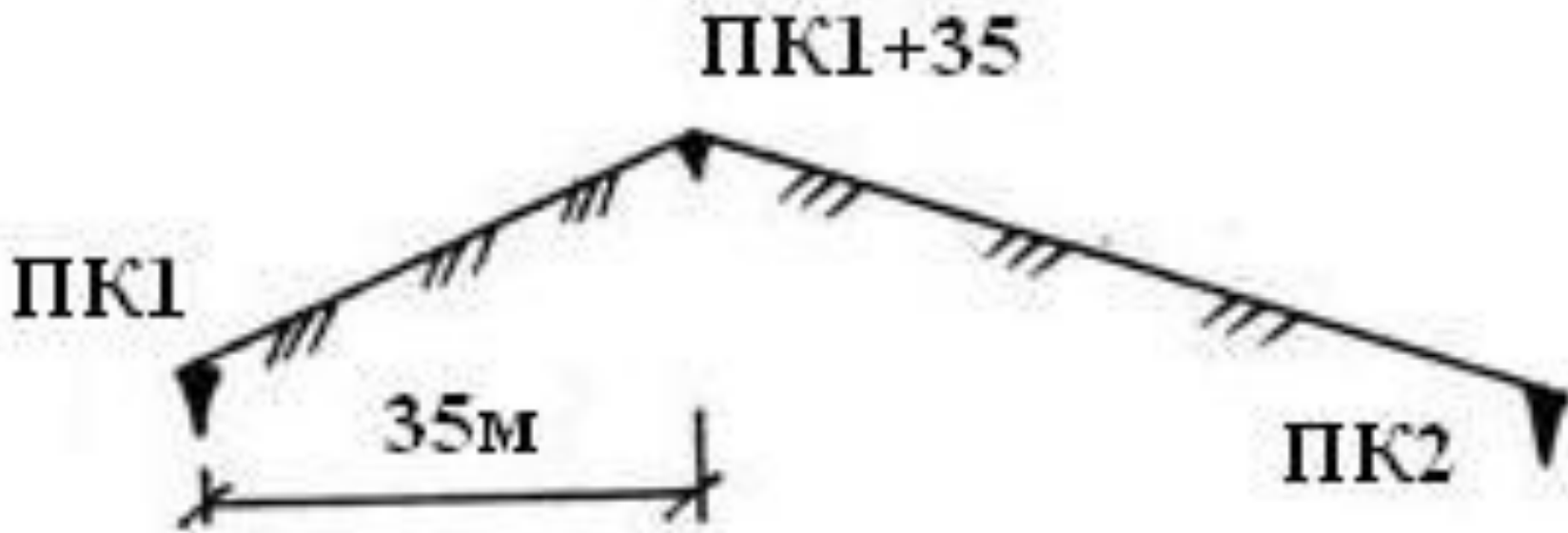
При этом, если значение измеренного угла β меньше 180° , то угол поворота трассы будет правый, а если угол β больше 180° , то угол поворота будет левый.

Перед измерением длин линий трассы проводят вешение прямолинейных участков трассы между вершинами углов поворота.

Одновременно с измерением длин линий в прямом направлении через каждые 100 метров по оси трассы закрепляют пикеты.

Пикеты обозначают двумя колышками, один из которых забивают вровень с землей и называют **точкой**, а второй длиной около 40см забивают в землю на половину его длины и называют **сторожкой**.

Кроме пикетов по оси трассы обозначают еще **характерные точки**, а именно: *перегибы поверхности земли, урезы воды, пересечения трассы линиями связи, ЛЭП, с другими дорогами, начало и конец криволинейных участков и т. Д.*



Одновременно с разбивкой пикетажа на косогорных участках разбивают поперечники длиной 20-50 метров в обе стороны от оси трассы.

При разбивке пикетажа обычно на миллиметровой бумаге в масштабе 1:2000 ведется пикетажный журнал.

В пикетажном журнале наносят выпрямленную линию оси трассы с пикетными и плюсовыми точками, вдоль которой показывают поперечники, абрис съемки ситуации, привязку к реперам, элементы кривых и другие данные.

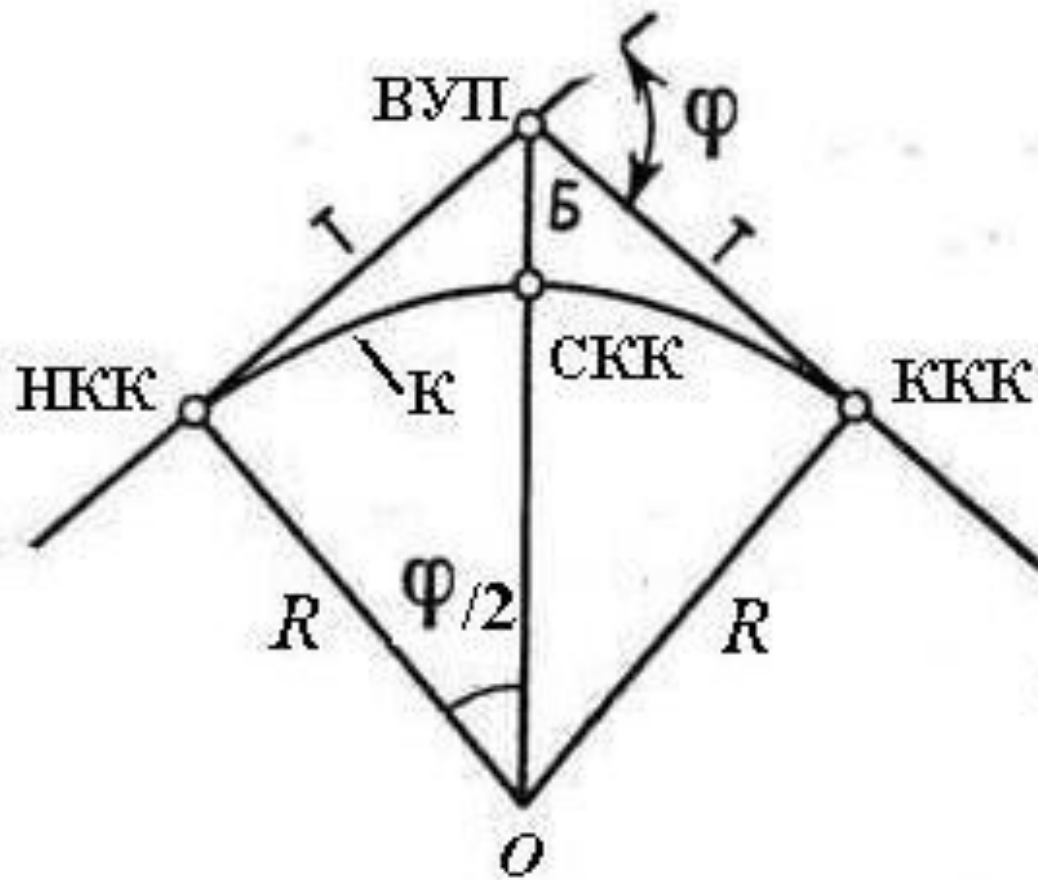
Круговые кривые, их элементы и главные точки.

Разбивка главных точек круговых кривых.

Кривые могут иметь форму круговой или суммарной кривой.

Суммарная кривая состоит из двух переходных кривых и круговой кривой.

Круговая кривая – это дуга окружности, вписанная в угол, образованный двумя смежными линиями трассы.



Круговая кривая имеет *три главные точки* и *шесть элементов*.

Главными точками круговой кривой являются:

- начало круговой кривой (НКК),
- конец круговой кривой (ККК),
- середина круговой кривой (СКК).

Элементы кривой:

- ✓ угол поворота трассы (φ);
- ✓ радиус круговой кривой (R);
- ✓ расстояние от вершины угла поворота (ВУП) до начала или конца кривой, которое называется тангенс (T);
- ✓ длина кривой, расстояние от ее начала до ее конца (K);
- ✓ расстояние от вершины угла поворота до середины кривой, которое называется биссектриса кривой (B);
- ✓ домер, показывающий, на сколько путь от начала до конца кривой по касательной больше чем по кривой (D).

Угол поворота трассы (φ) измеряют при трассировании, а величину радиуса кривой (R) выбирают в соответствии с техническими условиями.

$$T = R \operatorname{tg} \varphi/2$$

$$K = \pi R \varphi^0 / 180^0$$

$$Б = R / \cos \varphi/2 - R$$

$$Д = 2T - К$$

Расчет пикетажных значений главных точек круговой кривой.

Для разбивки трассы необходимо знать пикетажное положение главных точек кривой:

$$\text{НКК} = \text{ВУП} - T$$

$$\text{СКК} = \text{НКК} + K/2$$

$$\text{ККК} = \text{НКК} + K$$

Контроль:

$$\text{ККК} = \text{НКК} + T - D$$

$$\text{СКК} = \text{ВУП} - D/2$$

Пример: вершина угла поворота (ВУП)

находится в точке ПК4 + 28,30, а элементы кривой

равны: $\alpha = 24^{\circ}30'$; $R = 400\text{м}$; $T = 86,85\text{м}$;

$K = 171,04\text{м}$; $B = 9,32\text{м}$; $D = 2,65\text{м}$

Вычисление пикетажа

ВУП.....ПК4 + 28,30
- Т.....86,85

НKK.....ПК3 + 41,45
+ К.....ПК1 + 71,04

KKK.....ПК5 + 12,49
НKK.....ПК3 + 41,45
+ К/2.....85,42

СКК.....ПК4 + 26,97

Контроль

ВУП.....ПК4 + 28,30
+ Т.....86,65

ΣПК5 + 15,15
- Д.....2,65

KKK.....ПК5 + 12,50
ВУП.....ПК4 + 28,30
- Д/2.....1,32

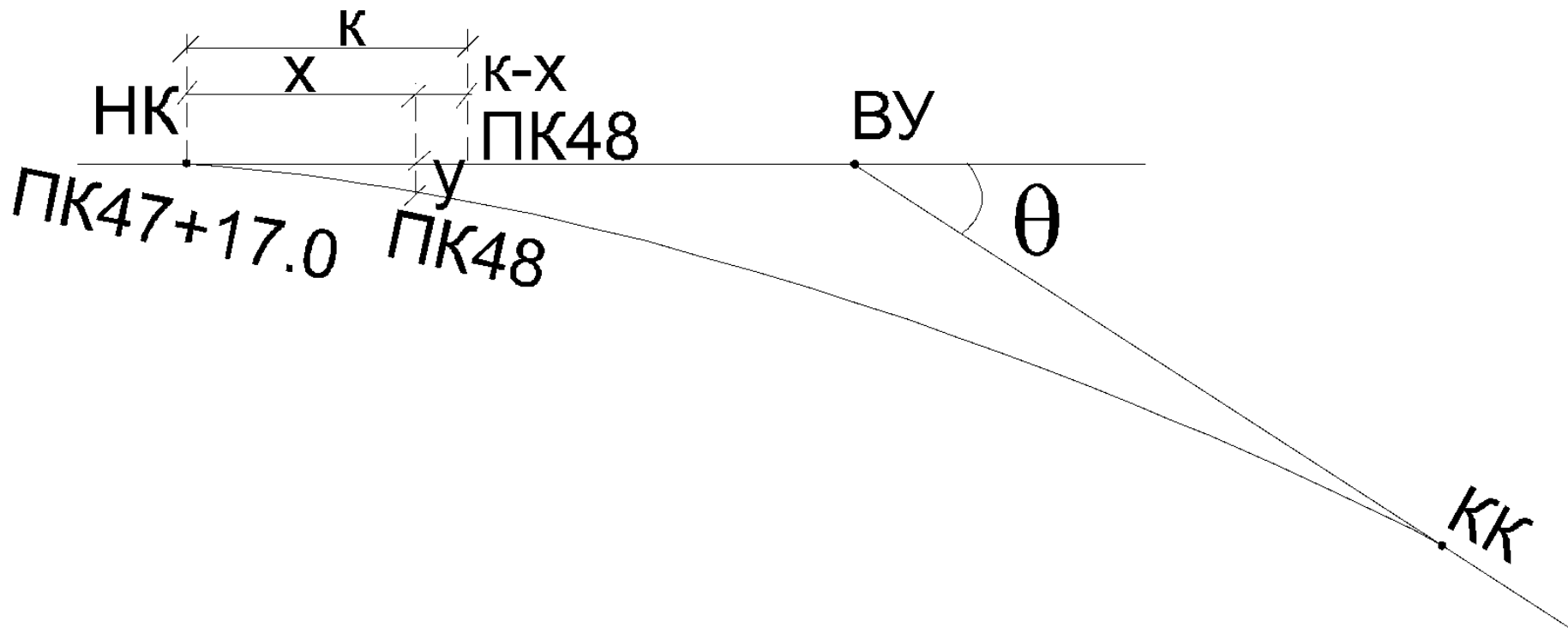
СКК.....ПК4 + 26,98

Детальная разбивка кривых.

При детальной разбивке кривую закрепляют на местности через 10 или 20 м, применяя разные способы:

- способ прямоугольных координат,*
- способ углов,*
- способ продленных хорд.*

Вынос точек с касательной на кривую способом прямоугольных координат.



За ось абсцисс принимают линию тангенса (касательную), за начало координат – начало кривой.

Задавшись удалением K промежуточной точки кривой от начала координат, находят центральный угол ψ по формуле:

$$\psi = \frac{K}{R} \rho$$

По нему вычисляют прямоугольные координаты точек 1, 2, ..., n по формулам:

$$x_i = R \sin(i \cdot \psi);$$

$$y_i = R(1 - \cos(i \cdot \psi)),$$

где i – текущий номер точки кривой.

Вместо абсциссы часто пользуются величиной $(K - x)$ – кривой без абсциссы. Величины $(K - x)$ и y даются в таблицах и выбираются по аргументу K .

Для разбивки точки сначала откладывают вдоль касательной величину K , а затем, отступив назад на величину $(K - x)$, фиксируют временную точку и строят в ней перпендикуляр. На нем откладывают ординату y , в конце которой закрепляют точку кривой.