Описание инструментов MarkProgs v.2.1.

1. Определение пикетажа (ПК) и смещения (δ) по координатам ПЗ.

Задача состоит в том, чтобы определить расстояние от точки до перпендикуляра к оси трассы («дельта» - δ) и расстояние вдоль оси до данного перпендикуляра («приращение пикетажа» - ΔПК).

1.1. Пикетаж и смещение на прямой.

«Прямая» - прямой участок трассы пути или тоннеля. На нем обычно совпадают разбивочная ось, ось пути и ось тоннеля (но не всегда).

На прямой все просто.

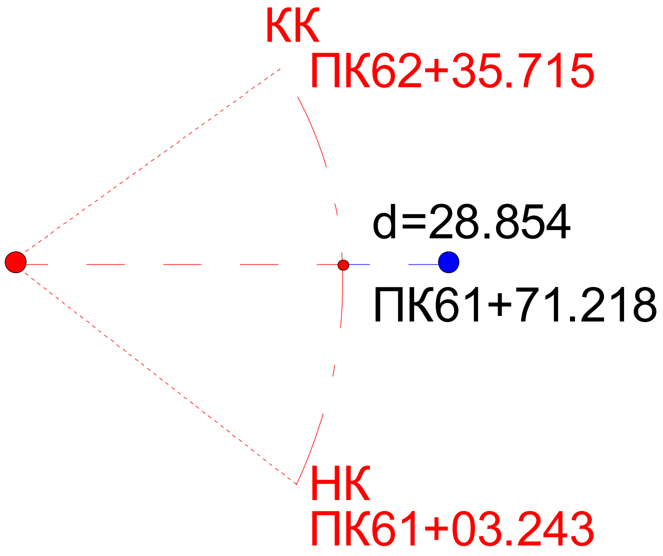
$$ПК = ПК_{пк} + ΔПК =$$
$$= ПК_{пк} + \left((x_{пз} - x_{пк}) \cdot \cos(\alpha) + (y_{пз} - y_{пк}) \cdot \sin(\alpha)\right) ,$$

$$\delta = -(x_{пз} - x_{пк}) \cdot \sin(\alpha) + (y_{пз} - y_{пк}) \cdot \cos(\alpha) .$$

Удобство представляемого инструмента заключается в том, что он вычисляет эти элементы от двух пикетов (контроль) и составляет об этом текстовой отчет.

1.2. Пикетаж и смещение на круговой кривой.

«Круговая кривая» - поворот, кривой участок трассы пути или тоннеля с постоянным радиусом поворота. На нем обычно не совпадают разбивочная ось, ось пути и ось тоннеля.



Задача та же, что и в предыдущем пункте.

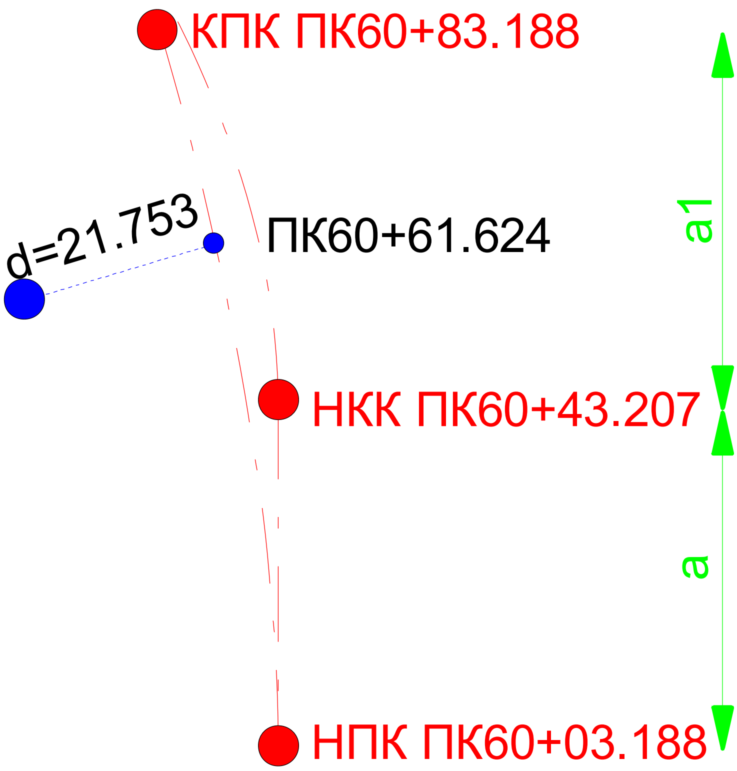
$$ПК = ПК_{пк} + ΔПК =$$
$$= ПК_{нк} + R \cdot \left(\frac{\gamma_1 \cdot \pi}{180^o}\right) =$$
$$= ПК_{кк} - R \cdot \left(\frac{\gamma_2 \cdot \pi}{180^o}\right) ,$$

$$R_{пз} = \sqrt{\left((X_{пз} - X_{цк})^2 + (Y_{пз} - Y_{ск})^2\right)}$$
$$\delta = R_{пз} - (R - [z - [q]]) .$$

Удобства инструмента те же, что и в предыдущем пункте.

1.3. Пикетаж и смещение на переходная кривой.

«Переходная кривая» - спиралеобразная кривая, расположенная в начале и конце круговой кривой. Изменяет геометрию участка прямой длиной a и участка круговой кривой длиной a_1 по линии тангенса. Имеет переменный радиус от ∞ в начале до R_{kk} в конце. Геометрия этой кривой достаточно сложна. Основой ее являются длина L и постоянная $C = L \cdot R_{kk}$.



Основополагающие формулы геометрии переходной кривой.

$$\varphi = \frac{L^2}{2 \cdot C} (рад)$$

$$a = \frac{L}{2} + \frac{L^5}{60 \cdot C^2} \qquad a_1 = \frac{L}{2} - \frac{L^5}{24 \cdot C^2}$$

$$X = L - \frac{L^5}{40 \cdot C^2}$$

$$Y = \frac{L^3}{6 \cdot C} - \frac{L^7}{336 \cdot C^3}$$

$$Z = \frac{L^3}{24 \cdot C} + \frac{13 \cdot L^7}{2688 \cdot C^3}$$

$$\varphi(l) = \frac{l^2}{2 \cdot C} (рад)$$

$$x(l) = l - \frac{l^5}{40 \cdot C^2}$$

$$y(l) = \frac{l^3}{6 \cdot C} - \frac{l^7}{336 \cdot C^3}$$

Последние три элемента — это текущие координаты в системе тангенса и текущий угол поворота.

Как видно из приведенных выше формул, определение $l_{пз}$ из $x_{пз}$ и $y_{пз}$ не очень то просто. Задача при этом та же, что и в предыдущем пункте.

Для начала надо перейти от общих координат к координатам линии тангенса:

$$x_{пз} = (X_{пз} - X_{нкк}) \cdot \cos(\alpha_T) + (Y_{пз} - Y_{нкк}) \cdot \sin(\alpha_T) + a \quad , \quad ПК_{нпк} = ПК_{нкк} - a \quad ,$$

$$y_{пз} = -(X_{пз} - X_{нкк}) \cdot \sin(\alpha_T) + (Y_{пз} - Y_{нкк}) \cdot \cos(\alpha_T) \quad , \quad ПК_{кпк} = ПК_{нпк} + L \quad , \quad ПК_{пз} = ПК_{нпк} + l_{пз} \quad .$$

А вот дальше начинаются проблемы, так как аналитическое решение относительно $l_{пз}$ требуемой точности невероятно громоздко. Простейшее приближение не удовлетворяет по точности:

$$l_{пз} = \frac{C - \sqrt{C^2 - 2 \cdot x_{пз} \cdot y_{пз} \cdot C}}{y_{пз}} \qquad , \quad |y_{пз}| \geq 10^{-7}$$

$$l_{пз} = x_{пз} + \frac{x_{пз}^5}{40 \cdot C^2} - \left(\frac{x_{пз}^3}{6 \cdot C} - \frac{x_{пз}^7}{336 \cdot C^3}\right) \cdot \sin\left(\frac{x_{пз}^2}{2 \cdot C}\right) \quad , \quad |y_{пз}| < 10^{-7}$$

Поэтому, используя свойства $l_{пз} \approx x_{пз}$ и $\partial l \approx \partial x$, предлагаю следующий, устойчивый и быстро сходящийся для данных свойств, итерационный алгоритм.

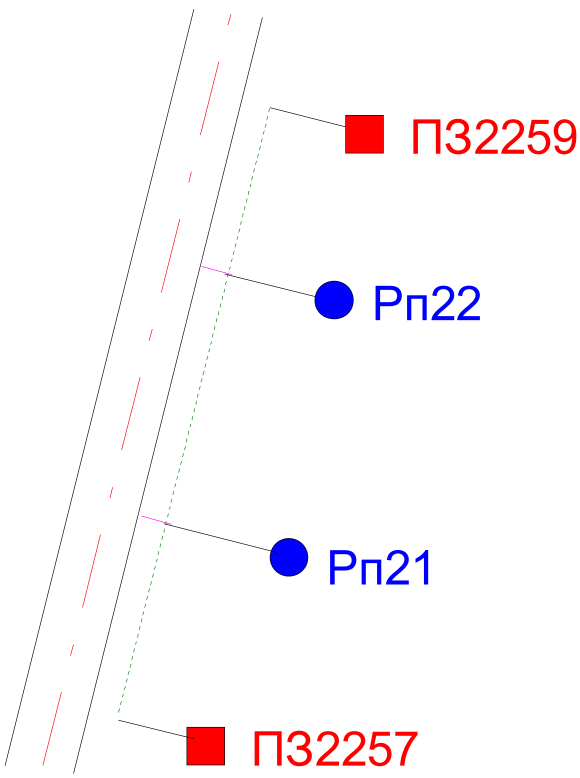
$$l_1 = x_{пз} \quad , \quad \varphi_i = \frac{l_i^2}{2 \cdot C} \quad , \quad \delta_i = \left(y_{пз} - \frac{l_i^3}{6 \cdot C} + \frac{l_i^7}{336 \cdot C^3}\right) / \cos(\varphi_i) \quad , \quad x_i = l_i - \frac{l_i^5}{40 \cdot C^2} - \delta_i \cdot \sin(\varphi_i) \quad ,$$

$\Delta x_i = (x_{пз} - x_i)$, $l_{i+1} = l_i + \Delta x_i$, $|\Delta x_i| < 10^{-7} \rightarrow stop$, $i = 1 \ldots stop$. Вот такие вот дела.

2. Определение одинат (домеров до рельса) реперов створным методом.

Задача состоит в следующем. По тоннелю через 50м закреплены исходные пункты (ПЗ). Для этих пунктов, указанными выше способами определены пикетаж и смещение. Для укладки путей закладываются путевых репера (на прямой — через 20м, на круговой и переходной кривой — через 5м). Пикетаж путевых реперов определяется обычными линейными промерами от ПЗ. Необходимо, не прибегая к координатной съемке, а лишь используя створный метод, определить домеры от путевых реперов до ближайшего рельса (ординаты).
Створный метод: теодолит (тахеометр) устанавливается напротив одного ПЗ, измеряется расстояние от ПЗ до центра прибора ma, на следующее ПЗ горизонтально устанавливается рейка, наводящими винтами теодолита на рейке выбирается отчет mb, тем самым задается створ, рейка устанавливается на путевые репера, расположенные между первым и вторым ПЗ , и снимаются отчеты mN, где N — номер репера.

2.1. Определение ординат на прямой.



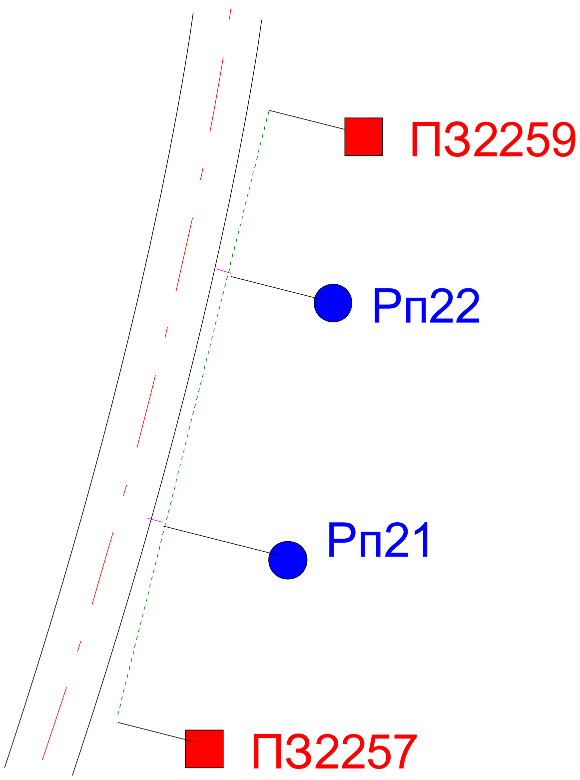
На прямой как всегда самый простой случай.

$$l_A=\delta_A-m_A \quad , \quad l_B=\delta_B-m_B$$
$$\partial l=(l_B-l_A)\cdot\left(\frac{ПК_{рп}-ПК_A}{ПК_B-ПК_A}\right)$$
$$y_{рп}=\partial l+l_A+m_{рп}-B_p$$

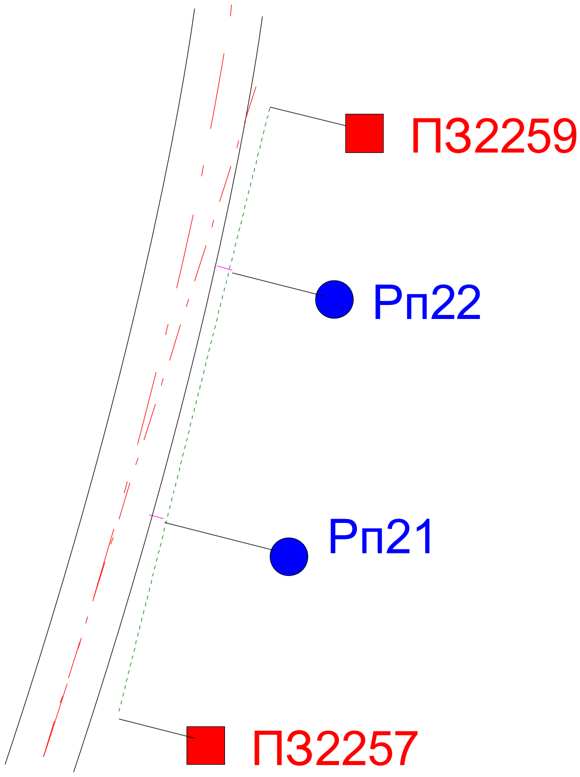
Здесь B_p - половина колеи рельсового пути (обычно равная 0.76м).

2.2. Определение ординат на круговой кривой.

$$l_A=\delta_A-m_A \quad , \quad l_B=\delta_B-m_B$$
$$l_{пз}=|ПК_B-ПК_A|$$
$$\partial l=\frac{l_B-l_A}{l_{пз}} \quad , \quad \lambda_{пз}=\frac{l_{пз}^2}{8R}$$
$$\Delta ПК=|ПК_{рп}-ПК_A| \quad , \quad \Delta l=l_{пз}/2-\Delta ПК$$
$$\lambda_{рп}=\frac{\Delta l^2}{2R} \quad , \quad \Delta\lambda_{рп}=(\lambda_{пз}-\lambda_{рп})$$
$$y_{рп}=\partial l\cdot\Delta ПК+m_{рп}+l_A+z-B_p-\Delta\lambda_{рп}$$



2.3. Определение ординат на переходной кривой.



На переходной кривой как всегда неприятности. И чтобы эти неприятности не очень осложняли жизнь, расчет ведется не от оси, а от линии тангенса. То есть, делается расчет пикетажа и смещения как для прямой и работают уже с этими значениями.

$$l_A = \delta_A - m_A \quad , \quad l_B = \delta_B - m_B$$
$$\Delta ПК = |ПК_{рп} - ПК_A|$$
$$Y_{рп} = \frac{\Delta ПК^3}{6C} - \frac{\Delta ПК^7}{336C^3} + \frac{\Delta ПК^{11}}{42240C^5}$$
$$m_L = l_A + m_{рп} + (l_B - l_A)\left(\frac{ПК_{рп} - ПК_A}{ПК_B - ПК_A}\right)$$
$$y_{рп} = Y_{рп} + m_L + (Y_{рп} + m_L)\left(\frac{\Delta ПК^4}{8C^2}\right) - B_р$$

«... и не будет после нас тьмы.»
А.Н. Каретин
18 июня 2010г.