12.5 VYTYČOVANIE OBLÚKOV

Smerovými prvkami dopravných líniových stavieb sú smerové dotyčnice, prechodnice (krajné a medziľahlé) a kružnicové oblúky. Vo väčšine prípadov sú v stavebnej praxi dané dve smerové dotyčnice, medzi ktoré je potrebné vložiť kružnicový oblúk s krajnými prechodnicami. Stredový uhol sa určuje výpočtom alebo meraním. Polomer kružnicového oblúka sa volí v závislosti na rýchlosti dopravného prostriedku, pri rekonštrukčných prácach sa optimalizuje. Najprv vytyčujeme hlavné body oblúka. V železničnom staviteľstve ich označujeme v smere staničenia: *ZP* (začiatok prechodnice), *KP* ≡ *ZO* (koniec prechodnice, začiatok oblúka) *KO* ≡ *ZP* (koniec oblúka, začiatok prechodnice), *KP* (koniec prechodnice), atď. V cestnom staviteľstve *TP* (spoločný bod dotyčnice a prechodnice), *PK* (prechodnica, kružnica), *KP* (kružnica, prechodnica), *PT* (prechodnica, dotyčnica) atď. Potrebný počet podrobných bodov sa vytyčuje v párnych zlomkoch prechodnice a kružnicového oblúka alebo vo zvolenom kroku nárastu staničenia.

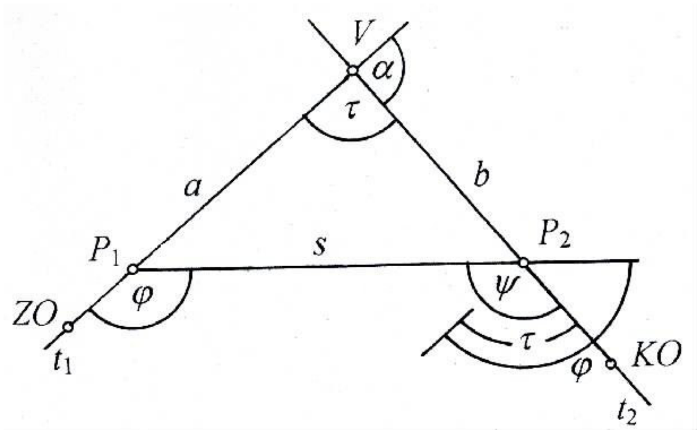
Analyticky vypočítané vytyčovacie prvky hlavných a podrobných bodov prechodníc a oblúkov zostavujeme do tabuliek a graficky znázorňujeme vo vytyčovacom výkrese. Pri analytickom projektovaní líniových stavieb jednou zo súčastí projektu sú vytyčovacie prvky hlavných a podrobných bodov v rozsahu projektovanej líniovej stavby.

12.5.1 Určenie stredového uhla

Stredový uhol α môžeme určiť:

1. Priamym odmeraním vo vrchole dotyčníc (obr. 12.23)

$$\alpha = 200^g - \tau \qquad (12.14)$$



Obr. 12.23. Určenie stredového uhla

2. Riešením trojuholníka, keď odmeriame uhly φ a ψ (obr. 12.23)

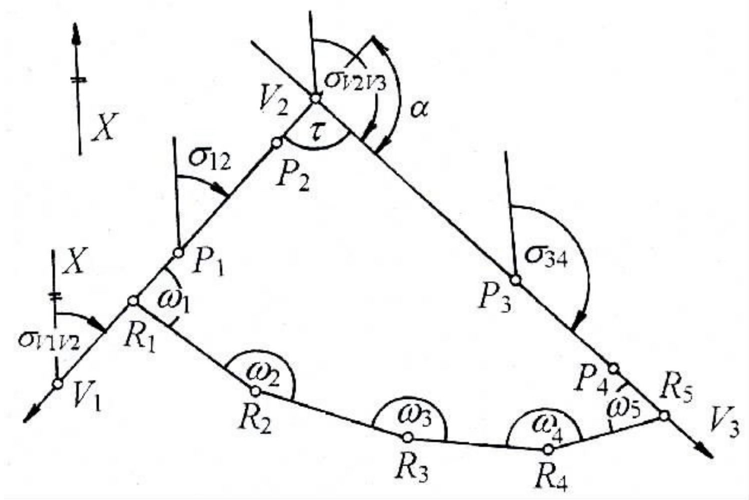
$$\tau = \varphi + \psi - 200^g . \qquad (12.15)$$

3. Pomocou polygónu vloženého medzi smerové dotyčnice (obr. 12.24)

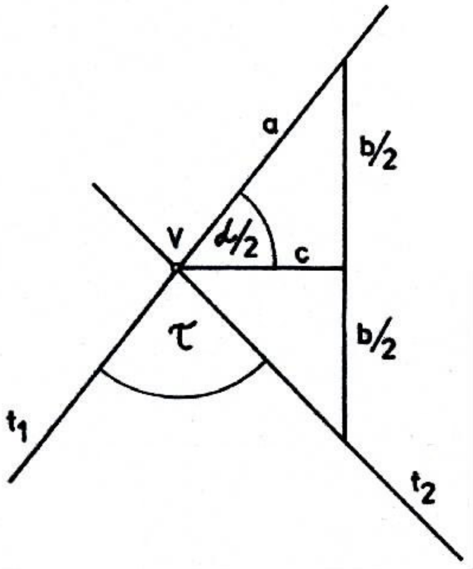
$$\tau = (n-2)200^g - \sum \omega . \qquad (12.16)$$

4. Výpočtom zo smerníkov, ak na dotyčniciach poznáme súradnice dvojíc bodov, alebo sú známe súradnice vrcholov dotyčnicového polygónu (obr. 12.24)

$$\alpha = \sigma_{34} - \sigma_{12} = \sigma_{V2V3} - \sigma_{V1V2} \qquad (12.17)$$



Obr. 12.24. Určenie stredového uhla polygónom a z rozdielu smerníkov

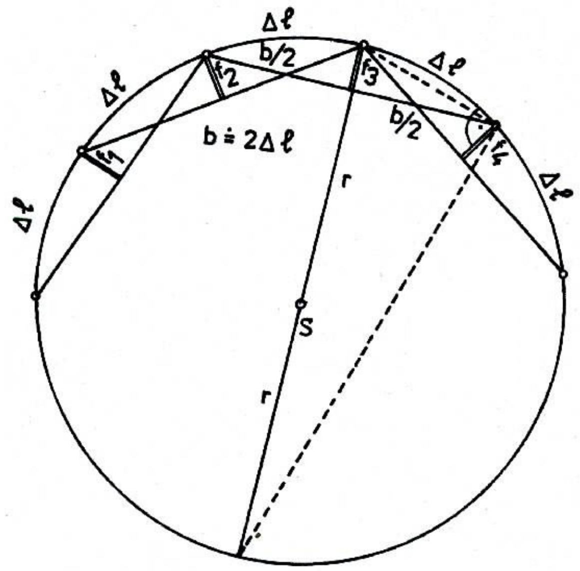


Obr. 12.25. Určenie stredového uhla z odmeraných dĺžok

5. Z odmeraných dĺžok pri vrchole dotyčníc (obr. 14.25) podľa rovníc

$$\frac{\alpha}{2} = \arcsin\frac{b}{2a} = \mathrm{arctg}\frac{b}{2c}\,. \tag{12.18}$$

12.5.2 Určenie polomeru kružnicového oblúka



Obr. 12.26. Meranie vzopätí na oblúku

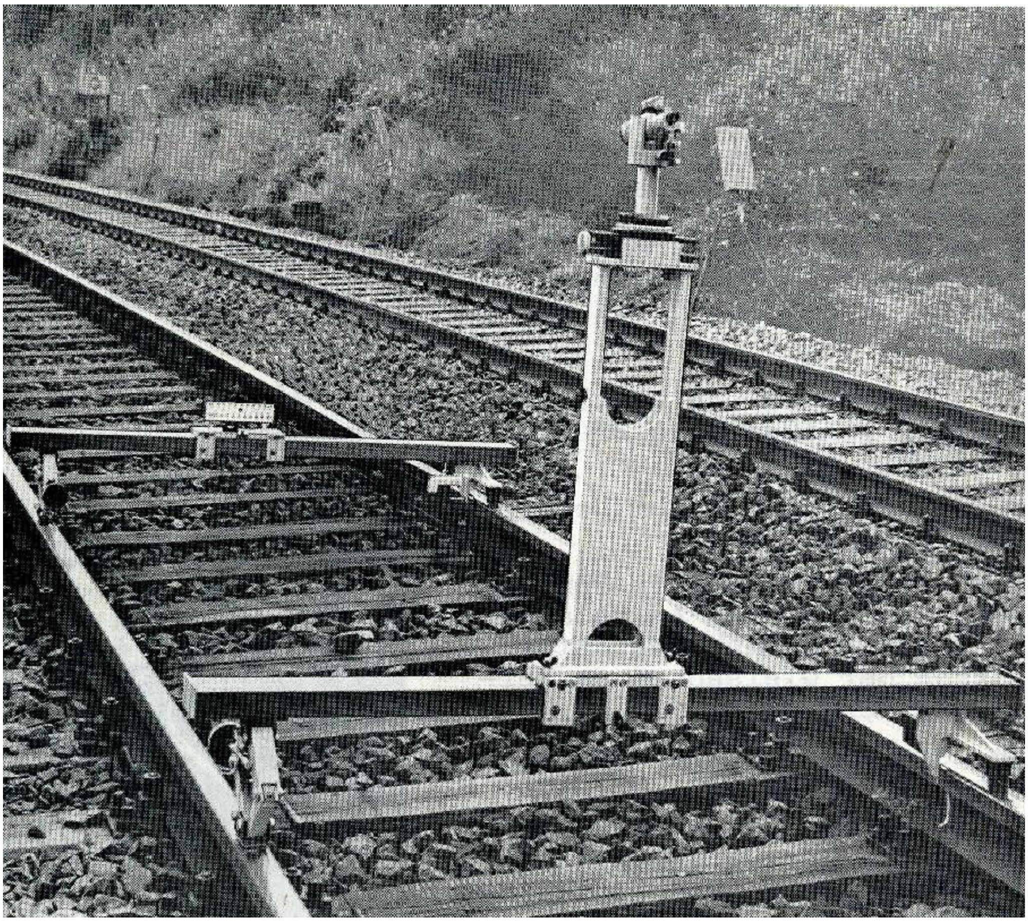
Pri rektifikácii oblúka určujeme strednú hodnotu polomeru kružnicového oblúka. Môžeme ju určiť z odmeraných vzopätí alebo analyticky zo súradníc bodov, ktoré ležia na oblúku.

Vzopätia f odmeriame pozdĺž vnútornej hrany vonkajšieho koľajnicového pásu, ktorý rozdelíme na dĺžky b (b = 10 m). Postup merania je podľa obr. 12.26. Polomer určíme z rovnice: $(b/2)^2 = f\,(2r - f)$, ktorú upravíme na tvar

$$r \approx \frac{b^2}{8f} - \frac{e}{2}\,. \tag{12.19}$$

Údaj e predstavuje rozchod koľaje (e = 1435 mm). V ďalších výpočtoch sa používa priemerná hodnota z vypočítaných polomerov podľa rovnice (12.19).

Na podklade merania vzopätí pozdĺž celého oblúka a oblastí prechodníc, sú vypracované rôzne metódy vyjadrenia oblúka (oblúkovými súradnicami), podľa ktorých sa uskutočňuje vytyčovanie a smerové opravy železničných oblúkov. Aby sa uľahčilo a spresnilo meranie vzopätí, vyrobili sa špeciálne meracie súpravy založené na opticko-mechanických princípoch. K najmodernejším prístrojom tohto druhu patrí univerzálny optický meračský prístroj **GLUNI** firmy Breithaupt (obr. 12.27), ktorý sa okrem merania a vytyčovania vzopätí nad tetivou môže prispôsobiť na meranie vzdialeností bodov v osi koľaje od zaisťovacích značiek, vytýčenie susedných koľají v smere normály, niveláciu a výškové vytyčovanie koľajnicových pásov. Prístrojom môžeme odmerať vzopätie s presnosťou 1 mm.



Obr. 12.27. GLUNI – prístroj na meranie vzopätí na oblúku

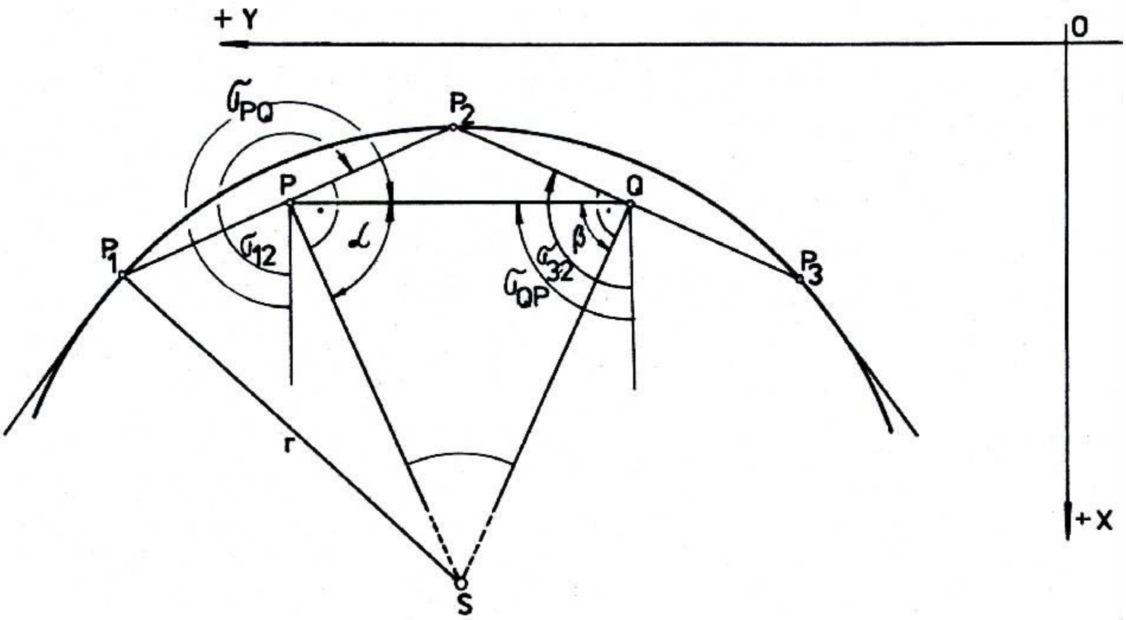
Pre analytické určenie veľkosti polomeru oblúka potrebujeme poznať súradnice troch bodov vhodne rozložených na oblúku. Súradnice stredu kružnicového oblúka S vypočítame napr. ako priesečník symetrál úsečiek $\overline{P_1P_2}$ a $\overline{P_2P_3}$, (obr. 12.28):

$$y_S = \frac{x_3 - x_1 - k_1(y_1 + y_2) + k_2(y_2 + y_3)}{2(k_2 - k_1)}, \qquad (12.20)$$

$$x_S = \frac{k_1(x_2 + x_3) + k_2(x_1 + x_2) + k_1k_2(y_1 - y_3)}{2(k_2 - k_1)},$$

kde $k_1 = \dfrac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$ a $k_2 = \dfrac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3}$.

Polomer vypočítame zo súradníc stredu kružnicového oblúka a niektorého z bodov na oblúku. Iným riešením je určenie súradníc stredu kružnicového oblúka pretínaním napred, ako to vyplýva z obr. 12.28.



Obr. 12.28. Výpočet polomeru oblúka zo súradníc

Ak je kružnicový oblúk určený viac ako tromi bodmi, potom sa vypočítané súradnice $S(y_S, x_S)$ a polomer r stávajú predbežnými hodnotami (y_{S0}, x_{S0}, r_0). Rovnice opráv majú tri členy

$$\mathbf{v}_{(n,1)} = \mathbf{C}_{(n,3)}\ \mathbf{p}_{(3,1)} - \mathbf{l}_{(n,1)}\ , \tag{12.21}$$

kde

$$\mathbf{C}_{(n,3)} = \left|\, 1 \quad (y_i - y_{S0})\ /\ r_i \quad (x_i - x_{S0})/r_i \,\right| , \tag{12.22}$$

$$\mathbf{p}_{(3,1)} = \begin{vmatrix} dr \\ dy \\ dx \end{vmatrix} , \tag{12.23}$$

$$\mathbf{l}_{(n,1)} = \left| r_0 - r_i \right| , \tag{12.24}$$

$$r_i = \sqrt{(y_i - y_{S0})^2 + (x_i - x_{S0})^2}\ , \text{ pre } i = 1, ..., n\ .$$

Vyriešime rovnicu

$$\mathbf{p}_{(3,1)} = \left(\mathbf{C}^T_{(3,n)}\mathbf{C}_{(n,3)}\right)^{-1}\mathbf{C}^T_{(3,n)}\mathbf{l}_{(n,1)} \tag{12.25}$$

a k vypočítaným opravám dy, dx a dr pripočítame predbežné hodnoty y_{S0}, x_{S0}, r_0.

Polomer kružnicového oblúka sa dá tiež vypočítať, ak máme odmeraný jeden bod na oblúku a poznáme analyticky definované smery dotyčníc. Veľkosť polomeru vypočítame iteračným postupom.

12.5.3 Vytyčovanie hlavných bodov kružnicového oblúka

Keď vytyčujeme oblúk bez krajných prechodníc, polohu začiatku (*ZO*) a konca kružnicového oblúka (*KO*), určíme vytýčením dĺžky dotyčnice t od vrcholu V.

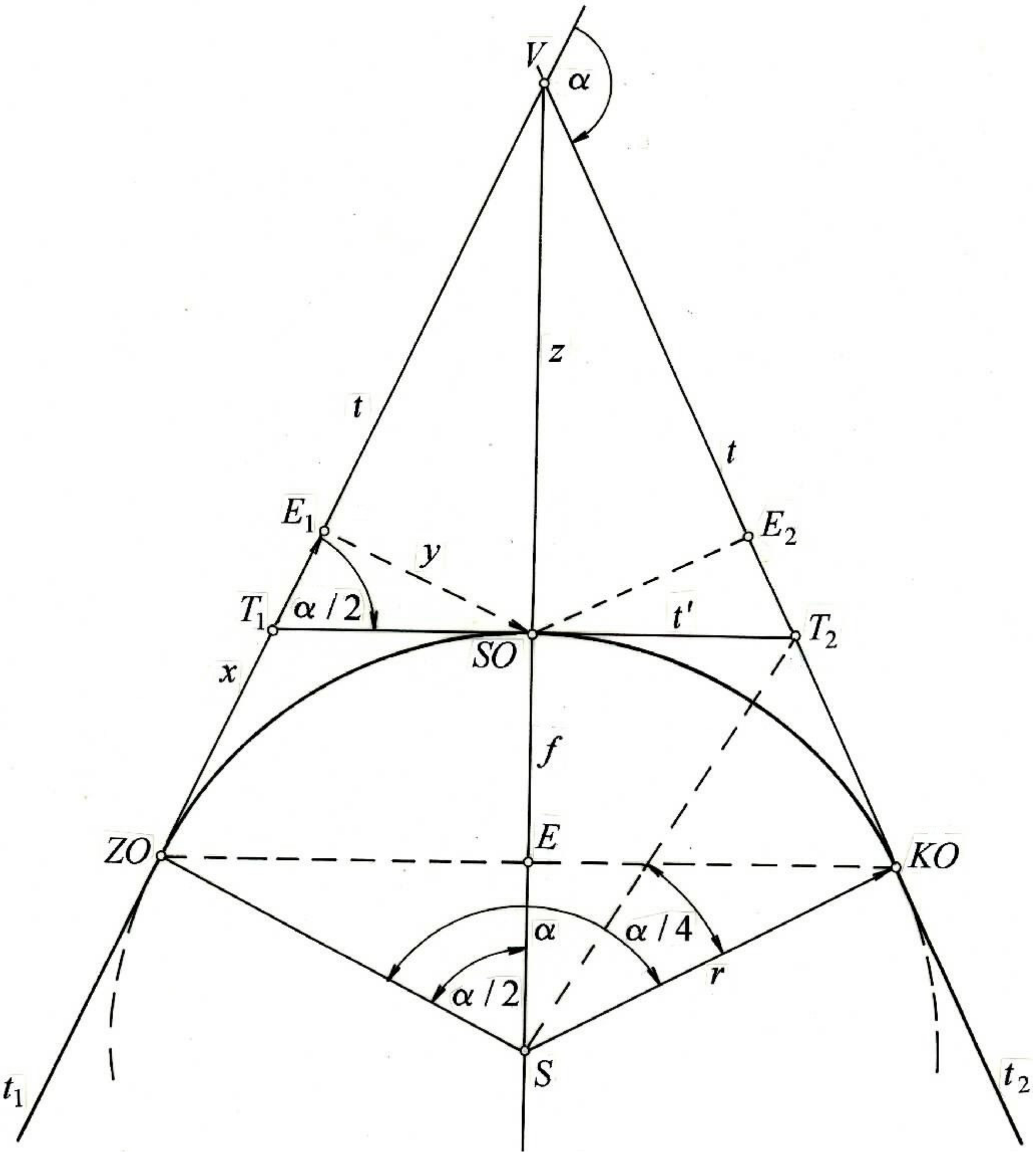
$$\overline{ZOV} = \overline{VKO} = t = r\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}\ . \tag{12.26}$$

V prípade, že vrchol dotyčníc je neprístupný, určíme stredový uhol α riešením trojuholníka (obr. 12.23) alebo polygónom (obr. 12.24). Odmeriame dĺžku s, alebo ju vypočítame z polygónu vloženého medzi body P_1 a P_2. ZO a KO potom vytýčime od bodov P_1 a P_2 podľa vypočítaných údajov

$$\overline{P_1ZO} = t - a\,, \tag{12.27}$$

$$\overline{P_2ZO} = t - b\,,$$

kde $a = s\dfrac{\sin\varphi}{\sin\tau}$ a $b = s\dfrac{\sin\psi}{\sin\tau}$.



Obr. 12.29. Hlavné body kružnicového oblúka ($\alpha < 200^g$)

Polohu bodu v strede na kružnicovom oblúku SO môžeme vytýčiť (obr. 12.29):

1. Pravouhlými súradnicami z bodov ZO a KO

$$x = \overline{ZOE_1} = \overline{ZOE} = r\sin\frac{\alpha}{2}\,, \tag{12.28}$$

$$y = \overline{E_1SO} = \overline{SOE} \equiv f = r\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right). \tag{12.29}$$

2. Dotyčnicou v bode SO

$$\bar{t} \equiv \overline{ZOT_1} = \overline{T_1SO} = r\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{4}. \tag{12.30}$$

3. Vzdialenosť od bodu V

$$z \equiv \overline{VSO} \equiv \bar{t}\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} = r\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}-1\right). \tag{12.31}$$

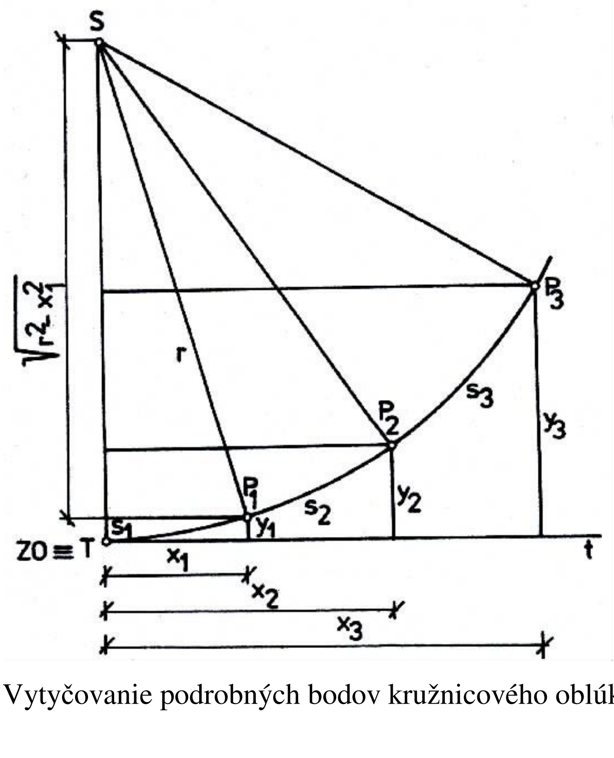
Dĺžku oblúka vypočítame podľa rovnice

$$\hat{o} = ZOKO = r\frac{\pi\, a^g}{200^g}. \tag{12.32}$$

Rovnice (12.28) až (12.31) sú platné aj pre oblúk so stredovým uhlom väčším ako 200^g.

12.5.4 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka

Na podrobné vytýčenie bodov kružnicového oblúka najčastejšie používame metódu pravouhlých súradníc a metódu semipolárnych súradníc.



Obr. 12.30. Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka pre x = *konšt*.

12.5.4.1 Vytyčovanie pravouhlými súradnicami od dotyčnice

Od ZO na dotyčnici vytyčujeme zaokrúhlené hodnoty úsečiek x_i a k nim na kolmici poradnice y_i (obr. 12.30).

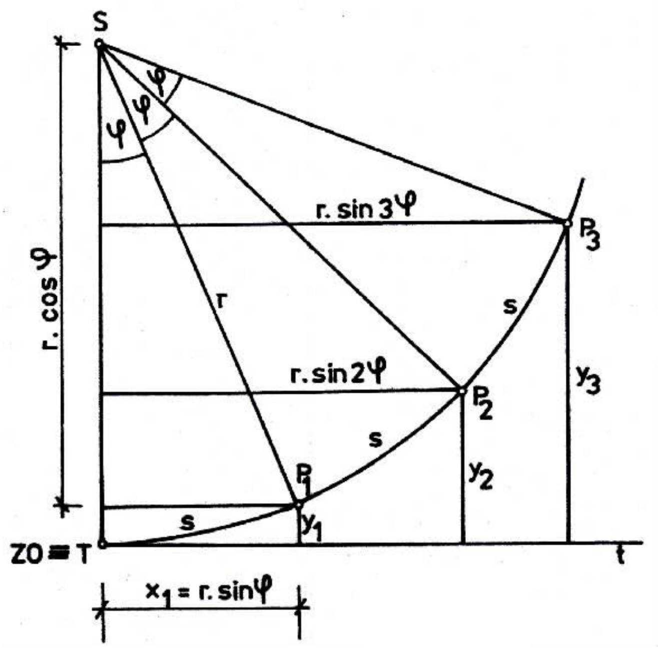
$$y_i = r - \sqrt{r^2 - x_i^2}\ , \tag{12.33}$$

alebo podrobné body vytyčujeme pri rovnako dlhých oblúkoch $\widehat{s}$ (obr. 12.31). Stredový uhol, ktorý zodpovedá dĺžke $\widehat{s}$ je

$$\varphi^g = \frac{\widehat{s}}{r}\frac{400^g}{2\pi} = \frac{\widehat{s}}{r}\rho^g\ . \tag{12.34}$$

Pravouhlé súradnice podrobných bodov oblúka vypočítame podľa rovníc

$$\begin{array}{ll} x_1 = r\sin\varphi & y_1 = r(1-\cos\varphi), \\ x_2 = r\sin 2\varphi & y_2 = r(1-\cos 2\varphi), \\ \vdots & \\ x_n = r\sin n\varphi & y_n = r(1-\cos n\varphi), \end{array} \tag{12.35}$$



Obr. 12.31. Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka pre $\widehat{s}$ = *konšt.*

12.5.4.2 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka metódou semipolárnych súradníc

Metóda je založená na poučke o obvodových uhloch: smery, ktoré vychádzajú z bodu na kružnici a zvierajú medzi sebou rovnaké uhly, vytvárajú na tejto kružnici rovnaké dĺžky oblúkov (obr. 12.32).

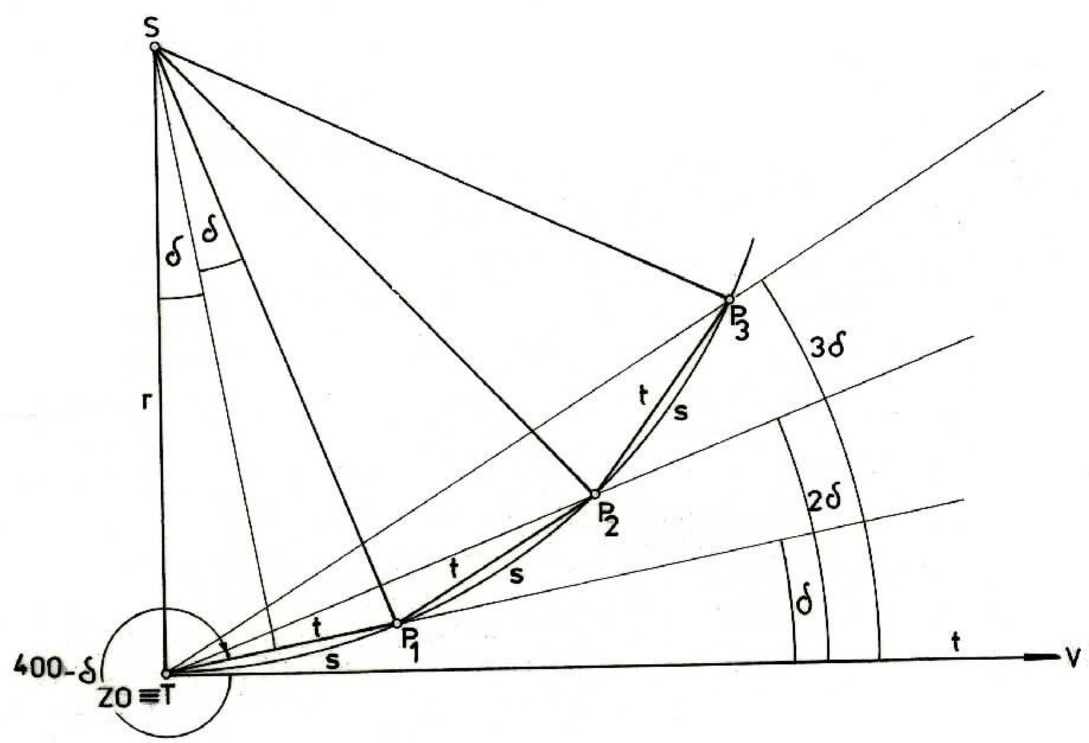
Pre zvolené $\widehat{s}$ (napr. pre párny zlomok dĺžky oblúka) vypočítame δ

$$\delta^g = \frac{\widehat{s}}{2r}\rho^g \tag{12.36}$$

a dĺžku tetivy

$$t = 2\ r\sin\delta\ . \tag{12.37}$$

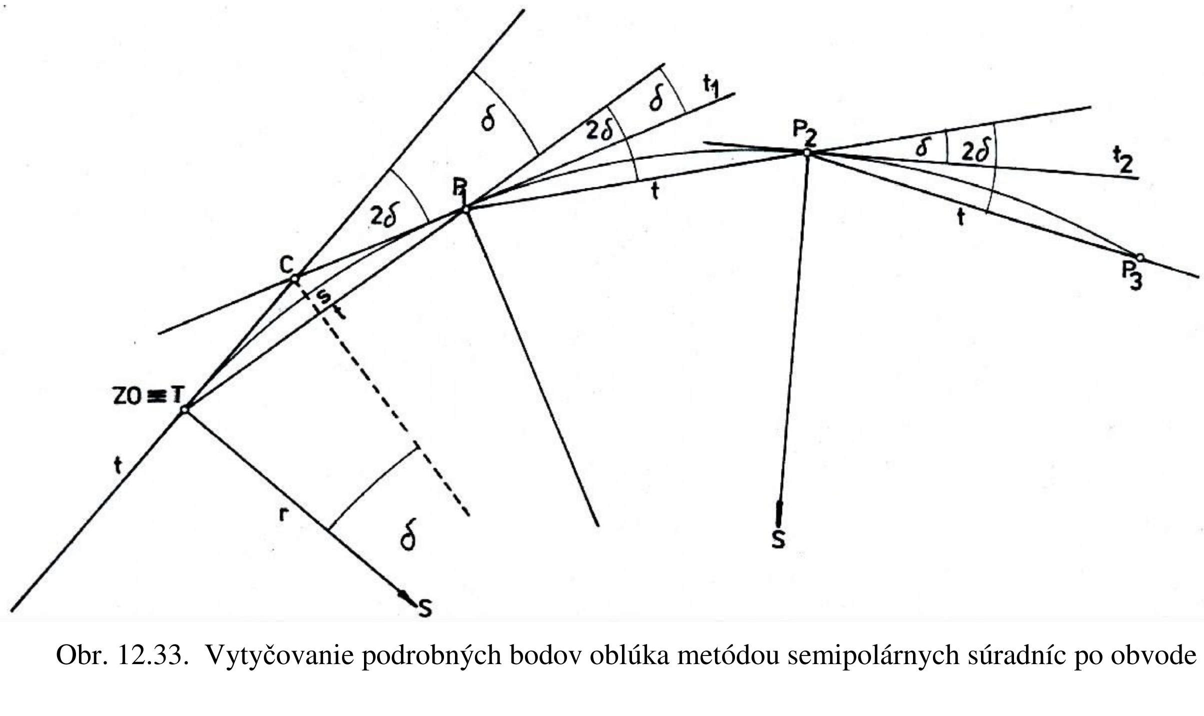
Z bodu *ZO* a smeru na bod *V* vytýčime uhol δ (resp. 400^g - δ), v smere ktorého vo vzdialenosti *t* vytýčime bod P_1. Ďalší bod vytýčime v smere uhla 2δ (resp. $400^g - 2\delta$) od posledne vytýčeného bodu vo vzdialenosti *t*, atď. Oblúk vytyčujeme zo začiatku oblúka (*ZO*) a konca oblúka (*KO*) po stykový bod, ktorý je najlepšie zvoliť v strede na oblúku (*SO*).



Obr. 12.32. Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka metódou semipolárnych súradníc

12.5.4.3 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka metódou semipolárnych súradníc po obvode

Po vytýčení bodu P_1 predchádzajúcim postupom, centrujeme a horizontujeme teodolit nad bodom P_1, zacielime na bod ZO, od ktorého vytýčime uhol $2\delta + 200^g$, v smere ktorého vo vzdialenosti t je bod P_2. Podobne postupujeme ďalej a z bodu P_2 vytýčime ďalšie body P_3, atď. (obr. 12.33).



Obr. 12.33. Vytyčovanie podrobných bodov oblúka metódou semipolárnych súradníc po obvode

12.5.5 Vytyčovanie oblúkov prechodnicami

Prechodnice sú krivky, ktoré vkladáme medzi priame úseky a kružnicové oblúky. Na líniových stavbách sa používajú rôzne krivky vo funkcii prechodnice. Prechodnice zaisťujú plynulý prechod z priamej časti trasy do kružnicového oblúka. Spojením dvoch priamych úskov kružnicovým oblúkom, nastáva v dotykových bodoch priamky a kružnicového oblúka okamžitá zmena krivosti a predchádzajúce vozidlá sú vystavené náhle vzniknutej odstredivej sile. Účinok odstredivej sily eliminujeme prevýšením koľajnicových pásov, resp. priečnym sklonom vozovky. Pretože na konci priameho úseku nemá byť ešte žiadne prevýšenie a súčasne na začiatku oblúka má byť už plné prevýšenie, vkladáme medzi priamy úsek a kružnicový oblúk krivku nazvanú **prechodnica** s nasledujúcimi vlastnosťami (obr. 12.34):

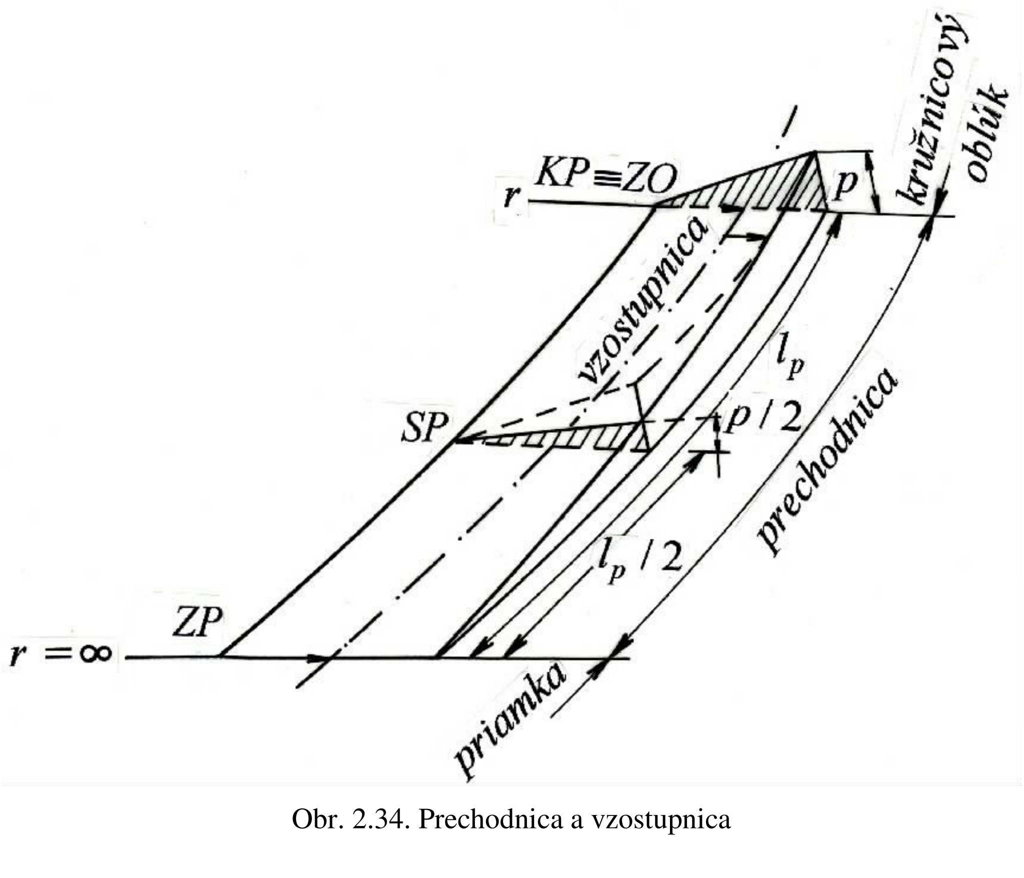
- krivosť prechodnice postupne narastie od priameho úseku, kde je krivosť $1/\infty$, po kružnicový oblúk, kde je krivosť $1/r$,

- súčasne nastáva postupné zvyšovanie vonkajšieho koľajnicového pásu, resp. vozovky od 0 v priamom úseku po plnú hodnotu prevýšenia p v kružnicovom oblúku.

Hodnota prevýšenia p je funkciou navrhovanej rýchlosti a polomeru oblúka. Stúpanie z priameho úseku do naklonenej časti prebieha po **vzostupnici**, ktorej sklon v priemete na dotyčnicu vyjadrujeme pomerom $1 : n$, kde n je relatívny spád vzostupnice. Tvar vzostupníc je priamy alebo zaoblený.

U nás sa v železničnom staviteľstve používajú paraboly 3° a 5° (Blossova prechodnica), v zahraničí klotoida, Höferova prechodnica a iné. V cestnom staviteľstve sa používa výhradne klotoida.

12.5.5.1 <u>Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare kubickej paraboly</u>

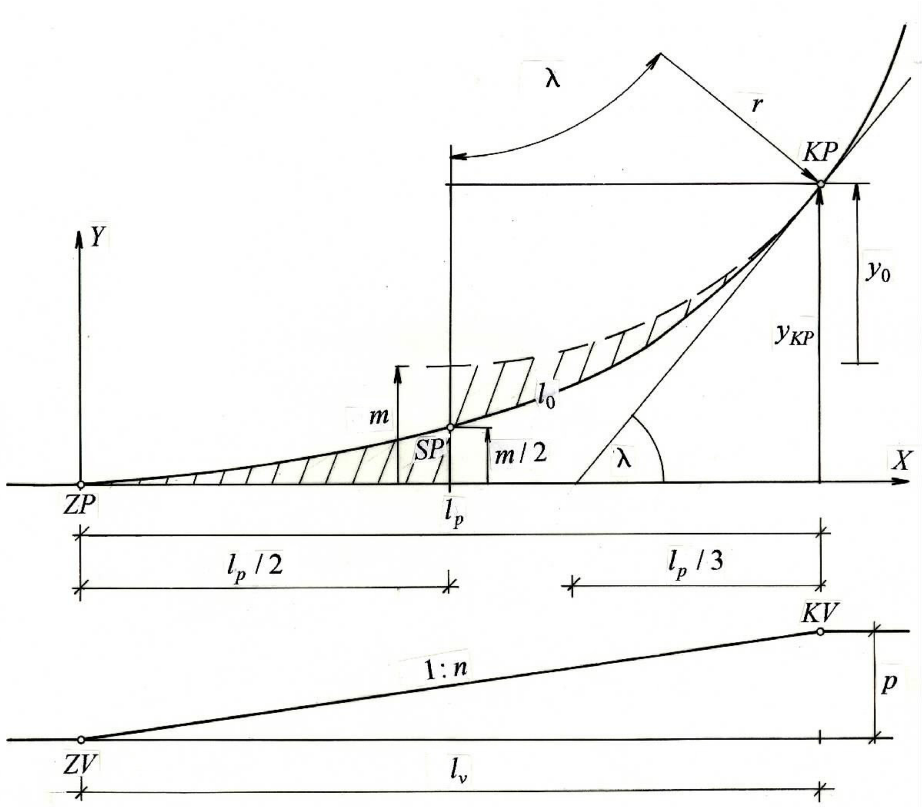


Obr. 2.34. Prechodnica a vzostupnica

Dĺžka prechodnice l_p na oblúku s prevýšením koľajnicových pásov p sa rovná dĺžke vzostupnice (obr. 12.34)

$$l_p = \frac{n\,p}{1000}\,, \tag{12.38}$$

kde n je koeficient, ktorý určuje sklon (strmosť) vzostupnice. Normálny koeficient sklonu vzostupnice sa volí $n = 10\ V$ (V je rýchlosť v km h^{-1}). V projekčne stiesnených pomeroch a v ekonomicky odôvodnených prípadoch je dovolené podľa STN 73 6360 Geometrická poloha a usporiadanie koľaje železničných dráh normálneho rozchodu použiť aj menšie hodnoty koeficientu n. Pre kubickú parabolu sa používa priama vzostupnica. Blossova prechodnica má zaoblený priebeh vzostupnice.



Obr. 12.35. Zobrazenie smerových pomerov a priebehu krivosti prechodnice

v tvare kubickej paraboly

Rovnica kubickej paraboly má tvar

$$y = \gamma \frac{x^3}{6 r l_p}\,, \tag{12.39}$$

kde $\gamma = \dfrac{1}{\cos\lambda}$. Uhol λ vypočítame z rovnice $\lambda = \arcsin \dfrac{l_p}{2r}$.

Dosadením l_p za x do rovnice kubickej paraboly vypočítame poradnicu y_{KP} na konci prechodnice (obr. 12.35)

$$y_{KP} = k = \gamma \frac{l_p^2}{6r}\,. \tag{12.40}$$

Odsadenie kružnicového oblúka m je

$$m = y_{KP} - r(1-\cos\lambda) = \gamma\frac{l_p^2}{6r} - r(1-\cos\lambda) = \frac{l_p}{3}tg\lambda - r(1-\cos\lambda)\ . \qquad (12.41)$$

Súradnice stredu prechodnice sú:

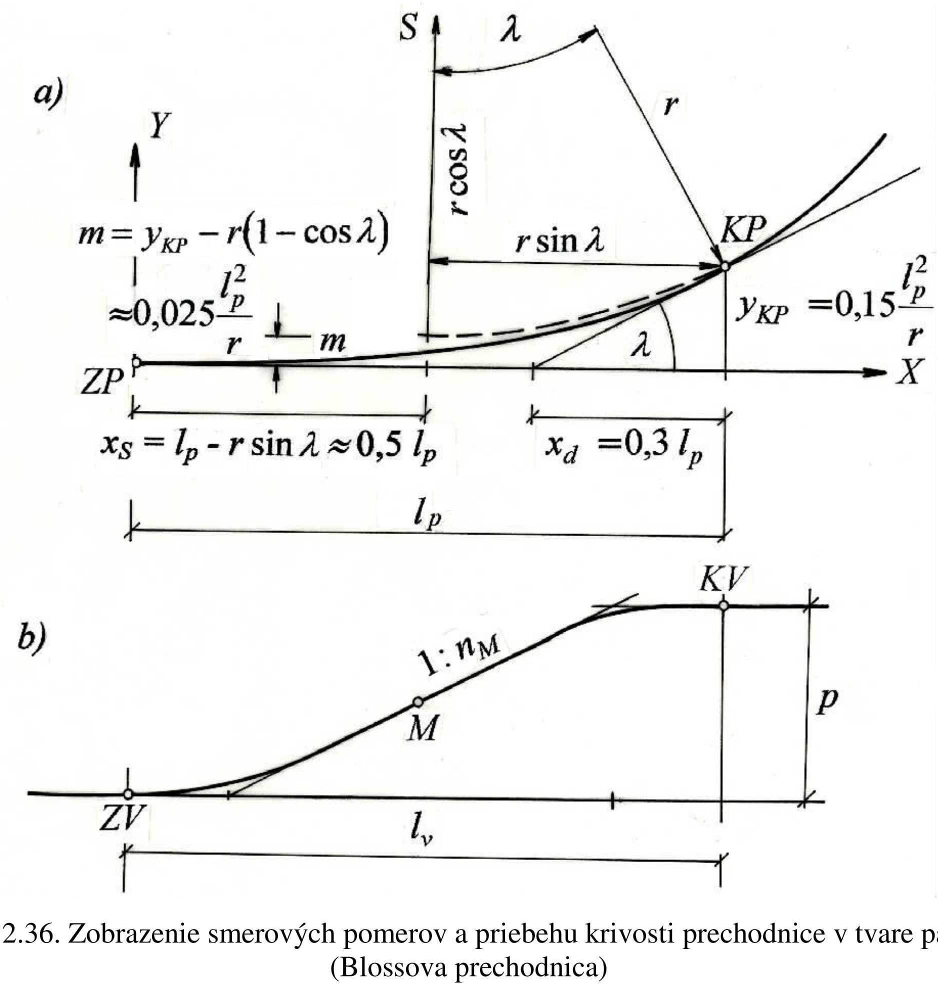
$$x_{SP} = \frac{1}{2}l_p, y_{SP} = \gamma\frac{l_p^2}{48r} = \frac{1}{8}y_{KP} \approx \frac{m}{2}. \qquad (12.42)$$

Dĺžku prechodnice v osi koľaje vypočítame z členov rozvoja binomického radu

$$l_0 = l_p + \frac{1}{40}\gamma^2\frac{l_p^3}{r^2} - \frac{1}{1152}\gamma^4\frac{l_p^5}{r^4} + \dots\ .$$

STN 73 6360 na výpočet dĺžky prechodnice, resp. jej častí, uvádza len prvé dva členy z binomického rozvoja. Odchýlky rádové v mm od exaktnej dĺžky sú pri prechodniciach s oblúkmi o malých polomeroch ($r_{min.}$). (12.43)

12.5.5.2 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare paraboly 5°



Obr. 2.36. Zobrazenie smerových pomerov a priebehu krivosti prechodnice v tvare paraboly 5°
(Blossova prechodnica)

Rovnica prechodnice v tvare paraboly 5° (Blossova prechodnica obr.12.36) má tvar

$$y = \frac{1}{r}\left(\frac{x^4}{4l_p^2} - \frac{x^5}{10l_p^3}\right)\ . \qquad (12.44)$$

Dosadením l_p za x do rovnice paraboly 5° vypočítame poradnicu y_{KP} na konci prechodnice

$$y_{KP} = k = \frac{1}{r}\left(\frac{l_p^2}{4} - \frac{l_p^2}{10}\right) = \frac{3l_p^2}{20r} = 0{,}15\frac{l_p^2}{r} \ . \qquad (12.45)$$

Odsadenie kružnicového oblúka je

$$m = y_{KP} \text{ - } (1 \text{ - } \cos \lambda) \approx 0{,}025\frac{l_p^2}{r} \qquad (12.46)$$

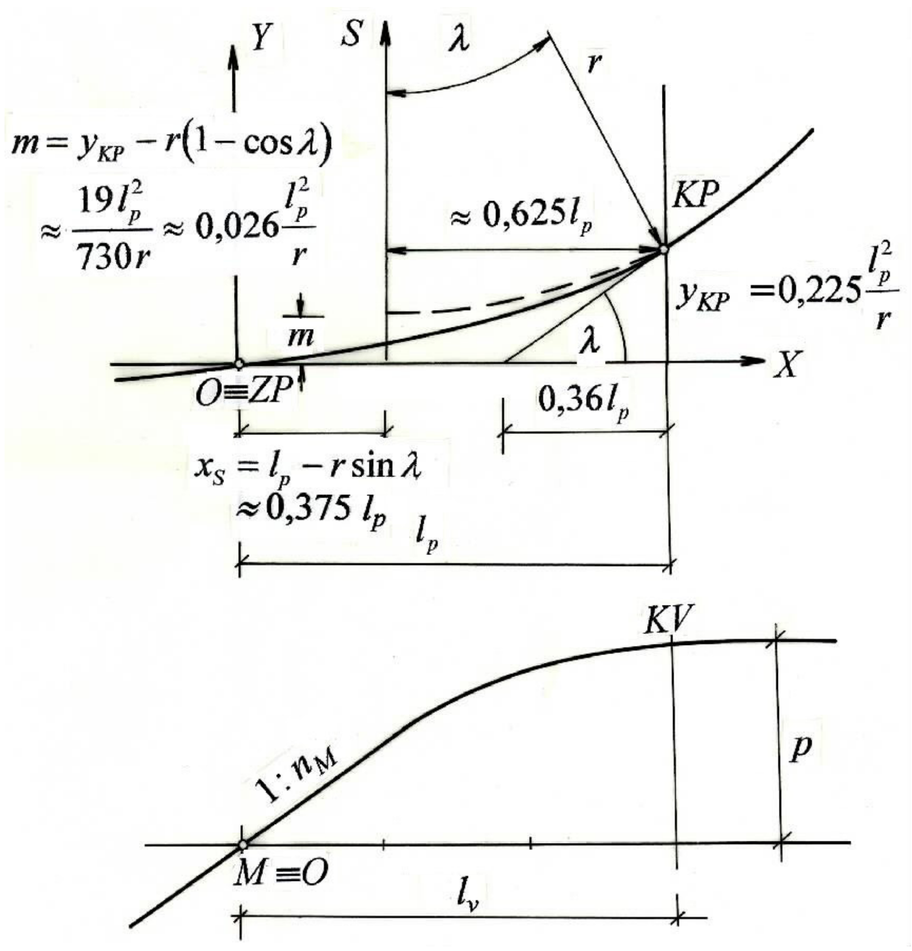
keď λ vypočítame z rovnice $\lambda = \operatorname{arctg}\frac{l_p}{2r}$.

Súradnice stredu prechodnice sú

$$x_{SP} = l_p \text{ - } r \sin \lambda \approx \frac{1}{2} l_p, \qquad y_{SP} = \frac{1}{r}\left(\frac{l_p^2}{64} - \frac{l_p^2}{320}\right) = \frac{l_p^2}{80r} = 0{,}0125\frac{l_p^2}{r} \ . \qquad (12.47)$$

Dĺžku prechodnice v osi koľaje vypočítame z členov rozvoja binomického radu

$$l_0 = l_p + \frac{l_p^3}{43{,}83r^2} - \frac{l_p^5}{75{,}12r^4} + \ldots \ . \qquad (12.48)$$



Obr. 12.37. Zobrazenie smerových pomerov a priebehu krivosti prechodnice v tvare paraboly 5° na protismerných oblúkoch

12.5.5.3 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare paraboly 5° na protismerných oblúkoch

Rovnica prechodnice v tvare paraboly 5° na protismerných oblúkoch (obr. 12.37) má tvar

$$y = \frac{1}{r}\left(\frac{x^3}{4l_p} - \frac{x^5}{40l_p^3}\right) . \qquad (12.49)$$

Dosadením l_p za x do rovnice paraboly 5° vypočítame poradnicu y_{KP} na konci prechodnice

$$y_{KP} = k = 0{,}225\frac{l_p^2}{r} \quad . \qquad (12.50)$$

Odsadenie kružnicového oblúka je

$$m = y_{KP} - (1 - \cos\lambda) \approx \frac{19l_p^2}{730r} \approx 0{,}026\frac{l_p^2}{r} \ , \qquad (12.51)$$

keď λ vypočítame z rovnice $\lambda = \mathrm{arctg}\left(0{,}625\frac{l_p}{r}\right)$.

Súradnica x_S je

$$x_S = l_p - r\sin\lambda . \qquad (12.52)$$

Dĺžku prechodnice v osi koľaje vypočítame z členov rozvoja binomického radu

$$l_0 = l_p + \frac{l_p^3}{22{,}87r^2} - \frac{l_p^5}{406{,}94r^4} + \dots \quad . \qquad (12.53)$$

12.5.5.4 Výpočet vytyčovacích prvkov medziľahlej prechodnice

Na zloženom oblúku sa rozdiel prevýšenia koľajnicových pásov vyrovnáva v rozsahu medziľahlej prechodnice (obr. 12.38). Dĺžku medziľahlej prechodnice vypočítame podľa rovnice

$$l_p = \frac{n(p_2 - p_1)}{1000} \ , \qquad (12.54)$$

kde p_1 je prevýšenie koľajnicových pásov na oblúku s polomerom r_1 a p_2 na oblúku s polomerom r_2, n = 10 V (pozri rovnicu (12.38)).

V železničnom staviteľstve sa ako medziľahlá prechodnica používa časť kubickej paraboly. Jej vytyčovacie prvky sa počítajú pre náhradný polomer r_x, ktorý sa pre $r_1 > r_2$ vypočíta z rovnice

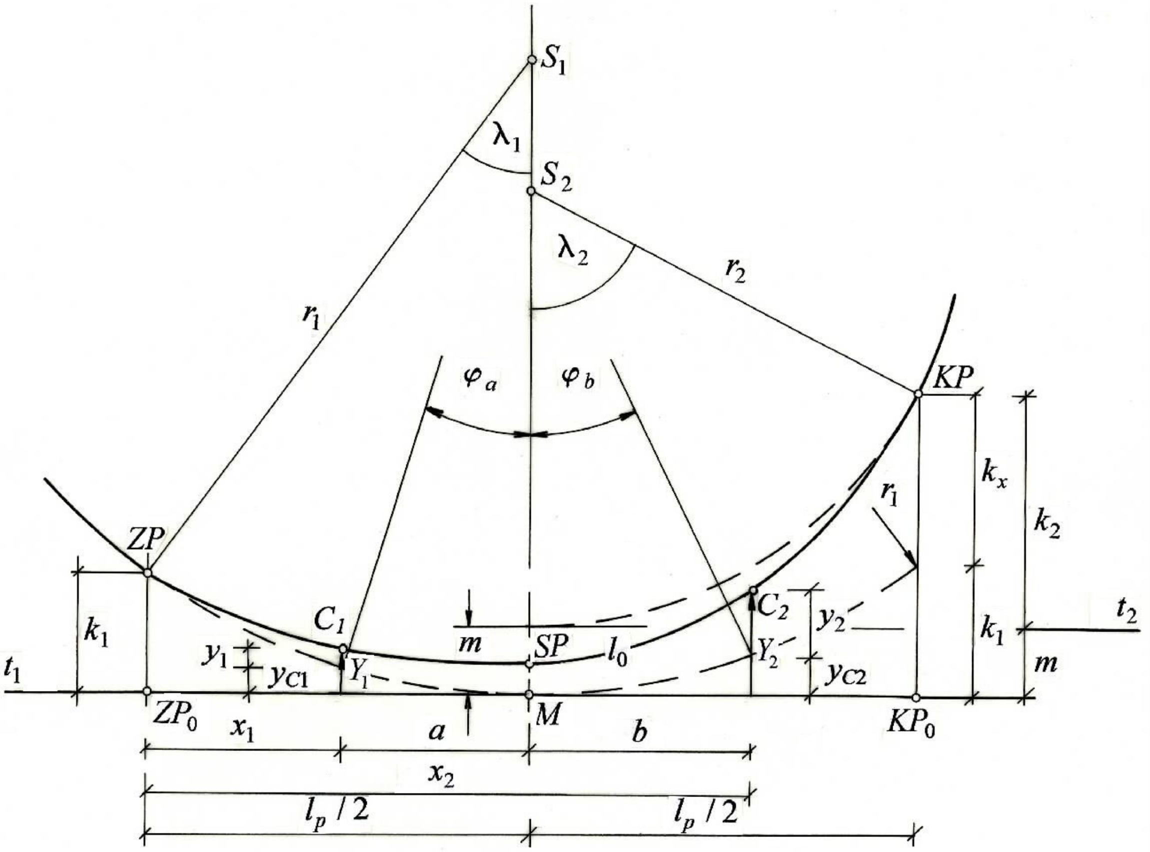
$$r_x = \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \quad . \qquad (12.55)$$

Poradnicu v koncovom bode medziľahlej prechodnice k_x a poradnice k_1 , k_2 kružnicových oblúkov k dotyčniciam t_1 , t_2 vypočítame z rovníc

$$k_x = \gamma\frac{l_p^2}{6r_x}, k_1 = r_1(1 - \cos\lambda_1), k_2 = r_2(1 - \cos\lambda_2), \qquad (12.56)$$

kde uhly λ_1 , λ_2 a koeficient γ vyjadrujú rovnice

$$\sin\lambda_x = \frac{l_p}{2r_x}, \quad \sin\lambda_1 = \frac{l_p}{2r_1}, \quad \sin\lambda_2 = \frac{l_p}{2r_2} \quad \text{a} \quad \gamma = \frac{1}{\cos\lambda_x}. \tag{12.57}$$



Obr. 12.38. Medziľahlá prechodnica

Odsadenie kružnicového oblúka o menšom polomere r_2 od dotyčnice sa vypočíta z rovnice

$$m = k_x + k_1 - k_2 \,. \tag{12.58}$$

Medziľahlá prechodnica sa vytyčuje poradnicami dotyčnice kružnicového oblúka s väčším polomerom od bodu M na obidve strany. Poradnice pre väčší polomer r_1 vypočítame z rovníc

$$Y_1 = y_1 + \eta_1, \quad Y_2 = y_2 + \eta_2 \,, \tag{12.59}$$

kde y_1 , y_2 , η_1 a η_2 vypočítame z rovníc

$$y_1 = \gamma\frac{\left(\frac{l_p}{2} - a\right)^3}{6r_x l_p} = k_x\left(\frac{x_1}{l_p}\right)^3, y_2 = \gamma\frac{\left(\frac{l_p}{2} + b\right)^3}{6r_x l_p} = k_x\left(\frac{x_2}{l_p}\right)^3, x_1 = \frac{l_p}{2} - a, x_2 = \frac{l_p}{2} + b\,, \tag{12.60}$$

$$\eta_1 = r_1(1 - \cos\varphi_a), \eta_2 = r_1(1 - \cos\varphi_b); \text{ pričom } \varphi_a = \arcsin\frac{a}{r_1}, \varphi_b = \arcsin\frac{b}{r_1}\,. \tag{12.61}$$

Dĺžka medziľahlej prechodnice v osi koľaje l_0 sa počíta z dĺžok oblúkov, vypočítaných z náhradných polomerov (pre $r_1 > r_2$) $\bar{r}_1 = r_1 - \frac{m}{4}$, $\bar{r}_2 = r_2 + \frac{m}{4}$ a oblúkom odpovedajúcim uhlom λ_1 a λ_2

$$l_0 = \left(r_1 - \frac{m}{4} \right) \lambda_1 \frac{\pi}{200} + \left(r_2 + \frac{m}{4} \right) \lambda_2 \frac{\pi}{200}. \qquad (12.62)$$

12.5.5.5 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare klotoidy

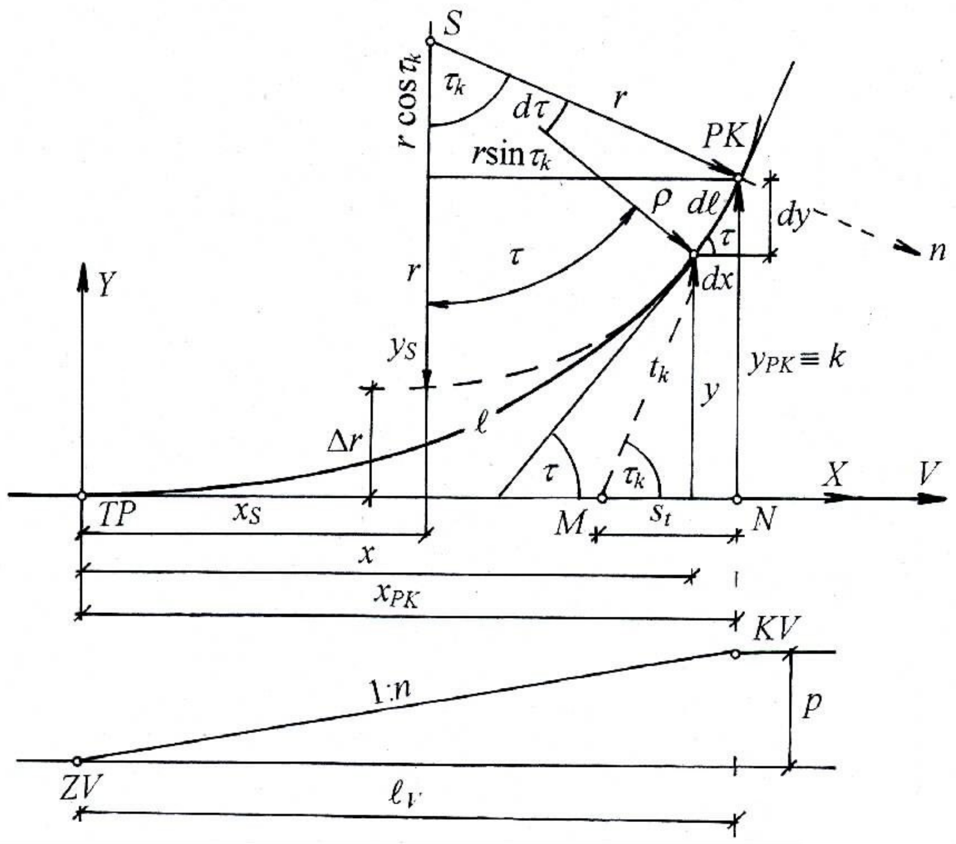
Tvar a dĺžku klotoidy vyjadruje (obr. 12.39) rovnica

$$A^2 = r\,l, \qquad (12.63)$$

kde A je parameter klotoidy,

r je polomer oskulačnej kružnice v uvažovanom bode, zvyčajne sa volí na styku prechodnice s kružnicovým oblúkom

l je dĺžka prechodnice.



Obr. 12.39. Vytyčovacie prvky klotoidy

Dĺžka prechodnice sa odvodzuje

- z prípustného prírastku odstredivého zrýchlenia za jednotku času pri jazde po prechodnici,
- z času potrebného na plynulý prechod z priameho úseku do oblúka,
- zo sklonu vzostupnice vonkajšej hrany vozovky pri zmene obojstranného priečneho sklonu v priamom úseku na dostredivý sklon v oblúku,
- z jazdno-psychologických a estetických požiadaviek.

Podľa STN 73 6101 Projektovanie ciest a diaľnic má byť vzťah medzi polomerom a dĺžkou prechodnice $0{,}1\ r < l < r$, resp. polomerom a parametrom klotoidy $0{,}33\ r < A < r$.[1)]

Na vytýčenie prechodnice v tvare klotoidy musíme vypočítať (obr. 2.39):

- uhol dotyčnice v koncovom bode prechodnice τ_k,
- pravouhlé súradnice klotoidy $x,\ y$,
- odsadenie kružnicového oblúka Δr,
- vytyčovacie prvky klotoidy: súradnice stredu kružnicového oblúka, dĺžky normály, subtangenty a tetivy.

Vzťahy medzi uhlom τ_k, dĺžkou prechodnice l a polomerom r vyjadrujú rovnice:

$$\tau_k^g = \frac{l^2}{2A^2}\rho^g, \quad l = A\sqrt{2\tau_k / \rho^g}, \quad r = \frac{A}{\sqrt{2\tau_k / \rho^g}}. \tag{12.64}$$

Pravouhlé súradnice klotoidy vypočítame z rovníc

$$\begin{aligned} x &= l - \frac{l^5}{40A^4} + \frac{l^9}{3456A^8} - \ldots, \\ y &= \frac{l^3}{6A^2} - \frac{l^7}{336A^6} + \frac{l^{11}}{42240A^{10}} - \ldots \end{aligned} \tag{12.65}$$

Rady (12.65) rýchle konvergujú, na praktické použitie stačí vypočítať iba prvé dva členy rovníc. Dosadením l do rovnice (12.65) vypočítame úsečku x_{PK} a poradnicu y_{PK} na konci prechodnice.

Odsadenie kružnicového oblúka vypočítame z rovnice

$$\Delta r = y_{PK} - r(1 - \cos\tau_k)\ . \tag{12.66}$$

Súradnice stredu kružnicového oblúka vyjadrujú rovnice

$$x_S = x_{PK} - r\sin\tau_k, y_S = r + \Delta r\ . \tag{12.67}$$

Dĺžky krátkej dotyčnice t_k, normály z a subtangenty $s_t = MN$ vypočítame z rovníc

$$t_k = \frac{y_{PK}}{\sin\tau_k}, \quad z = \frac{y_{PK}}{\cos\tau_k}, \quad s_t = y_{PK}\operatorname{cotg}\tau_k\ . \tag{12.68}$$

Vloženie prechodnice medzi dotyčnicu a kružnicový oblúk je možné iba vtedy, ak $\alpha > 2\ \tau_k$. Keď $\alpha = 2\ \tau_k$ vznikne priebežný prechodnicový oblúk, ktorý je vytvorený z dvoch prechodníc. Riešenie nie je možné, keď $\alpha < 2\ \tau_k$. Vtedy buď zväčšíme polomer oblúka, alebo zmenšíme dĺžku prechodnice.

12.5.5.6 Výpočet dĺžok dotyčníc s nerovnakými veľkosťami krajných prechodníc

Polohu bodov ZP a KP na dotyčniciach pri nerovnako dlhých prechodniciach vypočítame podľa obr. 12.40, pomocou súradníc stredu oblúka S

$$\begin{aligned} x_{S1} &= l_{p1} - r\sin\lambda_1, y_{S1} = k_1 + r\cos\lambda_2, \\ x_{S2} &= l_{p2} - r\sin\lambda_2, y_{S2} = k_2 + r\cos\lambda_2. \end{aligned} \tag{12.68}$$

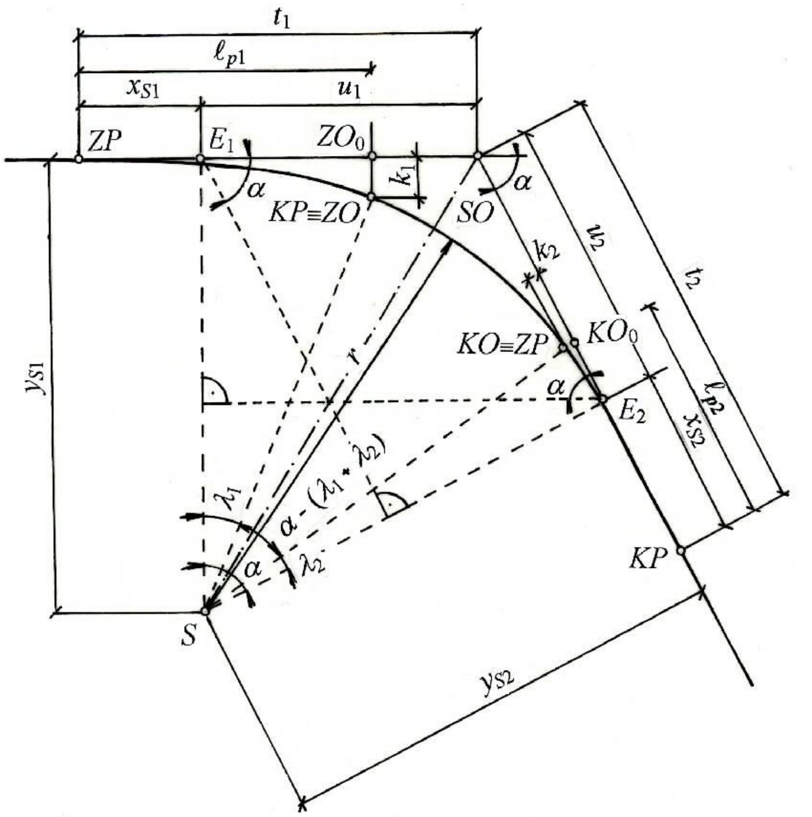
[1)] *V cestnom staviteľstve sa používa označenie R, L, A.*

Vypočítame dĺžky úsečiek u_1 a u_2

$$y_{S1} = y_{S2}\cos\alpha + u_2\sin\alpha, u_2 = \frac{y_{S1} - y_{S2}\cos\alpha}{\sin\alpha},$$
$$y_{S2} = y_{S1}\cos\alpha + u_1\sin\alpha, u_1 = \frac{y_{S2} - y_{S1}\cos\alpha}{\sin\alpha}. \qquad (12.69)$$

Vzdialenosti $t_1 = \overline{ZPV}$ a $t_2 = \overline{VKP}$ potom budú:

$$t_1 = x_{S1} + u_1,$$
$$t_2 = x_{S2} + u_2. \qquad (12.70)$$



Obr.12.40. Oblúk s nerovnako dlhými krajnými prechodnicami

12.5.6 Vytýčenie hlavných bodov kružnicového oblúka s krajnými prechodnicami v tvare paraboly 3° a 5°

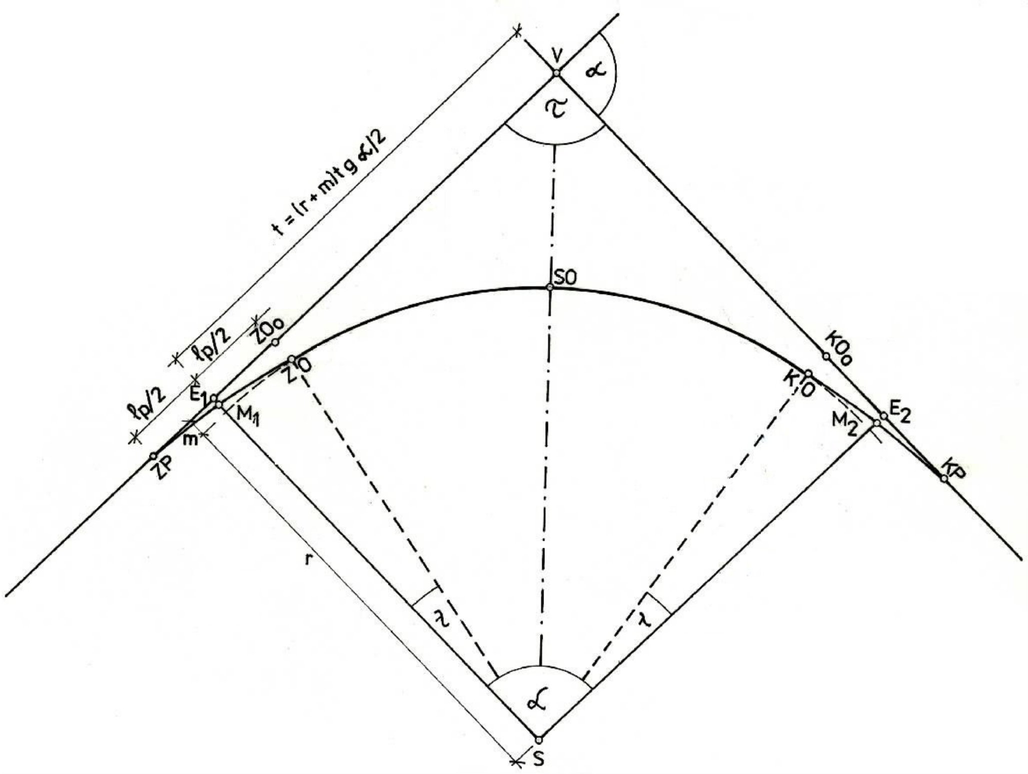
Dĺžku dotyčnice pri rovnako dlhých prechodniciach a vzdialenosť z ($\overline{VSO}$) vypočítame z rovníc

$$t = (r+m)\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}, \qquad (12.71)$$

$$z = (r+m)\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - r. \qquad (12.72)$$

Priemety stredov prechodnice na dotyčnici E_1 a E_2 vytýčime od vrcholu V alebo od pomocných bodov P_1 a P_2, ak je bod V neprístupný (obr. 12.23). Vynesením úsečiek x_S a l_p - x_S na obidve strany od bodov E_1 a E_2 dostaneme body prechodníc ZP a KP ako aj body ZO_0, resp. KO_0, ktoré sú pätami kolmíc z bodov prechodníc $KP \equiv ZO$ a $ZP \equiv KO$.

Na kolmice vytýčené v bodoch ZO_0 a KO_0 vynesieme hodnoty poradníc y_{KP} , čím dostaneme polohu bodov na začiatku ZO a konci oblúka KO. Na kolmice v bodoch E_1 a E_2 vytýčime stredy M_1 a M_2 prechodníc vo vzdialenosti y_{SP}.



Obr.12.41. Vytyčovanie kružnicového oblúka s prechodnicami v tvare paraboly 3°

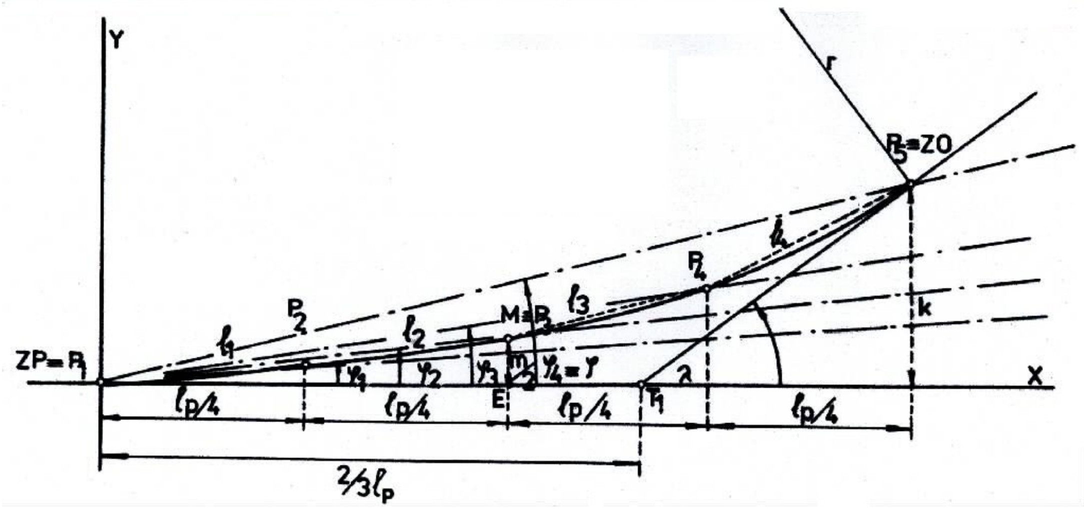
Na kolmice vytýčené v bodoch ZO_0 a KO_0 vynesieme hodnoty poradníc y_{KP} , čím dostaneme polohu bodov na začiatku ZO a konci oblúka KO. Na kolmice vztýčené v bodoch E_1 a E_2 vytýčime stredy prechodníc vo vzdialenosti y_{SP}.

Poznámka: Dĺžky kolmíc väčšie ako 2 m vytyčujeme teodolitom. Dĺžky kolmíc v intervale 0,4 m až 2 m môžeme vytýčiť použitím Pytagorovho trojuholníka, dĺžky kratšie ako 0,4 m vytýčime vizuálne (zrakom).

Vytyčovanie podrobných bodov prechodnice

Vytýčenie bodov ZP, M_1, ZO, resp. KO, M_2, KP, spravidla nestačí na vytýčenie prechodnice. Ďalšie podrobné body prechodnice vytyčujeme v párnych zlomkoch dĺžky prechodnice v závislosti od veľkosti polomeru kružnicového oblúka, pričom by vzdialenosti medzi susednými bodmi nemali prekročiť hodnoty:

$$
\begin{aligned}
&15 \text{ m pre} && r \leq 300 \text{ m},\\
&20 \text{ m pre} && 300 \text{ m} < r \leq 500 \text{ m}, \qquad (12.73)\\
&25 \text{ m pre} && r > 500 \text{ m}.
\end{aligned}
$$



Obr. 12.42. Vytyčovanie podrobných bodov prechodnice

Najvhodnejšie vytyčovanie podrobných bodov prechodnice je pomocou semipolárnej metódy. Postup vytyčovania je rovnaký ako pri kružnicovom oblúku (obr. 12.32).

Vytyčovacie prvky uhly φ_i a dĺžky $t_{(i\text{-}1),i}$ medzi susednými podrobnými bodmi (obr. 12. 42) vypočítame pomocou pravouhlých súradníc podrobných bodov x_i a y_i

$$\varphi_i = \operatorname{arctg}\frac{y_i}{x_i} \text{ a } t_{(i-1),i} = \sqrt{\left(x_i - x_{(i-1)}\right)^2 + \left(y_i - y_{(i-1)}\right)^2} \ . \tag{12.74}$$

Vytyčovanie kružnicového oblúka z koncových bodov prechodnice

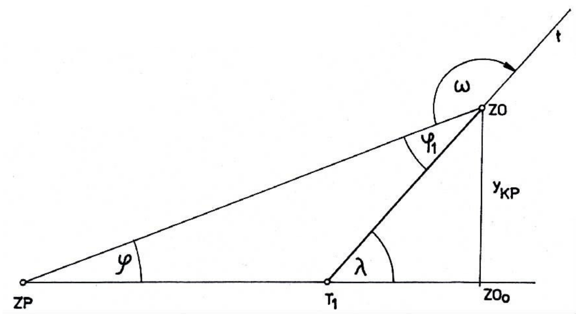
V bode dotyku prechodnice s kružnicovým oblúkom vytýčime smer dotyčnice, od ktorej vytyčujeme podrobné body kružnicového oblúka. Smer dotyčnice určuje spojnica $\overline{ZOT_1}$ + 200^g. Dotyčnicu vytýčime presnejšie napr. od spojnice $\overline{ZOZP}$ pomocou uhla ω (obr. 12.43), ktorý vypočítame podľa rovnice

$$\omega = 200^g - \varphi_1 = 200^g + \operatorname{arctg}\frac{y_{KP}}{l_p} - \lambda \ . \tag{12.75}$$

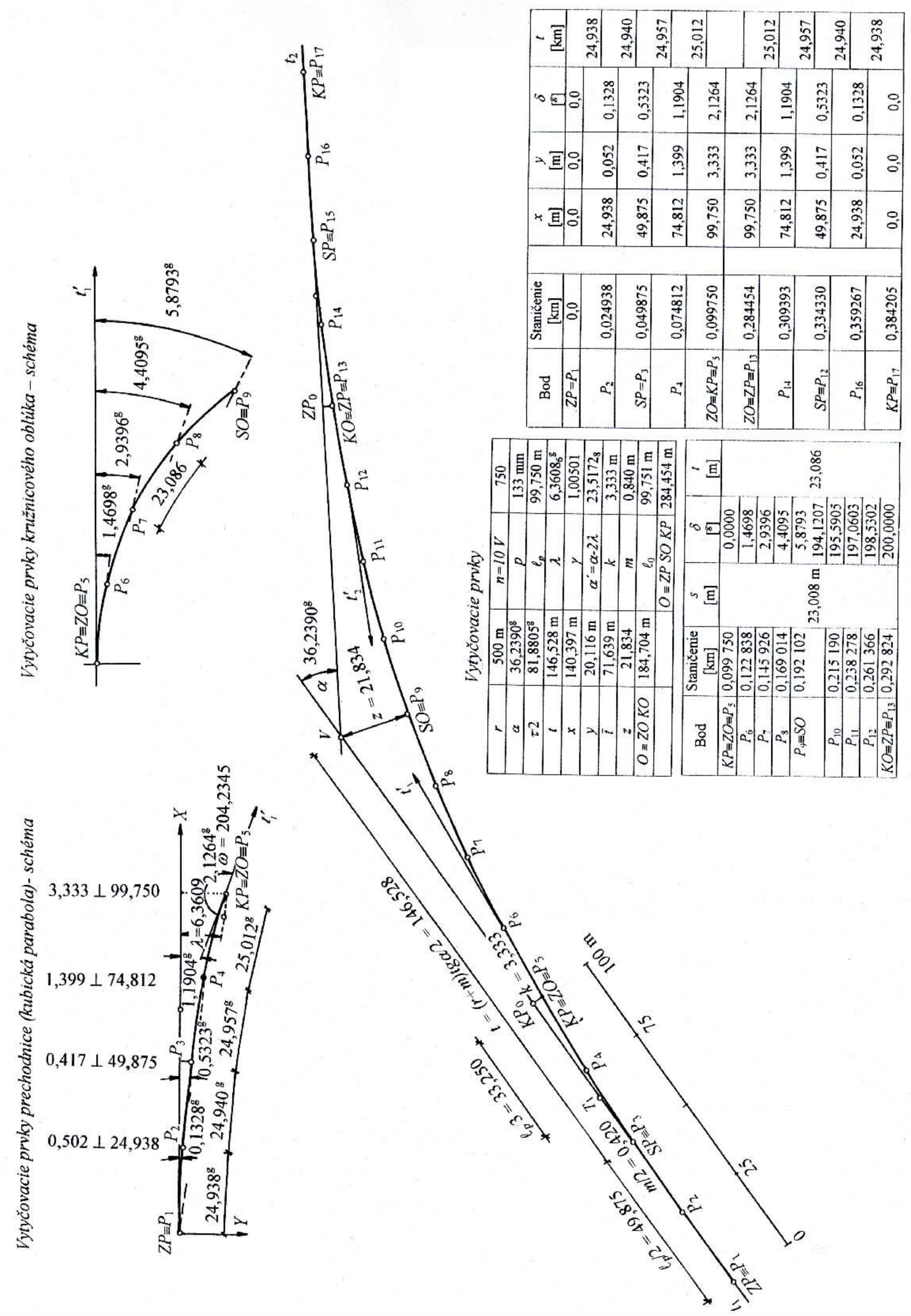
Na druhom bode dotyku kružnice a prechodnice bude uhol ω

$$\omega = 200^g + \varphi_1 = 200^g - \operatorname{arctg}\frac{y_{KP}}{l_p} + \lambda \ . \tag{12.76}$$

Po vytýčení smeru dotyčnice, podrobné body kružnicového oblúka vytyčujeme podľa kap. 12.4.4, ak stredový uhol kružnicového oblúka bude $\alpha - 2\,\lambda$.



Obr. 12.43. Vytýčenie dotyčnice v koncovom bode prechodnice



Vytyčovacie prvky

r	500 m	$n=10\ V$	750
α	36,2390g	p	133 mm
$\tau 2$	81,8805g	ℓ_p	99,750 m
t	146,528 m	λ	6,3608₆g
x	140,397 m	γ	1,00501
y	20,116 m	$\alpha' = \alpha - 2\lambda$	23,5172g
$\bar{t}$	71,639 m	k	3,333 m
z	21,834	m	0,840 m
$O \equiv ZO\ KO$	184,704 m	ℓ_0	99,751 m
		$O \equiv ZP\ SO\ KP$	284,454 m

Bod	Staničenie [km]	s [m]	δ [g]	t [m]
$KP \equiv ZO \equiv P_5$	0,099 750		0,0000	
P_6	0,122 838		1,4698	
P_7	0,145 926		2,9396	
P_8	0,169 014		4,4095	
$P_9 \equiv SO$	0,192 102	23,008 m	5,8793 194,1207	23,086
P_{10}	0,215 190		195,5905	
P_{11}	0,238 278		197,0603	
P_{12}	0,261 366		198,5302	
$KO \equiv ZP \equiv P_{13}$	0,292 824		200,0000	

Bod	Staničenie [km]	x [m]	y [m]	δ [g]	t [km]
$ZP \equiv P_1$	0,0	0,0	0,0	0,0	
P_2	0,024938	24,938	0,052	0,1328	24,938
$SP \equiv P_3$	0,049875	49,875	0,417	0,5323	24,940
P_4	0,074812	74,812	1,399	1,1904	24,957
$ZO \equiv KP \equiv P_5$	0,099750	99,750	3,333	2,1264	25,012
$ZO \equiv ZP \equiv P_{13}$	0,284454	99,750	3,333	2,1264	
P_{14}	0,309393	74,812	1,399	1,1904	25,012
$SP \equiv P_{12}$	0,334330	49,875	0,417	0,5323	24,957
P_{16}	0,359267	24,938	0,052	0,1328	24,940
$KP \equiv P_{17}$	0,384205	0,0	0,0	0,0	24,938

Obr. 12.44. Vytyčovanie oblúka s prechodnicami v tvare kubickej paraboly a priamou vzostupnicou

Príklad 12.1 :

Oblúk s prechodnicami v tvare kubickej paraboly a s priamou vzostupnicou má vytyčovacie prvky: r = 500 m, $\alpha = 36{,}2390^g$, V = 75 km h^{-1}, p = 133 mm. Vytyčovacie prvky hlavných bodov oblúka a vytyčovacie prvky na podrobné vytýčenie oblúka a prechodnice sú na obr. 12.44.

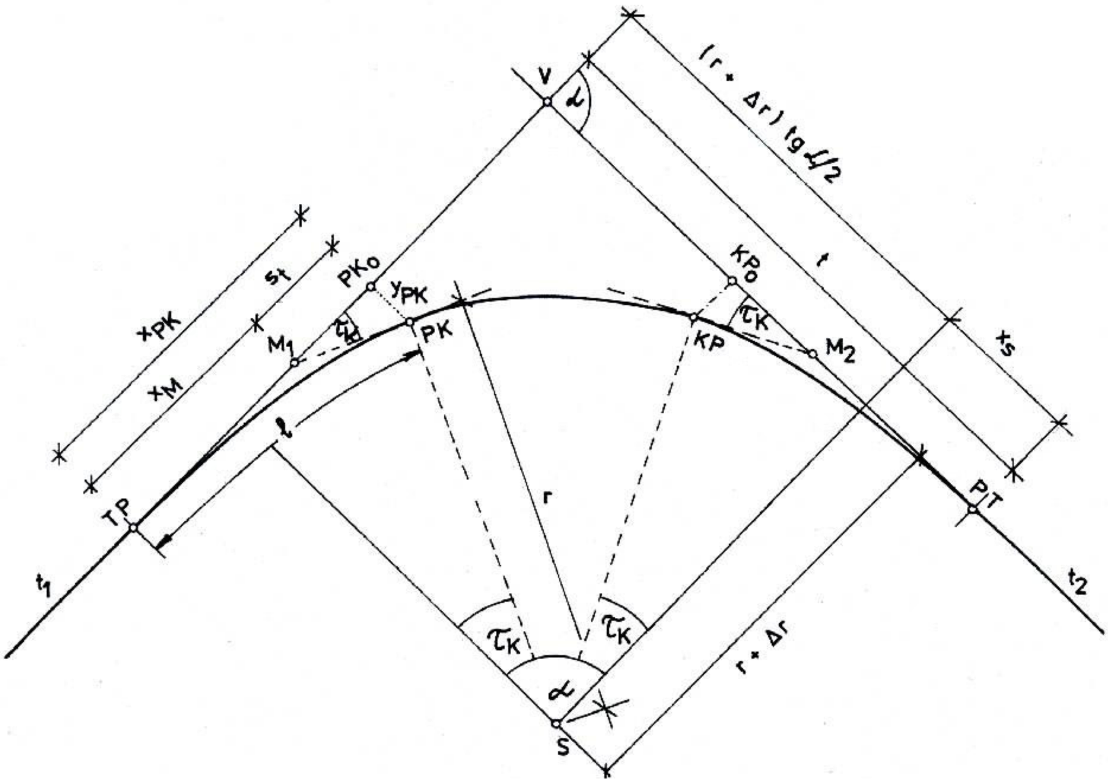
Presnosť podrobného vytýčenia na železnici

Kritériom presnosti vytýčenia podrobných bodov sú krajné pozdĺžne a priečne odchýlky vo vzťahu k hlavným bodom trasy (kap. 12.9). Neprekročenie týchto odchýlok má zaistiť polohovo vyhovujúce vytýčenie trasy.

Vytýčenie ďalej musí zodpovedať STN 73 6360, kde je určená stavebná odchýlka od určeného vzopätia a rozdiel dvoch susedných odchýlok od stanoveného vzopätia na kružnicovom oblúku a na prechodnici. Vzopätia meriame na vonkajšom koľajnicovom páse nad stredom tetivy o dĺžke b.

Na prevádzku železnice je rozhodujúca tvarová správnosť vytýčenia príslušnej krivky. Zachovanie predpísanej krivosti je závislé na veľkosti priečnych odchýlok susedných troch vytýčených podrobných bodov. Stredná chyba vzopätia m_f je jediným hodnotiacim kritériom tvarovej správnosti vytýčenia krivky. Hladkosť vytýčenia krivky sa posudzuje porovnaním dvoch susedných odmeraných vzopätí s teoretickými hodnotami. Mierou presnosti vytýčenia je potom stredná chyba rozdielu dvoch susedných vzopätí $m_{\Delta f}$. Hodnoty odchýlok od projektovaného vzopätia (Δf) na kružnicovom oblúku a prechodnici sú v S TN 73 6360. Výpočet f a je uvedený v kap. 12.59.

2.5.7 Vytýčenie kružnicového oblúka s prechodnicami v tvare klotoidy



Obr. 12.45. Vytyčovanie kružnicového oblúka s prechodnicami v tvare klotoidy

Dĺžku dotyčnice t a vzdialenosť z ($\overline{VSO}$) na kružnicovom oblúku s prechodnicou v tvare klotoidy (obr. 2.45) vypočítame z rovníc

$$t = x_S + (r + \Delta r)\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}, \qquad (12.77)$$

$$z = (r + \Delta r)\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - r\ . \qquad (12.78)$$

Vo vzťahu k vrcholu dotyčnicového polygónu, vytýčime na dotyčniciach začiatok (*TP*, resp. *PT*) a koniec prechodnice (*PK*, resp. *KP*) pomocou úsečiek t, x_{PK}, y_{PK}.

Polohu bodov T_1 a T_2 vytýčime dvakrát od bodov *TP*, resp. *PT* pomocou úsečiek $x_{T1} = x_{PK} - s_t$ a od bodu PK_0, resp. KP_0 pomocou úsečky s_t. Spojnice bodov T_1 a *PK*, resp. T_2 a *KP* vytvárajú spoločné dotyčnice pre prechodnicu a kružnicový oblúk.

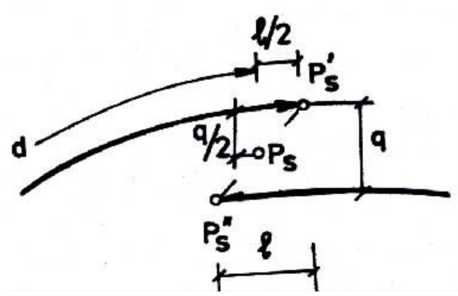
Vytýčenie dotyčnice a vytyčovanie podrobných bodov klotoidy a kružnicového oblúka je podobné, ako sme to uviedli v predchádzajúcich častiach.

Príklad 12.2:

Oblúk s prechodnicami v tvare klotoidy je určený parametrami: $r = 300$ m , $A = 160$, $\alpha = 44{,}0310^g$. Vytyčovacie prvky hlavných bodov oblúka a vytyčovacie prvky na podrobné vytýčenie oblúka a prechodnice sú na obr. 12.46.

Vyrovnanie priečnej odchýlky zistenej na stykovom bode. Účinkom nevyhnutných chýb pri vytyčovaní nebude stykový bod identický. Vytyčovaním z oboch smerov dostaneme body P_S' a P_S''.

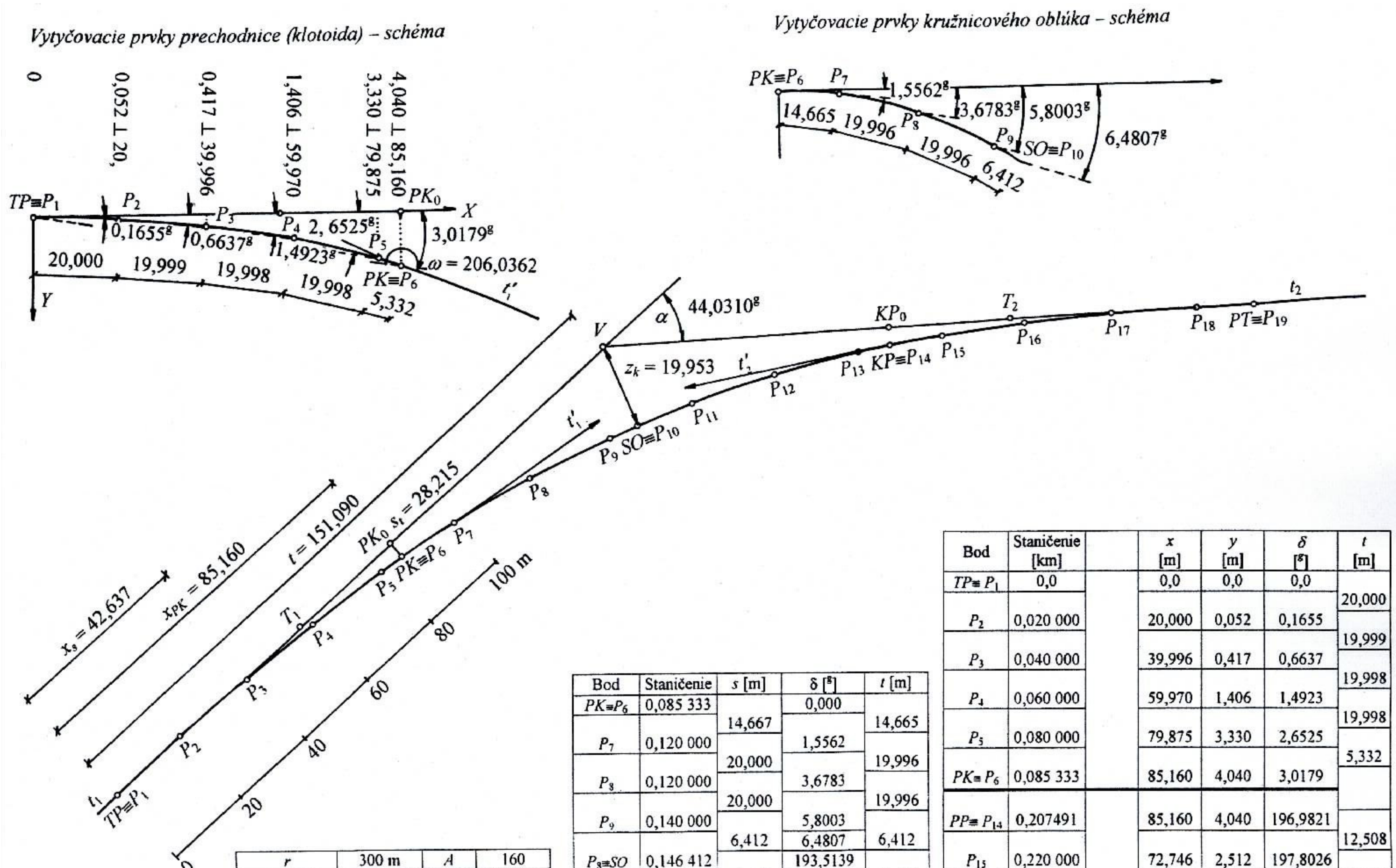
Vzdialenosť medzi nimi v smere oblúka je pozdĺžna odchýlka p, vzdialenosť v smere normály je priečna odchýlka q (obr. 12.47). Odchýlky p a q porovnáme s krajnými odchýlkami uvedenými v STN 73 0422. Ak ich neprekračujú, odchýlky lineárne vyrovnáme podľa počtu bodov. Opravy z priečnej odchýlky vyrovnávame v smere normály. Odchýlka v pozdĺžnom smere sa spravidla nevyrovnáva.



Obr. 12.47. Odchýlky po vytýčení kružnicového oblúka

12.5.8 Podrobné vytyčovanie bodov prechodnice kružnicového oblúka pre smerovú opravu koľaje

V kapitolách 12.5.3 a 12.5.6 sme si ukázali postup výpočtu vytyčovacích prvkov a vytyčovania hlavných a podrobných bodov kružnicového oblúka a prechodnice. Vzdialenosti vytýčených bodov sú v odstupoch 15 až 30 m a v niektorých prípadoch až 50 m. Táto hustota bodov nepostačuje na položenie koľaje do projektovaného stavu pri komplexnej rekonštrukcii železničného zvršku a pri periodických opravách koľaje založených na absolútnych princípoch, kedy sa koľaj smerovacími a podbíjacími mechanizmami upravuje do projektovaného tvaru. Vtedy sa vyžaduje hustota



r	300 m	A	160
α	44,0310g	ℓ	85,333 m
z_k	19,953 m	τ_k	9,0541g
t	151,090 m		
t_k	28,502 m	y_{PK}	4,040 m
n	4,081 m	x_{PK}	85,160
s_t	28,215 m	Δ r	1,011
O = ZO KO	122,158 m	x_s	42,637
O=PT SO TP	292,824 m	y_s	301,011

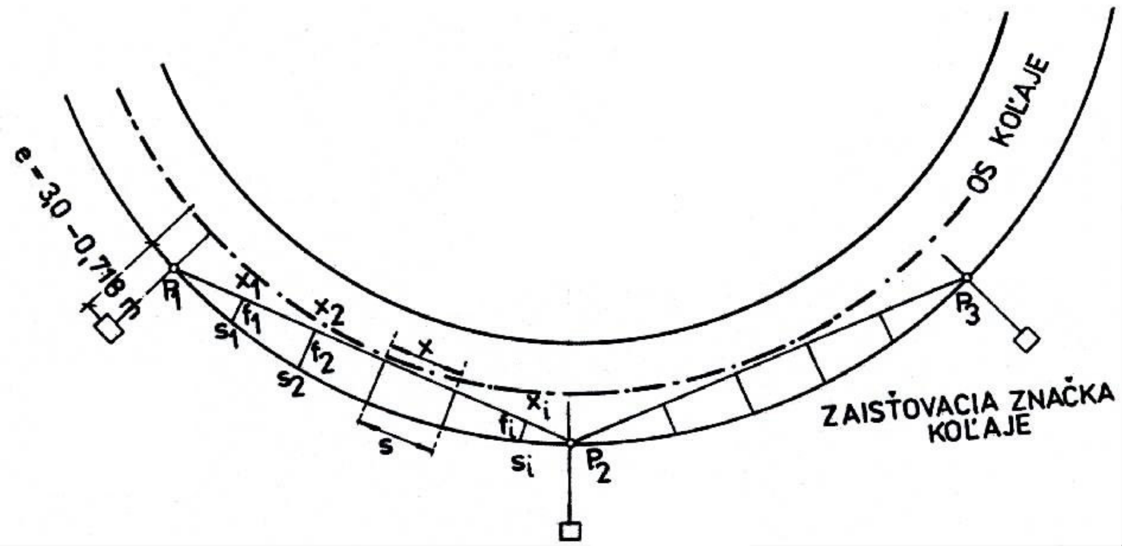
Bod	Staničenie	s [m]	δ [g]	t [m]
PK≡P6	0,085 333		0,000	
		14,667		14,665
P7	0,120 000		1,5562	
		20,000		19,996
P8	0,120 000		3,6783	
		20,000		19,996
P9	0,140 000		5,8003	
		6,412	6,4807	6,412
P8≡SO	0,146 412		193,5139	
		13,588	194,9610	13,586
P11	0,160 000			
		20,000	197,0831	19,996
P12	0,180 000			
		20,000	199,2052	19,996
P13	0,200 000			
		7,491	200,000	7,491
KP≡P14	0,207 491			

Bod	Staničenie [km]		x [m]	y [m]	δ [g]	t [m]
TP≡P1	0,0		0,0	0,0	0,0	
						20,000
P2	0,020 000		20,000	0,052	0,1655	
						19,999
P3	0,040 000		39,996	0,417	0,6637	
						19,998
P4	0,060 000		59,970	1,406	1,4923	
						19,998
P5	0,080 000		79,875	3,330	2,6525	
						5,332
PK≡P6	0,085 333		85,160	4,040	3,0179	
PP≡P14	0,207491		85,160	4,040	196,9821	
						12,508
P15	0,220 000		72,746	2,512	197,8026	
						19,998
P16	0,220 000		52,808	0,959	198,8440	
						19,998
P17	0,260 000		32,823	0,230	199,5539	
						20,000
P18	0,280 000		12,824	0,014	199,9305	
						12,824
PT≡P19	0,292 824		0,0	0,0	200,000	

Obr. 12.46. Oblúk s prechodnicami v tvare klotoidy

vytýčených bodov vo vzdialenostiach 2 až 5 m v súlade s krokom automatickej strojnej podbíjačky. Vytýčenie bodov k takejto hustote predchádzajúcimi metódami by nebolo efektívne a ani by sa nesplnila vyžadovaná presnosť. Uskutočníme ho vo vzťahu k vytýčeným podrobným bodom kružnicového oblúka a prechodnice, ktoré v čase takéhoto podrobného vytyčovania sú už odsadené od osi koľaje na zaisťovacích značkách koľaje.

Body zo zaisťovacích značiek premietneme do priestoru, kde sa má nachádzať od osi koľaje odsadený koľajnicový pás napr. $e' = 3{,}0 - 0{,}718$ m $= 2{,}282$ m (obr. 12.48). Vytýčené body stabilizujeme osobitnou príchytkou ku koľajnicovému pásu. Medzi susednými bodmi vytvárame dlhú tetivu, na ktorej vo vyžadovaných odstupoch vypočítame vzopätia f_i. Vypočítané vzopätia sa porovnajú s odmeranými vzopätiami a zistené rozdiely predstavujú opravy, ktoré je potrebné nasadiť k existujúcej polohe osi oblúka alebo prechodnice. Opravy sa zapisujú na stojine koľajnice podľa dohovoru, napr. kladná oprava znamená posun osi koľaje napravo, záporná posun naľavo v smere staničenia.



Obr. 12.48. Podrobné vytyčovanie kružnicového oblúka

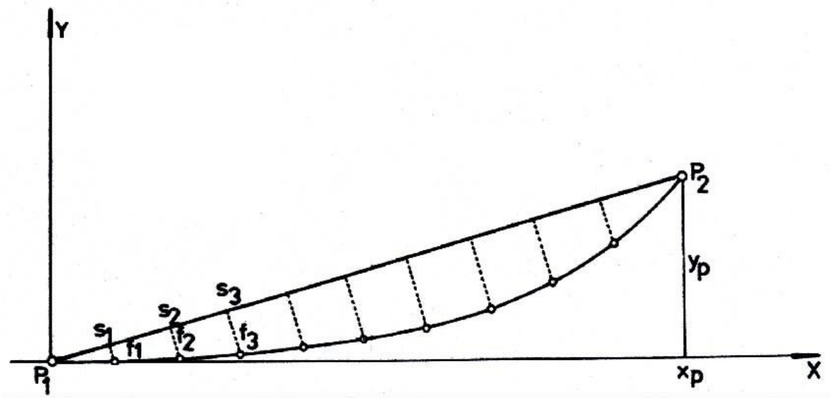
Dlhá tetiva sa vytvára opticky medzi teodolitom a cieľovou značkou, ktoré sú scentrované nad koncovými bodmi P_1, P_2; P_2, P_3 atď. Merané hodnoty vzopätia f_i' odmeriame meradielkom vo vyznačených miestach s_i. Odstupy volíme v rovnakej hustote priebežne, napr. od začiatku smerovej opravy koľaje. Neznamená to však, že v určitých vzdialenostiach sa nemôžu zmeniť. Ak napr. pred bodom P_2 (obr. 12.48) bol úsek Δs_1, za bodom P_2 je úsek $s - \Delta s_1$.

Výpočet vzopätí na prechodnici

V súradnicovom systéme prechodnice vypočítame poradnice y_i bodov P_i, ležiacich na rovnako dlhých odstupoch prechodnice, o ktorých platí $l_i \approx x_i$ (obr. 12.49). Výpočet uskutočníme postupným dosadzovaním hodnôt l_i za x_i do rovnice (12.39). Vzopätia k súradnicovo určeným bodom prechodnice $P_i(x_i, y_i)$ vypočítame ako dĺžky kolmíc spustených na príslušnú tetivu.

Vzopätia a staničenia na tetive vypočítame transformáciou súradníc bodov zo systému XY do systému $\overline{XY}$. Uhol rotácie α (obr. 12.50) vypočítame z rovnice

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}}, \tag{12.78}$$

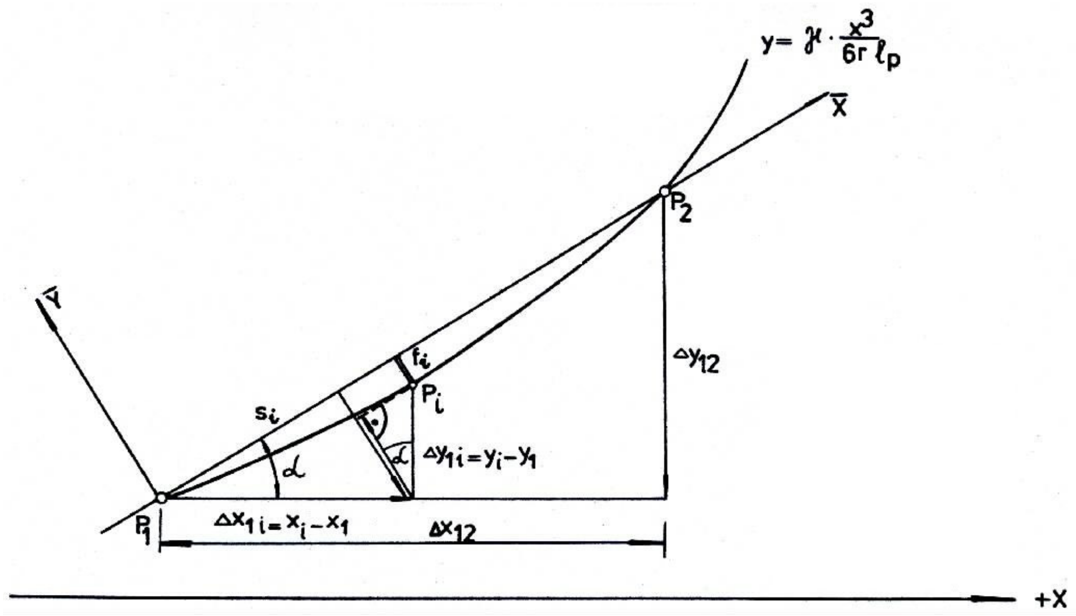


Obr. 12.49. Dlhá tetiva na prechodnici

vzopätia a staničenia vypočítame podľa rovníc

$$f_i = \Delta x_{1i} \sin \alpha - \Delta y_{1i} \cos \alpha ,$$

$$s_i = \Delta x_{1i} \cos \alpha + \Delta y_{1i} \sin \alpha . \tag{12.79}$$



Obr. 12.50. Výpočet vzopätia na prechodnici

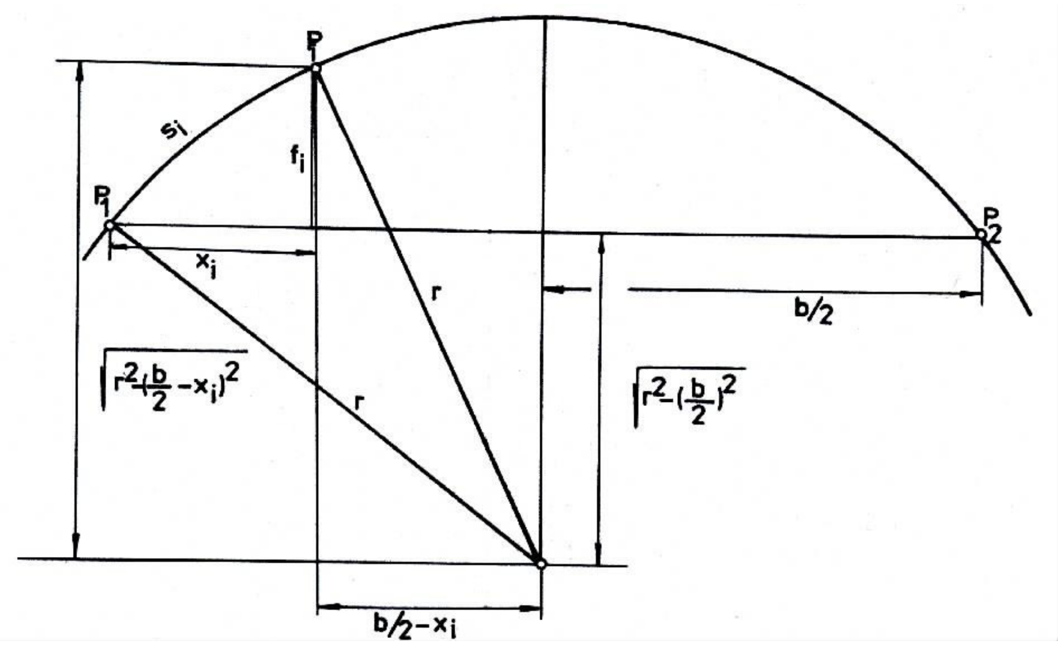
Výpočet vzopätia na kružnicovom oblúku

Vzopätia nad dlhou tetivou kružnicového oblúka vypočítame podľa rovnice

$$f_i = \sqrt{r^2 - \left(\frac{b}{2} - x_i\right)^2} - \sqrt{r^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2} . \tag{12.80}$$

Odvodenie rovnice je zrejmé podľa obr. 12.51. Vzopätia počítame do polovice a od polovice dlhej tetivy. Pri vytyčovaní úsekov s_i na oblúku vychádzame z predpokladu, že $s_i \approx x_i$.

Vzopätia na styku priameho úseku a prechodnice, prechodnice a kružnicového oblúku, atď., vypočítame tak, že v odstupoch s_i vypočítame súradnice bodov P_i na príslušných smerových úsekoch koľaje. Vzopätia počítame ako na prechodnici s použitím rovníc (12.78) a (12.79). Ak vzopätia meriame na vonkajšom koľajnicovom páse, pri exaktnom výpočte zväčšíme hodnotu polomeru o polovicu rozchodu koľaje. Prístrojom GLUNI meriame vzopätia v osi koľaje.



Obr. 12.51. Výpočet vzopätia na kružnicovom oblúku

Pred podrobným vytyčovaním porovnáme vzdialenosti medzi zaisťovacími značkami koľaje. Ak je nesúlad medzi danou a odmeranou dĺžkou, alebo ak je značka poškodená, môžeme sa pripojiť na ďalšiu zaisťovaciu značku.

Naznačený postup podrobného vytyčovania koľaje po príslušnej príprave a výpočtoch je veľmi rýchly a dá sa podľa potreby pred každou opravou koľaje bezprostredne zopakovať. Vychádza však zo závažnej požiadavky, že poloha zaisťovacích značiek zodpovedá presnému odsadeniu vytýčených bodov prechodnice a oblúka, a presnosť vytýčenia je v súlade s STN 73 0422.

13.5.9 Kontrola vytýčenia prechodníc a oblúkov

Správnosť polohy koľaje v prechodnici a kružnicovom oblúku kontrolujeme pomocou vyžadovaného vzopätia v strede tetivy, ktoré porovnávame s odmeranými vzopätím. Povolené odchýlky uvádza STN 73 6360. Závisia od najväčšej povolenej rýchlosti na trati a druhu stavebnej činnosti na trati, resp. vyznačujú dovolené odchýlky za prevádzky na trati. Vyžadované vzopätie na kružnicovom oblúku vypočítame úpravou rovnice (12.19), keď zanedbáme rozdiel vzopätia v osi koľaje a na vonkajšom koľajnicovom páse:

$$f \approx \frac{b^2}{8\,r} \qquad (12.81)$$

Na prechodnici veľkosť vzopätia pre zvolené b (b = 10, 16 alebo 24 m) vypočítame podľa rovnice

$$f_p = f\,\frac{x}{\ell_p}, \qquad (12.82)$$

kde x znamená vzdialenosť, v ktorej sa meria vzopätie od začiatku prechodnice,

f je veľkosť vzopätia na priľahlom oblúku o polomere r.

Po ukončení obnovy alebo rekonštrukcii železničného zvršku, odchýlka od určeného vzopätia nemá prekročiť hodnotu

$$\Delta f = \frac{100\, b^2}{V^2} + \frac{b^2}{100} \qquad [\text{mm, m, km h}^{-1}\text{, m}] \tag{12.83}$$

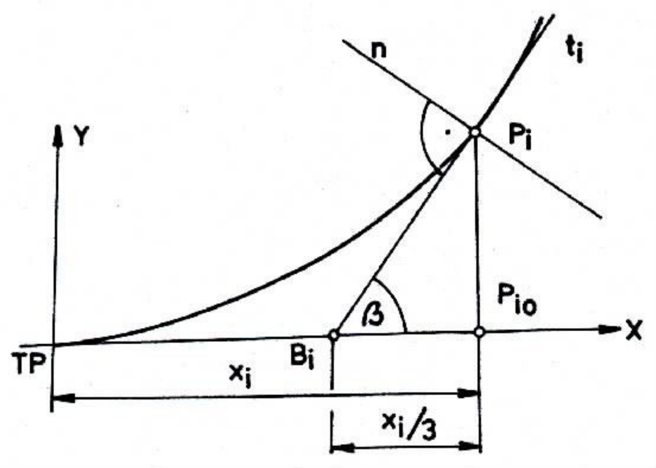
a pre $V > 160 \text{ km h}^{-1}$

$$\Delta f = \frac{200\, b^2}{V^2} \qquad [\text{mm, m, km h}^{-1}] \; .$$

Okrem toho rozdiel dvoch susedných odchýlok od určeného vzopätia nesmie tiež prekročiť Δf .

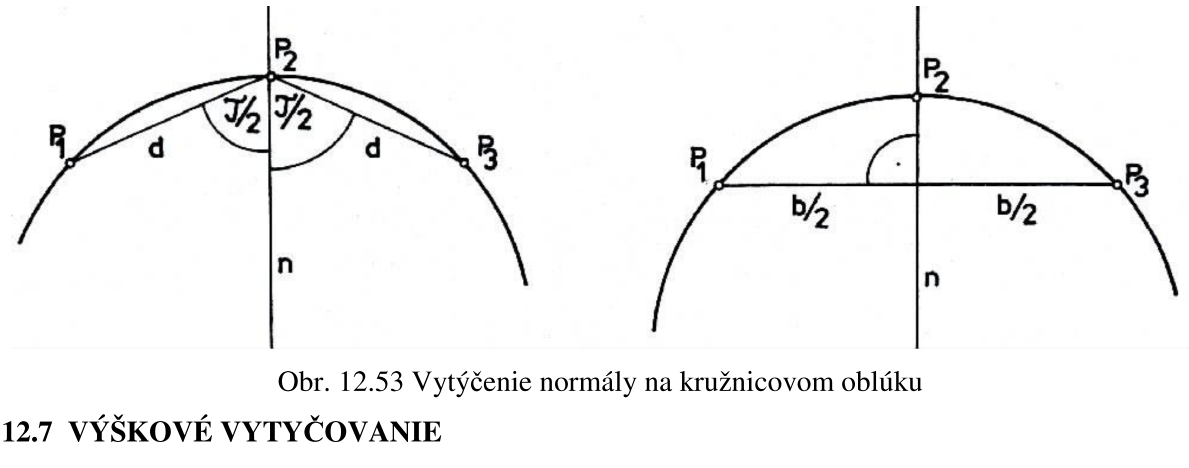
12.6 VYTÝČENIE NORMÁLY KU KRIVKE

Pri vytyčovaní prechodnice a oblúka sa nám môže vyskytnúť úloha vytýčenia normály k príslušnej krivke. Podľa požiadaviek na presnosť, normálu vytýčime pentagónom alebo teodolitom.



Obr. 12.52. Vytýčenie normály na prechodnici

Normálu k prechodnici v danom bode o súradnici x_i vytýčime ako kolmicu k dotyčnici t_i. Podľa obr. 12.52 nám spojnica P_iB_i predstavuje dotyčnicu. Bod B_i vytýčime od bodu P_{i0} vo vzdialenosti $x_i/3$. Na obr. 12.53 sú iné metódy vytýčenia normály.



Obr. 12.53 Vytýčenie normály na kružnicovom oblúku

12.7 VÝŠKOVÉ VYTYČOVANIE

Výšky, resp. prevýšenia najčastejšie vytyčujeme nivelačným prístrojom, alebo teodolitom. Použitie toho-ktorého prístroja závisí od členitosti terénu, vyžadovanej presnosti a vzdialenosti k vytyčovanému bodu.