

Obliczenia dotyczące punktów głównych i punktów pośrednich każdego z łuków kołowych tworzących łuk koszowy, jak też łuku koszowego z użyciem okręgu ekwiwalentnego, mogą zostać wykonane zgodnie z zasadami i wzorami podanymi w podrozdziale 2.1.

3.2. Wyznaczanie układów geometrycznych w postaci łuku kołowego z kloidami

Układ geometryczny w postaci łuku kołowego z kloidami może być rozpatrywany w dwóch wariantach:

- łuk kołowy z symetrycznymi łukami klotoidy,
- łuk kołowy z niesymetrycznymi łukami klotoidy.

Wpisanie układu symetrycznego między dwa odcinki proste o kącie zwrotu trasy równym γ wymaga spełnienia warunku $\gamma \geq 2\tau_L$, gdzie τ_L jest kątem zwrotu stycznej w końcowym punkcie klotoidy. Z kolei podobny warunek w układzie niesymetrycznym ma postać $\gamma \geq \tau_{L1} + \tau_{L2}$, gdzie τ_{L1} i τ_{L2} są kątami zwrotu stycznej w końcowym punkcie odpowiednio pierwszej i drugiej krzywej przejściowej.

3.2.1. Łuk kołowy z symetrycznymi łukami klotoidy

Łuk kołowy z symetrycznymi łukami klotoidy przedstawiono na rys.3.3, z którego wynika, że jest spełniona następująca zależność:

$$\gamma = 2\tau_L + \alpha \quad (3.18)$$

gdzie α jest kątem środkowym przypadającym na łuk kołowy. Wartości kątów τ_L i α mogą wynikać z założeń projektowych lub mogą zostać określone z uwzględnieniem warunków dotyczących doboru parametru A klotoidy, które opisano w p. 2.2.7.

Wyznaczenie łuku kołowego z symetrycznymi kloidami wymaga w pierwszej kolejności określenia położenia punktów P_1 i P_2 (stanowiących punkty styku odcinków prostych z początkiem i końcem całego przejścia krzywoliniowego w sekwencji klotoida – łuk kołowy – klotoida) na dwóch odcinkach prostych, przecinających się w punkcie W . Zgodnie z rys. 3.3 odległości WP_1 i WP_2 odpowiadają długości stycznej całkowitej, którą można wyrazić jako:

$$T_W = T_O + X_O \quad (3.19)$$

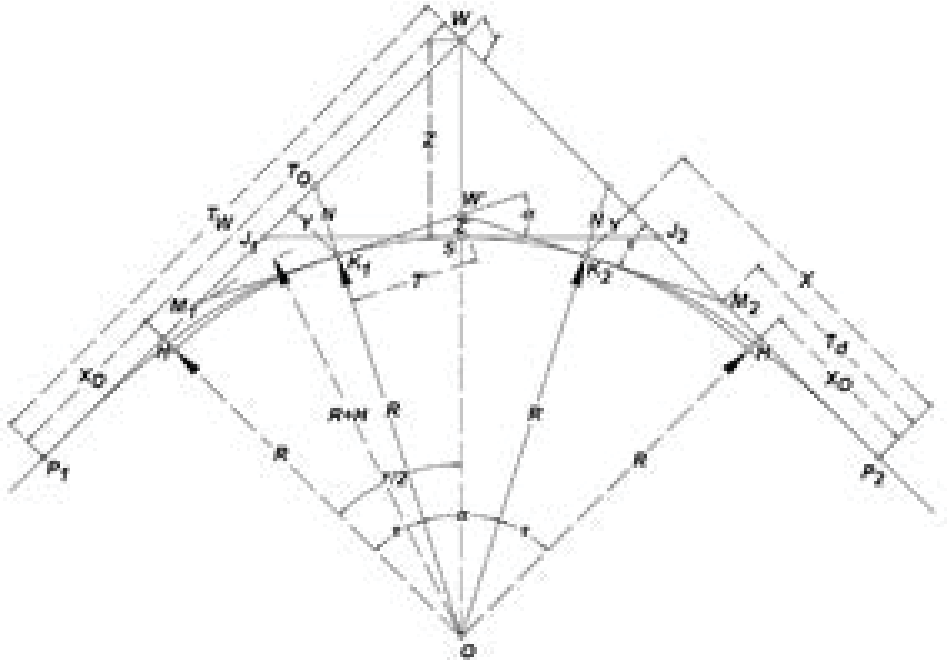
przy czym

$$T_o = (R + H) \tan \frac{\gamma}{2} \quad (3.20)$$

gdzie:

H – odsunięcie koła krzywizny od stycznej głównej, opisane wzorem (2.73), (2.84) lub (2.86),

X_o – odcięta środka koła krzywizny, opisana wzorem (2.87).



Rys. 3.3. Łuk kołowy z symetrycznymi łukami klotoidy

Znane położenie punktów P_1 i P_2 umożliwia w następnej kolejności wyznaczenie obydwu gałęzi krzywej przejściowej, tj. między punktami P_1 i K_1 oraz między punktami P_2 i K_2 . W obydwu przypadkach podstawę stanowią elementy konstrukcyjne klotoidy, które przedstawiono w p. 2.2.6. Są nimi:

- odsunięcie koła krzywizny od stycznej głównej,
- odcięta środka koła krzywizny w punkcie końcowym klotoidy,
- rzędna środka koła krzywizny w punkcie końcowym klotoidy,
- długość stycznej głównej,
- długość długiej stycznej,
- długość krótkiej stycznej,

- długość normalnej,
- długość podstycznej,
- długość podnormalnej,
- współrzędne końca klotoidy.

Wzory niezbędne do wyznaczenia współrzędnych, w tym również współrzędnych punktów pośrednich, podano w punktach 2.2.2 i 2.2.3.

Elementem łączącym obydwie gałęzie klotoidy jest łuk kołowy, którego geometrię określa promień R i kąt środkowy α . Zgodnie z rys. 3.3 punkty skrajne łuku kołowego pokrywają się z końcowymi punktami K_1 i K_2 obydwu klotoid. Styczne w punktach K_1 i K_2 przecinają się w wierzchołku W' , tworząc kąt zwrotu równy α . Na podstawie rys. 3.3 można też określić odległość środkowego punktu (S) układu klotoida – łuk kołowy – klotoida (pokrywającego się ze środkiem łuku kołowego) od wierzchołka W . Odległość ta jest wyrażona zależnością:

$$WS = Z = (R + H) \left(\sec \frac{\gamma}{2} - 1 \right) + H \quad (3.21)$$

Z rys. 3.3 wynika ponadto, że odległość środka S łuku kołowego od wierzchołka W' można wyrazić znanym już wzorem (2.2):

$$W'S = Z' = R \left(\sec \frac{\gamma}{2} - 1 \right) \quad (3.22)$$

Położenie punktu S można też określić z użyciem wzorów podanych w p. 2.1.1. Z kolei do wyznaczenia punktów pośrednich względem stycznych M_1W' i M_2W' lub względem cięciwy K_1K_2 można wykorzystać wzory podane w p. 2.1.2.

3.2.2. Łuk kołowy z niesymetrycznymi łukami klotoidy

Przejście krzywoliniowe w postaci łuku kołowego z niesymetrycznymi łukami klotoidy jest przedstawione na rys. 3.4. Wyznaczenie takiego układu geometrycznego wymaga znajomości promienia R łuku kołowego oraz podziału znanego kąta zwrotu trasy (γ) na trzy części odpowiadające kątom τ_{L1} , τ_{L2} i α tak, aby:

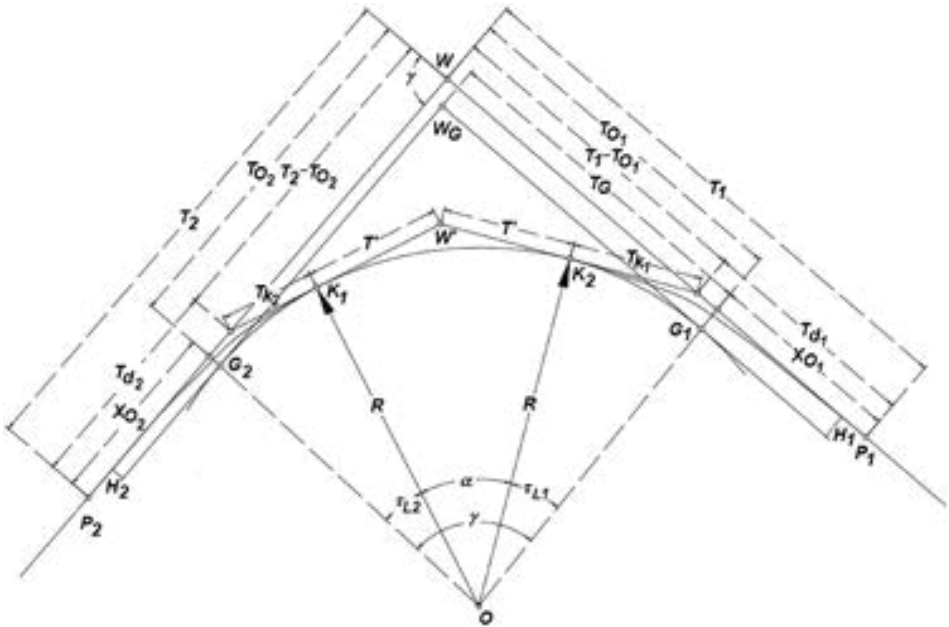
$$\tau_{L1} + \alpha + \tau_{L2} = \gamma \quad (3.23)$$

przy czym:

τ_{L1} i τ_{L2} – kąty zwrotu stycznej w końcowym punkcie odpowiednio pierwszej i drugiej krzywej przejściowej,
 α – kąt środkowy przypadający na łuk kołowy.

Sposób podziału może wynikać z założeń projektowych, może też zostać ustalony na podstawie innych danych dotyczących wyznaczanego układu geometrycznego.

Kolejny możliwy zestaw danych dotyczy sytuacji, gdy znane są kąt γ , promień R oraz położenie środka O łuku kołowego względem obu stycznych. Z powyższych danych wynikają wartości H_1 i H_2 . Następnie, na podstawie (2.83) lub (2.84), można obliczyć długości łuków L_1 i L_2 obydwu kłotoid, skąd – na podstawie (2.39) – wynikają wartości kątów τ_{L1} i τ_{L2} . W obydwu powyższych przypadkach dalsza procedura obliczeniowa jest analogiczna.



Rys. 3.4. Łuk kołowy z niesymetrycznymi łukami kłotoidy

Jeszcze inna możliwość to sytuacja, gdy dane są kąt γ i promień R , a przyjmie się założenie, że stosunek długości łuków poszczególnych krzywych wynosi:

$$L_1 : L_{lk} : L_2 = 1 : m : n \quad (3.24)$$

przy czym L_{lk} jest długością łuku kołowego. Zgodnie z [Lipiński, 1993], uwzględniając (3.24), kąt γ można podzielić na trzy części według następujących wzorów:

$$\tau_{L1} = \frac{1}{1 + 2m + n} \gamma \quad (3.25)$$