

Grażyna LASKA

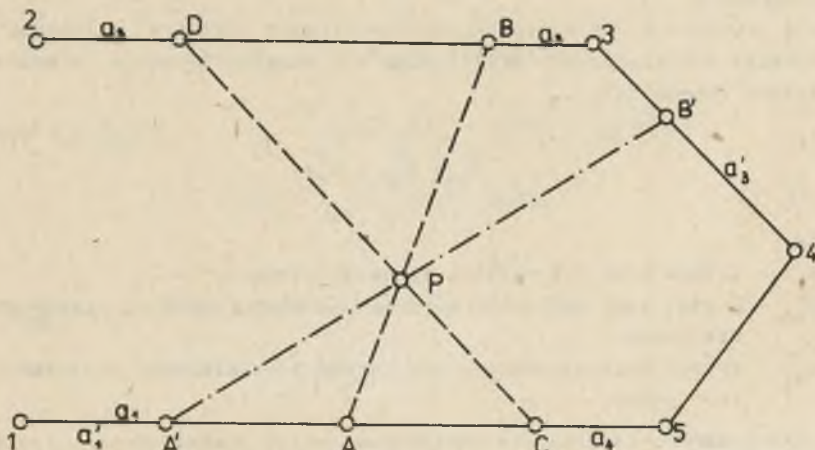
Wiesław LASKA

OCENA DOKŁADNOŚCI TYCZENIA METODĄ PRZECIĘĆ KIERUNKÓW
W PRZYPADKU REALIZACJI OBIEKTU Z CZTERECH BOKÓW OSNOWY

Streszczenie W pracy przedstawiono analizę dokładności tyczenia elementów projektu budowli dla metody przecięć kierunków, których punkty kierunkowe położone są na czterech bokach osnowy. Wyprowadzone wzory określają w sposób ścisły wpływ niedokładności osnowy oraz wpływ niedokładności metody tyczenia na wyznaczany w terenie odcinek.

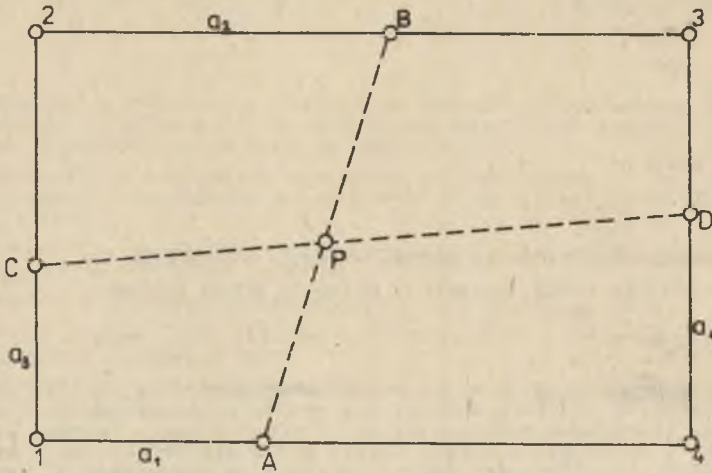
1. WSTĘP

W pomiarach realizacyjnych szerokie zastosowanie znajduje metoda przecięć kierunków. Najczęściej jest ona stosowana przy pracach związanych z realizacją w terenie obiektów o konstrukcji szkieletowej. Tyczenie elementów projektu, opierające się na tej metodzie, można prowadzić w dwojaki sposób:



Rys. 1

- położenie punktu określone jest na podstawie miar odłożonych z dwóch lub trzech boków osnowy (rys. 1),



Rys. 2

- położenie punktu wyznaczają miary odkładane z czterech boków osnowy (rys. 2).

Przedmiotem pracy jest ocena dokładności wyznaczenia typowych elementów geometrycznych dla sposobu podanego w punkcie 2 (w pracy [1] przedstawiono analizę dokładności tyczenia z dwóch boków osnowy). Za typowy element geometryczny przyjęto długość i kierunek realizowanego odcinka, czyli wielkości, których średnie błędy są niezależne od orientacji sieci punktów osnowy.

Dla jednoznacznych konstrukcji tyczeniowych (czyli w przypadku braku obserwacji nadliczbowych) średni błąd wyznaczenia typowego elementu jest określony zależnością

$$m_e^2 = m_{ep}^2 + m_{ef}^2, \quad (1.1)$$

gdzie:

- m_e - średni błąd wyznaczenia typowego elementu e ,
- m_{ep} - średni błąd elementu e z tytułu niedokładności czynności pomiarowych,
- m_{ef} - średni błąd elementu e z tytułu niedokładności położenia punktów osnowy.

W rozważaniach oddzielnie analizowano wpływ niedokładności tyczenia oraz wpływ niedokładności osnowy. W obu przypadkach związkami wyjściowymi do dalszych obliczeń są wzory na współrzędne x, y tyczonego punktu, otrzymane z rozwiązania układu równań prostych AB i CD (rys. 2):

$$y - y_A = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}(x - x_A), \quad (1.2)$$

$$y - y_C = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}(x - x_C), \quad (1.3)$$

skąd

$$x = \frac{\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \cdot x_A - \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C} \cdot x_C - y_A + y_C}{\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} - \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}}, \quad (1.4)$$

$$y = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \cdot \frac{\frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}(x_A - x_C) - y_A + y_C}{\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} - \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}} + y_A, \quad (1.5)$$

gdzie:

x_1, y_1 - współrzędne punktów kierunkowych A, B, C, D,

x, y - współrzędne punktu wyznaczonego.

Różniczki zupełne powyższych wzorów - zgodnie z [1] - mają postać:

$$\begin{aligned} dx = p_A \operatorname{tg} \delta_{AB} dx_A - p_A dy_A + p_B \operatorname{tg} \delta_{AB} dx_B - p_B dy_B - p_C \operatorname{tg} \delta_{CD} dx_C + \\ + p_C dy_C - p_D \operatorname{tg} \delta_{CD} dx_D + p_D dy_D, \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} dy = q_A \operatorname{tg} \delta_{AB} dx_A - q_A dy_A + q_B \operatorname{tg} \delta_{AB} dx_B - q_B dy_B - q_C \operatorname{tg} \delta_{CD} dx_C + \\ + q_C dy_C - q_D \operatorname{tg} \delta_{CD} dx_D + q_D dy_D. \end{aligned} \quad (1.7)$$

gdzie:

δ_{AB}, δ_{CD} - azymuty kierunków wyznaczających punkt P.

$$M = \operatorname{tg} \delta_{AB} - \operatorname{tg} \delta_{CD}, \quad (1.8)$$

$$p_A = \frac{1}{M} \frac{x_B - x}{x_B - x_A}, \quad (1.9)$$

$$p_B = \frac{1}{M} \frac{x_A - x}{x_A - x_B}, \quad (1.10)$$

$$p_C = \frac{1}{M} \frac{x_D - x}{x_D - x_C}, \quad (1.11)$$

$$p_D = \frac{1}{M} \frac{x_C - x}{x_C - x_D}, \quad (1.12)$$

$$q_A = \frac{1}{M} \left(-\frac{y - y_C}{x_B - x_A} + \frac{x_B - x_C}{x_B - x_A} \operatorname{tg} \delta_{CD} \right), \quad (1.13)$$

$$q_B = \frac{1}{M} \left(\frac{y - y_C}{x_B - x_A} + \frac{x_A - x_C}{x_A - x_B} \operatorname{tg} \delta_{CD} \right), \quad (1.14)$$

$$q_C = \frac{1}{M} \left(-\frac{y - y_A}{x_D - x_C} + \frac{x_D - x_A}{x_D - x_C} \operatorname{tg} \delta_{AB} \right), \quad (1.15)$$

$$q_D = \frac{1}{M} \left(\frac{y - y_A}{x_D - x_C} + \frac{x_C - x_A}{x_C - x_D} \operatorname{tg} \delta_{AB} \right). \quad (1.16)$$

2. WPŁYW BŁĘDÓW CZYNNOSCI TYCZENIA

Błąd wyznaczenia długości odcinka z tytułu niedokładności tyczenia wyraża się wzorem:

$$\sigma_{\rho} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_1} \\ \frac{\partial x}{\partial \alpha_2} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_2} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\partial x}{\partial \alpha_n} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_n} \end{bmatrix}^2 \cdot \begin{bmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{bmatrix} \cdot \frac{2}{\sin \varphi} \quad (2.1)$$

natomiast błąd wyznaczenia kierunku odcinka z uwagi na wpływ błędów tyczenia - wzorem:

$$m_{\varphi}^2 = \begin{Bmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{Bmatrix}^T \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_1} \\ \frac{\partial x}{\partial \alpha_2} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_2} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\partial x}{\partial \alpha_n} & \frac{\partial y}{\partial \alpha_n} \end{bmatrix}^2 \begin{Bmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{Bmatrix} \frac{m_{\alpha}^2}{d^2 \alpha^2} \quad (2.2)$$

gdzie:

- φ - azymut tyczonego odcinka PK,
- d - długość odcinka PK,
- $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - wielkości podlegające pomiarowi podczas tyczenia odcinka PK.

W przypadku metody przecięć, wielkościami podlegającymi pomiarowi w procesie tyczenia są wartości liniowe a_1, a_2, a_3, a_4 oraz kierunki $\delta_{1-4}, \delta_{2-3}, \delta_{1-2}, \delta_{4-3}$. Wielkości te są związane ze współrzędnymi punktów kierunkowych A, B, C, D znanymi równaniami:

$$x_i = x_k(1) + a_j \cos \delta_{k-1} \quad (2.3)$$

$$y_i = y_k(1) + a_j \sin \delta_{k-1} \quad (2.4)$$

przy czym:

- x_i, y_i - współrzędne punktów kierunkowych,
- $x_k(1), y_k(1)$ - współrzędne punktów osnowy,
- a_j - długości odcinków a_1, a_2, a_3, a_4 ,
- δ_{k-1} - odkładane kierunki na boku osnowy $k-1$.

Różniczkując związki (2.3), (2.4) względem odkładanych wielkości, otrzymano różniczkowe zmiany współrzędnych stanowisk A, B, C, D ze względu na małe zmiany tyczonych elementów a_j, δ_{k-1} :

$$dx_A = \cos \delta_{1-4} da_1 - a_1 \sin \delta_{1-4} d\delta_{1-4} \quad (2.5)$$

$$dy_A = \sin \delta_{1-4} da_1 + a_1 \cos \delta_{1-4} d\delta_{1-4} \quad (2.6)$$

$$dx_B = \cos \delta_{2-3} da_2 - a_2 \sin \delta_{2-3} d\delta_{2-3} \quad (2.7)$$

$$dy_B = \sin \delta_{2-3} da_2 + a_2 \cos \delta_{2-3} d\delta_{2-3} \quad (2.8)$$

$$dx_C = \cos \delta_{1-2} da_3 - a_3 \sin \delta_{1-2} d\delta_{1-2} \quad (2.9)$$

$$dy_C = \sin\delta_{1-2} da_3 + a_3 \cos\delta_{1-2} d\delta_{1-2}, \quad (2.10)$$

$$dx_D = \cos\delta_{4-3} da_4 - a_4 \sin\delta_{4-3} d\delta_{4-3}, \quad (2.11)$$

$$dy_D = \sin\delta_{4-3} da_4 + a_4 \cos\delta_{4-3} d\delta_{4-3}. \quad (2.12)$$

Podstawiając zależności (2.5) - (2.12) do wzorów (1.6), (1.7), a następnie grupując wyrazy względem poszczególnych zmiennych, ustalono różniczki występujące we wzorach (2.1), (2.2).

Po wprowadzeniu form

$$f = \begin{vmatrix} \cos\delta_{1-4} & \sin\delta_{1-4} \\ 1 & \operatorname{tg}\delta_{AB} \end{vmatrix}, \quad (2.13)$$

$$g = \begin{vmatrix} \cos\delta_{2-3} & \sin\delta_{2-3} \\ 1 & \operatorname{tg}\delta_{AB} \end{vmatrix}, \quad (2.14)$$

$$f' = \begin{vmatrix} \sin\delta_{1-2} & \cos\delta_{1-2} \\ \operatorname{tg}\delta_{CD} & 1 \end{vmatrix}, \quad (2.15)$$

$$g' = \begin{vmatrix} \sin\delta_{4-3} & \cos\delta_{4-3} \\ \operatorname{tg}\delta_{CD} & 1 \end{vmatrix}. \quad (2.16)$$

rozpatrywane pochodne przyjmą postać:

$$\frac{dx}{da_1} = p_A f_1', \quad (2.17)$$

$$\frac{dx}{da_2} = p_B g_1', \quad (2.18)$$

$$\frac{dx}{da_3} = p_C f_1'', \quad (2.19)$$

$$\frac{dx}{da_4} = p_D g_1'', \quad (2.20)$$

$$\frac{dx}{d\delta_{1-4}} = -p_A a_1 f_2' \quad (2.21)$$

$$\frac{dx}{d\delta_{2-3}} = -p_B a_2 g_2' \quad (2.22)$$

$$\frac{dx}{d\delta_{1-2}} = p_C a_3 f_2' \quad (2.23)$$

$$\frac{dx}{d\delta_{4-3}} = p_D a_4 g_2' \quad (2.24)$$

$$\frac{dy}{da_1} = q_A f_1' \quad (2.25)$$

$$\frac{dy}{da_2} = q_B g_1' \quad (2.26)$$

$$\frac{dy}{da_3} = q_C f_1' \quad (2.27)$$

$$\frac{dy}{da_4} = q_D g_1' \quad (2.28)$$

$$\frac{dy}{d\delta_{1-4}} = -q_A a_1 f_2' \quad (2.29)$$

$$\frac{dy}{d\delta_{2-3}} = -q_B a_2 g_2' \quad (2.30)$$

$$\frac{dy}{d\delta_{1-2}} = q_C a_3 f_2' \quad (2.31)$$

$$\frac{dy}{d\delta_{4-3}} = q_D a_4 g_2' \quad (2.32)$$

Podstawiając pochodne cząstkowe (2.21) - (2.32) do wzorów (2.1), (2.2), ustalono średni błąd długości

$$m_d^2 = \begin{bmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} F_{xp} & F_{yp} \\ F_{xk} & F_{yk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \end{bmatrix} m_\alpha^2 \quad (2.33)$$

oraz średni błąd kierunku tyczonego odcinka

$$m_{\varphi}^2 = \begin{bmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} E_{xp} & E_{yp} \\ E_{xk} & E_{yk} \end{bmatrix}^2 \begin{bmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \end{bmatrix} \cdot \frac{m_0^2}{d^2} \quad (2.34)$$

z tytułu niedokładności tyczenia, przy czym E_x i E_y oznaczają macierze zestawione odpowiednio dla punktów P i K. Macierze te mają postać:

$$E_x = [p_A f_1 \quad p_B g_1 \quad p_C f_1' \quad p_D g_1' \quad -p_A a_1 f_1 \quad -p_B a_2 g_2 \quad p_C a_3 f_2' \quad p_D a_4 g_2']^T, \quad (2.35)$$

$$E_y = [q_A f_1 \quad q_B g_1 \quad q_C f_1' \quad q_D g_1' \quad -q_A a_1 f_2 \quad -q_B a_2 g_2 \quad q_C a_3 f_2' \quad q_D a_4 g_2']^T. \quad (2.36)$$

Proponowany algorytm wyznaczenia wpływu błędów czynności pomiarowych jest równoważny dokładnościowo metodzie opierającej się na równaniach obserwacyjnych dla mierzonych wielkości. Celowe wydaje się jednak stosowanie do analiz tego algorytmu, ze względu na mniejszą pracochłonność obliczeń.

3. WPŁYW NIEDOKŁADNOŚCI OSNOWY

Średni błąd długości odcinka z tytułu niedokładności położenia punktów osnowy wyraża się wzorem:

$$m_{df} = m_0 \cdot B_d, \quad (3.1)$$

gdzie:

m_0 - średni błąd jednostkowy pomiaru osnowy,

B_d - błędność długości odcinka.

Błędność B_d jest określona wzorem:

$$B_d^2 = E_d' \cdot Q \cdot E_d', \quad (3.2)$$

gdzie:

Q - macierz wariancyjno-kowariancyjna dla punktów osnowy,

E_d' - macierz funkcyjna.

Macierz E_d' wyraża się zależnością:

$$E_d' = \begin{bmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} E_{xk} - E_{xp} \\ E_{yk} - E_{yp} \end{bmatrix}. \quad (3.3)$$

przy czym φ oznacza azymut tyczonego odcinka PK, natomiast \underline{F}_x , \underline{F}_y oznaczają jednokolumnowe macierze pochodnych cząstkowych współrzędnych punktu tyczonego względem współrzędnych punktów osnowy.

Czyli

$$\underline{F}_x = \left[\frac{dx}{dx_1} \frac{dx}{dy_1} \frac{dx}{dx_2} \frac{dx}{dy_2} \frac{dx}{dx_3} \frac{dx}{dy_3} \frac{dx}{dx_4} \frac{dx}{dy_4} \right]^T, \quad (3.4)$$

$$\underline{F}_y = \left[\frac{dy}{dx_1} \frac{dy}{dy_1} \frac{dy}{dx_2} \frac{dy}{dy_2} \frac{dy}{dx_3} \frac{dy}{dy_3} \frac{dy}{dx_4} \frac{dy}{dy_4} \right]^T. \quad (3.5)$$

Określenie średniego błędu kierunku odcinka przebiega w podobny sposób, jak dla błędu długości i opiera się na wzorach:

$$m\varphi = m_0 B\varphi, \quad (3.6)$$

$$B\varphi^2 = \underline{F}_\varphi \cdot Q \cdot \underline{F}_\varphi. \quad (3.7)$$

$$\underline{F}_\varphi = \frac{1}{d} \begin{bmatrix} \sin\varphi \\ \cos\varphi \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \underline{F}_{xp} - \underline{F}_{xk} \\ -\underline{F}_{yp} + \underline{F}_{yk} \end{bmatrix}, \quad (3.8)$$

gdzie:

d - jest długością odcinka PK, a znaczenie wielkości m_0 , Q , \underline{F}_x , \underline{F}_y - objaśniono przy wzorach (3.1) - (3.3).

Z powyższych związków wynika, że do określenia wpływu niedokładności punktów osnowy na realizowany odcinek konieczna jest znajomość macierzy (3.4) i (3.5). Występujące w nich pochodne cząstkowe ustalono na podstawie wzorów na różniczki zupełne współrzędnych tyczonego punktu. W tym celu do zależności (1.6), (1.7) podstawiono wzory przedstawiające różniczkowe zmiany dx_i , dy_i współrzędnych stanowisk A, B, C, D ze względu na małe zmiany współrzędnych punktów osnowy. Określono je, różniczkując związki postaci:

$$x_1 = x_k + a_j \cos \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{y_1 - y_k}{x_1 - x_k}, \quad (3.9)$$

$$y_1 = y_k + a_j \sin \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{y_1 - y_k}{x_1 - x_k}, \quad (3.10)$$

w których:

x_1, y_1 - współrzędne punktów kierunkowych A, B, C, D,
 x_k, y_k, x_1, y_1 - współrzędne punktów osnowy,
 a_j - odkładane na bokach osnowy odcinki a_1, a_2, a_3, a_4 .

Wprowadzając oznaczenia:

$$\frac{p_A \cdot a_1}{L_{1-4}} = 2, \quad (3.11)$$

$$\frac{p_C \cdot a_3}{L_{1-2}} = 8, \quad (3.12)$$

$$\frac{p_B \cdot a_2}{L_{2-3}} = 5, \quad (3.13)$$

$$\frac{p_D \cdot a_4}{L_{4-3}} = 4, \quad (3.14)$$

$$\frac{q_A \cdot a_1}{L_{1-4}} = 0,4, \quad (3.15)$$

$$\frac{q_B \cdot a_2}{L_{2-3}} = 4, \quad (3.16)$$

$$\frac{q_C \cdot a_3}{L_{1-2}} = 6, \quad (3.17)$$

$$\frac{q_D \cdot a_4}{L_{4-3}} = 1, \quad (3.18)$$

oraz formy

$$k = \begin{vmatrix} \sin^2 \delta_{1-4} & \frac{1}{2} \sin 2\delta_{1-4} \\ \operatorname{tg} \delta_{AB} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.19)$$

$$k' = \begin{vmatrix} \sin^2 \delta_{1-2} & \frac{1}{2} \sin 2\delta_{1-2} \\ \operatorname{tg} \delta_{CD} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.20)$$

$$l = \begin{vmatrix} \sin^2 \delta_{2-3} & \frac{1}{2} \sin 2\delta_{2-3} \\ \operatorname{tg} \delta_{AB} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.21)$$

$$l' = \begin{vmatrix} \sin^2 \delta_{4-3} & \frac{1}{2} \sin 2\delta_{4-3} \\ \operatorname{tg} \delta_{CD} & 1 \end{vmatrix}, \quad (3.22)$$

po uwzględnieniu, że $\cos^2 \delta_{k-1} = 1 - \sin^2 \delta_{k-1}$ pochodne cząstkowe względem poszczególnych zmiennych przyjmą postać:

$$\frac{dx}{dx_1} = p_A \operatorname{tg} \delta_{AB} - \varrho k_2 - p_C \operatorname{tg} \delta_{CD} + \varepsilon k_2', \quad (3.23)$$

$$\frac{dx}{dy_1} = -p_A + p_C + \varrho(1 - k_1) - \varepsilon(1 - k_1)', \quad (3.24)$$

$$\frac{dx}{dx_2} = p_B \operatorname{tg} \delta_{AB} - \xi l_2 - \varepsilon k_2', \quad (3.25)$$

$$\frac{dx}{dy_2} = -p_B + \xi(1 - l_1) + \varepsilon(1 - k_1)', \quad (3.26)$$

$$\frac{dx}{dx_3} = \xi l_2 - \mu l_2', \quad (3.27)$$

$$\frac{dx}{dy_3} = \mu(1 - l_1') - \xi(1 - l_1), \quad (3.28)$$

$$\frac{dx}{dx_4} = \varrho k_2 - p_D \operatorname{tg} \delta_{CD} + \mu l_2', \quad (3.29)$$

$$\frac{dx}{dy_4} = p_D - \varrho(1 - k_1) - \mu(1 - l_1)', \quad (3.30)$$

oraz

$$\frac{dy}{dx_1} = q_A \operatorname{tg} \delta_{AB} - \alpha k_2 - q_C \operatorname{tg} \delta_{CD} + \mathcal{G} k_2', \quad (3.31)$$

$$\frac{dy}{dy_1} = q_C - q_A + \alpha(1 - k_1) - \mathcal{G}(1 - k_1)', \quad (3.32)$$

$$\frac{dy}{dx_2} = q_B \operatorname{tg} \delta_{AB} - \mathcal{F} l_2 - \mathcal{G} k_2', \quad (3.33)$$

$$\frac{dy}{dy_2} = -q_B + \mathcal{F}(1 - l_1) + \mathcal{G}(1 - k_1)', \quad (3.34)$$

$$\frac{dy}{dx_3} = \mathcal{F} l_2 - \beta l_2', \quad (3.35)$$

$$\frac{dy}{dy_3} = \beta(1 - l_1') - \gamma(1 - l_1), \quad (3.36)$$

$$\frac{dy}{dx_4} = \alpha k_2 - q_D \text{tg} \delta_{CD} + \beta l_2', \quad (3.37)$$

$$\frac{dy}{dy_4} = q_D - \alpha(1 - k_1) - \beta(1 - l_1'). \quad (3.38)$$

Podstawiając zależności (3.23) - (3.38) do wzorów (3.4) i (3.5), wyznaczono macierze F_x , F_y .

Po wprowadzeniu oznaczeń:

$$A = \eta k_2 \quad (3.39)$$

$$B = \varepsilon k_2' \quad (3.40)$$

$$C = \varrho(1 - k_1) \quad (3.41)$$

$$D = \varepsilon(1 - k_1') \quad (3.42)$$

$$E = \xi l_2 \quad (3.43)$$

$$F = \zeta(1 - l_1) \quad (3.44)$$

$$G = \mu l_2' \quad (3.45)$$

$$H = \mu(1 - l_1') \quad (3.46)$$

$$A' = \alpha k_2 \quad (3.47)$$

$$B' = \varepsilon k_2' \quad (3.48)$$

$$C' = \alpha(1 - k_1) \quad (3.49)$$

$$D' = \varepsilon(1 - k_1') \quad (3.50)$$

$$E' = \gamma l_2 \quad (3.51)$$

$$F' = \gamma(1 - l_1) \quad (3.52)$$

$$G' = \beta l_2' \quad (3.53)$$

$$H' = \beta(1 - l_1') \quad (3.54)$$

otrzymano:

$$\underline{F}_x = \begin{bmatrix} p_A \operatorname{tg} \delta_{AB} - p_C \operatorname{tg} \delta_{CD} - A + B \\ p_C - p_A + C - D \\ p_B \operatorname{tg} \delta_{AB} - E - B \\ -p_B + F + D \\ E - G \\ H - F \\ -p_D \operatorname{tg} \delta_{CD} + A + G \\ p_D - C - H \end{bmatrix} \quad (3.55)$$

oraz

$$\underline{F}_y = \begin{bmatrix} q_A \operatorname{tg} \delta_{AB} - q_C \operatorname{tg} \delta_{CD} - A' + B' \\ q_C - q_A + C' - D' \\ q_B \operatorname{tg} \delta_{AB} - E' - B' \\ -q_B + F' + D' \\ E' - G' \\ H' - F' \\ -q_D \operatorname{tg} \delta_{CD} + A' + G' \\ q_D - G' - H' \end{bmatrix} \quad (3.56)$$

W oparciu o te macierze oraz związki (3.1) - (3.3) i (3.6) - (3.8) można ustalić średnie błędy długości i kierunku tyczonego odcinka, wynikające z niedokładności punktów osnowy.

Omówione w punktach 2, 3 wzory dotyczą przypadku tyczenia z czterech boków osnowy o dowolnej orientacji. Jednak w praktyce najczęściej wykorzystuje się tzw. metodę przecięć krzyżowych, czyli tyczenie z boków osnowy regularnej (siatka kwadratów i prostokątów). Uwzględnienie, że $a_1 = a_2$, $a_3 = a_4$ oraz, że punkty 1, 2, 3, 4 (rys. 2) tworzą prostokąt, znacznie upraszcza postać powyższych wzorów.

4. UWAGI KOŃCOWE

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że proponowany algorytm oceny dokładności metody przecięć kierunków ma ścisły charakter. W pracy [4] wykazano, że rozbieżności między ścisłym sposobem postępowania, a metodami przybliżonymi mogą przekraczać 100% wartości średnich błędów rozpatrywanych elementów geometrycznych. Oznacza to, że ustalona na drodze obliczeń przybliżonych dokładność pomiarów realizacyjnych może doprowadzić do przekroczenia tolerancji budowlano-montażowej, z jaką należy wytyczyć dany obiekt. Może też wystąpić przypadek odwrotny, tzn. ustalona dokładność prac realizacyjnych jest zbyt wysoka w stosunku do potrzeb, co niekorzystnie rzutuje na stronę ekonomiczną pomiarów.

Coraz szersze zastosowanie maszyn cyfrowych do obliczeń geodezyjnych oraz wzrastające wymagania dokładnościowe prac realizacyjnych przemawiają na korzyść ścisłego sposobu prowadzenia analiz dokładności.

Przedstawione wzory dostarczają informacji, jaki jest wpływ niedokładności osnowy, a jaki - niedokładności tyczenia na wyznaczony element geometryczny, co w powiązaniu z tolerancjami usytuowania obiektu stanowi podstawę optymalizacji osnów i pomiarów realizacyjnych.

LITERATURA

- [1] Czaja J.: Analiza dokładności tyczenia elementów projektu budowli metodą wcięcia kąтового wstecz i metodą przecięć kierunków. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja z. 43, Kraków 1977.
- [2] Czaja J., Gmyrek J.: Optymalna koncepcja płaskich osnów oraz pomiarów realizacyjnych lub inwentaryzacyjnych. Geodezja i Kartografia nr 4, Warszawa 1976.
- [3] Laska G., Laska W.: Nowa koncepcja osnów i pomiarów realizacyjnych w odniesieniu do prac realizacyjnych prowadzonych na obiekcie. "Nowa Odlewnia Żeliwa przy FSC w Lublinie". Praca dyplomowa magisterska, Kraków 1978.
- [4] Laska G., Laska W.: Ścisła analiza dokładności tyczenia elementów projektu dla różnych metod realizacji. Referat na Ogólnopolskie Seminarium KNG, Olsztyn 1977.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВЕШЕНИЯ МЕТОДОМ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ НАПРАВЛЕНИЙ
В СЛУЧАЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА С ЧЕТЫРЕХ СТОРОН ОСНОВЫ

Р е з ю м е

В работе представлен анализ точности вешения элементов проектасооружения для метода пересечений направлений, направленные точки которых расположены на четырех сторонах основы. Выведенные формулы точно определяют влияние неточности основы а также влияние неточности метода вешения на рассчитанный на местности отрезок.

ESTIMATION OF ACCURACY OF SETTING OUT BY INTERSECTION
METHOD REALIZING THE OBJECT FROM FOUR NETWORK SIDES

S u m m a r y

In the work there has been presented an analysis of occuracy of setting out elements of a building project for the intersection method of directions, whose directional points are positioned on four network sides. The derived formulae strictly define the influence of inaccuracy of both network and the method of setting out on the section being determined.