

9.1.4. OBLICZANIE NACHYLONYCH I PIONOWYCH GAZOCIĄGÓW

Przesyłany na duże odległości gaz ziemny przepływa początkowo przez pionowy odwiert gazowy, a następnie przez poziome lub nachylone odcinki gazociągu dalekosiężnego. W związku z tym przy projektowaniu i eksploatacji odwiertów gazowych i gazociągów magistralnych zachodzi konieczność rozwiązywania szeregu zadań związanych z przepływem gazu w poziomych, nachylonych i pionowych gazociągach.

Rozważmy ogólny przypadek przepływu gazu w gazociągach nachylonych pod dowolnym kątem $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Wyprowadzony poprzednio wzór (9.10) do obliczeń poziomych gazociągów przy izotermicznym przepływie gazu, przedstawimy w postaci

$$p_1^2 - p_2^2 = \frac{Q_o^2 L}{K^2}, \quad (9.27)$$

$$\text{gdzie } K = 0,036 \left(\frac{D^5}{\lambda Z \bar{\gamma} T} \right)^{0,5} \quad (9.28)$$

Równanie (9.27) napiszemy w postaci różniczkowej

$$dp_\lambda = - \frac{Q_o^2}{2K^2} \frac{dl}{p}, \quad (9.29)$$

gdzie dp_λ oznacza stratę ciśnienia na pokonanie oporów liniowych.

Rozpatrując przepływ w przewodach nachylonych pod kątem α należy uwzględnić przyrost ciśnienia równoważący ciężar gazu

$$dp_c = - \gamma dz = - \gamma dl \sin \alpha. \quad (9.30)$$

We wzorze tym ciężar właściwy gazu

$$\gamma = \bar{\gamma} \gamma_p. \quad (9.31)$$

Ciężar właściwy powietrza z równania stanu gazu

$$\gamma_p = \gamma_{op} \frac{p Z_o T_o}{p_o Z T}, \quad (9.32)$$

gdzie: $\gamma_{op} = 11,8 \text{ N/m}^3$ przy $p_o = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$,
 $T_o = 273 \text{ K}$ oraz $Z_o = 1$.

Podstawiając zależność (9.31) do wzoru (9.32) otrzymamy

$$\gamma = \bar{\gamma} \gamma_{op} \frac{p}{p_o} \frac{T_o}{T} Z = 0,032 \bar{\gamma} \frac{p}{Z T} . \quad (9.33)$$

Uwzględniając zależność (9.33) w równaniu (9.30), otrzymamy

$$dp_c = - 0,032 \bar{\gamma} \sin \alpha \frac{p}{Z T} dl . \quad (9.34)$$

Łączne straty ciśnienia na elementarnej długości dl otrzymamy sumując zależności (9.29) i (9.34)

$$dp = dp_\lambda + dp_c = - \left(\frac{Q_o^2}{2K^2 p} + \frac{0,032 \bar{\gamma} p \sin \alpha}{Z T} \right) dl$$

lub

$$dp = - \frac{0,064 \bar{\gamma} \sin \alpha}{Z T} \left(\frac{Z T Q_o^2}{0,064 \bar{\gamma} \sin \alpha K^2 + p^2} \right) \frac{dl}{2p} .$$

Po rozdzieleniu zmiennych otrzymamy

$$dl = - \frac{15,625 Z T}{\bar{\gamma} \sin \alpha} \frac{2 p dp}{\frac{15,625 Z T Q_o^2}{\bar{\gamma} \sin \alpha K^2} + p^2} .$$

Całkując dl w granicach od 0 do L i dp od p_1 do p_2 , otrzymamy

$$L = \frac{15,625 Z T}{\bar{\gamma} \sin \alpha} \ln \frac{p_1^2 + \frac{15,625 Z T Q_o^2}{\bar{\gamma} \sin \alpha K^2}}{p_2^2 + \frac{15,625 Z T Q_o^2}{\bar{\gamma} \sin \alpha K^2}} ,$$

stąd

$$\frac{\bar{\gamma} L \sin \alpha}{15,625 Z T} = \ln \frac{\bar{\gamma} \sin \alpha K_{p_1}^2 + 15,625 Z T Q_o^2}{\bar{\gamma} \sin \alpha K_{p_2}^2 + 15,625 Z T Q_o^2}$$

lub

$$e^\beta = \frac{\bar{\gamma} \sin \alpha K_{p_1}^2 + 15,625 Z T Q_o^2}{\bar{\gamma} \sin \alpha K_{p_2}^2 + 15,625 Z T Q_o^2}, \quad (9.35)$$

$$\text{gdzie } \beta = \frac{\bar{\gamma} L \sin \alpha}{15,625 Z T}. \quad (9.36)$$

Po przekształceniu równania (9.35) napiszemy

$$p_1^2 - p_2^2 e^\beta = \frac{Q_o^2 L}{K^2} \frac{e^\beta - 1}{\beta}. \quad (9.37)$$

Uwzględniając w równaniu (9.37) zależność (9.28) otrzymamy wzór na obliczenie gazociągów nachylonych pod kątem $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$

$$Q_o = 0,036 \left[\frac{(p_1^2 - p_2^2 e^\beta) D^5}{\lambda Z \bar{\gamma} T L} \frac{\beta}{e^\beta - 1} \right]^{0,5}. \quad (9.38)$$

Wielkość β obliczamy z zależności (9.36).

Rozpatrzmy teraz graniczne przypadki:

1. Gazociąg poziomy, gdy $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $e^\beta = 1$ oraz $\frac{\beta}{e^\beta - 1} \rightarrow 1$. Podstawiając powyższe wartości do wzoru (9.38) otrzymamy wzór (9.10) dla gazociągów poziomych.

2. Przewód pionowy (np. pionowy odwiert gazowy), gdy $\alpha = 90^\circ$, $\beta = \bar{\gamma} L / 15,625 Z T$. W tym przypadku z równania (9.38) otrzymamy wzór na obliczenie przepływu gazu w przewodach pionowych

$$Q_o = \frac{0,009}{Z T} \left[\frac{\left(p_1^2 - p_2^2 e^{\frac{\bar{\gamma} L}{15,625 Z T}} \right) D^5}{\left(e^{\frac{\bar{\gamma} L}{15,625 Z T}} - 1 \right)} \right]^{0,5}. \quad (9.39)$$