

Uwzględniając podane zależności w równaniu (10.14) otrzymamy

$$\sigma_{i+1} = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{6_i^2} - \frac{\varphi^2}{F^2} \left[(i+1)^2 - i^2 - \frac{\lambda l}{D_r} i^2 \right] \right\}^{0,5}}. \quad (10.19)$$

Ze wzoru (10.19) obliczymy pola kolejnych n otworów po wyznaczeniu pola pierwszego otworu 6_i ze wzoru (10.16).

Całkowite nadciśnienie w przekroju początkowym wyznaczmy ze wzoru (10.17)

$$\Delta p_o = \frac{\varphi u_i^2}{2\varphi^2} + \Delta p_{str}.$$

Straty ciśnienia na całej długości L przewodu obliczymy ze wzoru (10.18)

$$\Delta p_{str} = \frac{\lambda L}{4} \frac{F^2}{n^2} \frac{\varphi v_o^2}{2} \frac{U}{F^3} \sum_{i=1}^n i^2$$

lub

$$\Delta p_{str} = \frac{\lambda}{2} \frac{L}{D_r} \varphi \frac{Q_o^2}{F^2} \frac{1}{n^3} \sum_{i=1}^n i^2. \quad (10.20)$$

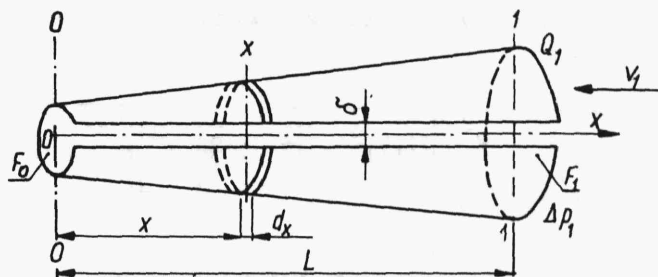
10.3.4. PRZEWODY WENTYLACYJNE Z PODŁUŻNĄ SZCZELINĄ

Przewody wyciągowe lub nawiewne z podłużną szczeliną mają szerokie zastosowanie w wentylacji przemysłowej.

Przy projektowaniu takich przewodów należy zwrócić uwagę na równomierne rozprowadzanie powietrza na całej długości szczeliny.

Równomierny wypływ powietrza wzdłuż szczeliny uzyskuje się przy zmiennej szerokości szczeliny lub przy zmiennym przekroju poprzecznym przewodu wentylacyjnego.

Rozważmy przewód wentylacyjny o dowolnym kształcie i zmiennym przekroju poprzecznym, ograniczony jednym przekrojem zamkniętym 0-0, drugim otwartym 1-1 (rys.10.5).



Rys.10.5

W celu uproszczenia zadania przyjmujemy stałą szerokość szczeliny podłużnej $\delta = \text{const}$.

Oznaczmy przez F_0 pole przekroju 0-0, przez F_1 , Q_1 , v_1 , p_1 odpowiednio pole przekroju 1-1 oraz całkowity wydatek, prędkość przepływu powietrza i całkowite nadciśnienie w przekroju początkowym 1-1 przy założeniu wentylacji nawiewnej.

Zorientujmy oś x w kierunku otwartego przekroju 1-1 przewodu. Równanie Bernoulliego dla przekroju odległego o x od przekroju 0-0 i dla przekroju zamkniętego 0-0 napiszemy w postaci

$$\Delta p_x + \frac{\rho v_x^2}{2} = \Delta p_0 + \Delta p_{\text{str}}, \quad (10.21)$$

gdzie: Δp_x i Δp_0 - nadciśnienia powietrza w przekrojach poprzecznych x i 0-0,

ρ - gęstość powietrza,

v_x - średnia prędkość powietrza w przekroju x ,

Δp_{str} - straty ciśnienia spowodowane tarciem na odcinku x .

Opory miejscowe zaniedbujemy.

Nadciśnienia wyznaczmy w następujący sposób. Oznaczmy w przekroju x wydatek powietrza przez Q_x , a w przekroju $x + dx$ przez $Q_x + dQ_x$. Przyrost wydatku dQ_x między wymienionymi przekrojami jest równocześnie wydatkiem powietrza wypływającego przez szczelinę.

Z równania ciągłości otrzymamy

$$dQ_x = u_x \delta dx,$$

skąd

$$u_x = \frac{1}{\delta} \frac{dQ_x}{dx} = \frac{Q'_x}{\delta}. \quad (10.22)$$

Symbolem u_x oznaczamy prędkość powietrza wypływającego przez szczelinę w odległości x od przekroju zamkniętego 0-0.

Prędkość wypływu przez szczelinę wyznaczmy z zależności (10.6).

Z równań (10.22) i (10.6) otrzymamy w przekroju x

$$\Delta p_x = \frac{\rho}{2} \frac{Q_x'^2}{\phi^2 \delta^2} \quad (10.23)$$

analogicznie dla przekroju 0-0

$$\Delta p_0 = \frac{\rho}{2} \frac{Q_0'^2}{\phi^2 \delta^2}, \quad (10.24)$$

Średnia prędkość przepływu powietrza w przekroju poprzecznym x przewodu równa się

$$v_x = \frac{Q_x}{F_x}, \quad (10.25)$$

gdzie F_x - przekrój poprzeczny przewodu w odległości x od przekroju zamkniętego 0-0.

Straty ciśnienia spowodowane tarciem na odcinku przewodu 0- x wyznaczmy ze wzoru (10.9) zakładając $\lambda = \text{const}$

$$\Delta p_{\text{str}} = \frac{\lambda}{4} \int_0^x \frac{\rho v_x^2}{F_x} dS_x, \quad (10.26)$$

gdzie: S_x - powierzchnia boczna przewodu 0- x ,

$dS_x = U_x dx$ - elementarna powierzchnia boczna o szerokości dx .

Podstawiając zależności od (10.23) do (10.26) do równania Bernoulliego (10.21) oraz uwzględniając zależność powierzchni szczeliny $f = \delta L$, otrzymamy

$$\frac{Q_x'^2 L^2}{\phi^2 f^2} + \frac{Q_x^2}{F_x^2} = \frac{Q_0'^2 L^2}{\phi^2 f^2} + \int_0^x \frac{\lambda}{4} \frac{S'_x}{F_x^3} Q_x^2 dx. \quad (10.27)$$

Po zróżniczkowaniu tego równania względem x otrzymamy równanie różniczkowe w postaci

$$Q_x'' Q_x' + \frac{\varphi^2 f^2}{L^2 F_x^2} Q_x' Q_x - \frac{\varphi^2 f^2}{L^2 F_x^3} \left(F_x' + \frac{\lambda}{8} S_x' \right) Q_x^2 = 0. \quad (10.28)$$

Przekształcimy równanie (10.28) do postaci bezwymiarowej:

$$\bar{Q}_x = \frac{Q_x}{Q_1}; \quad \bar{f} = \frac{f}{F_1}; \quad \bar{F}_x = \frac{F_x}{F_1}; \quad \bar{S}_x = \frac{S_x}{F_1}; \quad \bar{x} = \frac{x}{L}; \quad \bar{v}_x = \frac{v_x}{v_1}.$$

Pochodne funkcji przedstawiamy w postaci:

$$Q_x' = \frac{dQ_x}{dx} = \frac{Q_1 d\bar{Q}_x}{L d\bar{x}} = \frac{Q_1}{L} \bar{Q}_x',$$

$$Q_x'' = \frac{dQ_x'}{dx} = \frac{Q_1}{L^2} \bar{Q}_x''$$

$$F_x' = \frac{dF_x}{dx} = \frac{F_1 d\bar{F}_x}{L d\bar{x}} = \frac{F_1}{L} \bar{F}_x',$$

$$S_x' = \frac{dS_x}{dx} = \frac{F_1 d\bar{S}_x}{L d\bar{x}} = \frac{F_1}{L} \bar{S}_x'.$$

Podstawiając podane zależności do równania (10.32), otrzymamy równanie różniczkowe w postaci bezwymiarowych wielkości

$$\bar{Q}_x'' \bar{Q}_x' + \frac{\varphi^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \bar{Q}_x' \bar{Q}_x - \frac{\varphi^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^3} \left[\frac{\bar{F}_x' + \frac{\lambda}{8} \bar{S}_x'}{\bar{F}_x} \right] \bar{Q}_x^2 = 0. \quad (10.29)$$

Równanie (10.29) otrzymaliśmy przy założeniu wentylacji nawiewnej, tj. przy doprowadzeniu do przewodu wentylacyjnego powietrza o wydatku Q_1 (prędkość przepływu skierowana jest przeciwnie do osi x).

Przy wentylacji wyciągowej, tj. przy odprowadzeniu powietrza o wydatku Q_1 otrzymamy analogiczne równanie z tą tylko różnicą, że przed drugim wyrazem będzie znak ujemny.

Dla obu wymienionych przypadków można przedstawić równanie (10.29) w ogólnej postaci

$$\bar{Q}_x'' \bar{Q}_x' + A_x \bar{Q}_x' \bar{Q}_x + B_x \bar{Q}_x^2 = 0, \quad (10.30)$$

przy czym: $A_x = \pm \frac{\varphi \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2},$

$$B_x = - \frac{\varphi \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \frac{\bar{F}_x' + \frac{\lambda}{8} \bar{S}_x'}{\bar{F}_x}.$$

Współczynnik A_x ma znak dodatni przy wentylacji nawiewnej, a znak ujemny przy wyciągowej.

Rozwiązaniem równania (10.30) jest funkcja

$$\bar{Q}_x = f(\pi, x),$$

gdzie π zawiera parametry geometryczne przewodu, współczynniki tarcia, prędkości itd.

Względna prędkość wypływu powietrza przez szczelinę równa jest

$$\bar{u}_x = \frac{u_x}{u_{sr}} = \frac{dQ_x}{\delta u_{sr} dx} = \frac{Q_x'}{\delta u_{sr}} = \frac{Q_1 \bar{Q}_x'}{L \delta u_{sr}} = \bar{Q}_x', \quad (10.31)$$

gdzie $u_{sr} = \frac{Q_1}{f} = \frac{Q_1}{L\delta}$ - średnia prędkość wypływu przez szczelinę.

Przy równomiernym wypływie przez szczelinę względna prędkość wypływu równa jest

$$\bar{u}_x = \frac{u_x}{u_{sr}} = 1.$$

Całkowite nadciśnienie w przekroju początkowym 1-1 przewodu nawiewnego jest równe

$$\Delta p_1 = \Delta p_{st_1} + \frac{\rho v_1^2}{2}, \quad (10.32)$$

gdzie: Δp_{st_1} - nadciśnienie statyczne w przekroju 1-1,

v_1 - prędkość średnia w przekroju 1-1.

Nadciśnienie statyczne wyznaczmy na podstawie zależności (10.23)

$$\Delta p_{st_1} = \frac{\rho u_1^2}{2 \varphi^2}.$$

Podstawiając tę zależność do wzoru (10.32) otrzymamy

$$\Delta p_1 = \frac{\rho v_1^2}{2 \varphi^2} + \frac{\rho v_1^2}{2} = \left(\frac{u_1^2}{2 \varphi^2 v_1^2} + 1 \right) \frac{\rho v_1^2}{2} = \zeta \frac{\rho v_1^2}{2}. \quad (10.33)$$

Analogicznie obliczymy podciśnienie w przekroju początkowym 1-1 przy wentylacji wyciągowej. W tym przypadku otrzymamy analogiczny wzór do (10.33) na obliczenie podciśnienia Δp_1 , z tą różnicą, że we wzorze tym przed jedynką będzie znak minus.

10.3.5. OBLICZANIE PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH Z PODŁUŻNĄ SZCZELINĄ PRZY STAŁYM PRZĘKROJU POPRZECZNYM

Rozpatrzmy teraz przewód wentylacyjny różniący się od opisanego poprzednio tym, że na całej jego długości przekrój poprzeczny oraz obwód zwilżony są wielkościami stałymi, tj. $F = \text{const}$ i $U = \text{const}$.

W tym przypadku możemy napisać:

$$F_x = F; \quad \bar{F}_x = 1; \quad \bar{F}'_x = 0,$$

$$\bar{Q}_x = \bar{v}_x; \quad \bar{Q}'_x = \bar{v}'_x; \quad \bar{Q}''_x = \bar{v}''_x; \quad \bar{v}_x = \frac{v_x}{v_1},$$

$$S_x = Ux; \quad \bar{S}_x = 4\bar{L} \bar{x}; \quad \bar{S}'_x = 4\bar{L},$$

gdzie: $\bar{L} = \frac{L}{d_z}; \quad D_r = \frac{4F}{U}; \quad \bar{x} = \frac{x}{L}.$