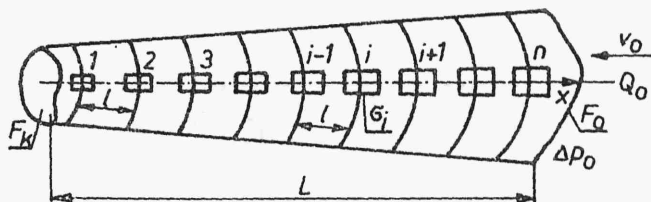


10.3.2. OBLICZANIE PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH Z OTWORAMI

Rozpatrzmy przepływ powietrza w przewodzie o zmiennym przekroju poprzecznym $F = f(x)$ i długości L . Na powierzchni bocznej wzdłuż przewodu wykonano w jednakowych odstępach l , n otworów o różnych powierzchniach σ (rys.10.4).



Rys.10.4

Dla obliczenia przewodu wentylacyjnego z otworami należy wyprowadzić równanie wyrażające związek między wszystkimi parametrami geometrycznymi i fizycznymi, charakteryzującymi konstrukcję przewodu oraz warunki rozprowadzania powietrza przez otwory. W tym celu oznaczymy przekroje poprzeczne przewodu przechodzące przez środki n otworów numerami kolejnymi w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu powietrza.

Napiszemy równanie Bernoulliego dla przekrojów $i+1$ oraz i

$$\Delta p_{i+1} + \frac{\rho v_{i+1}^2}{2} = \Delta p_i + \frac{\rho v_i^2}{2} + \Delta p_{istr}. \quad (10.10)$$

Na podstawie zależności (10.6)

$$\Delta p_i = \frac{\rho u_i^2}{2\varphi^2},$$

analogicznie

$$\Delta p_{i+1} = \frac{\rho u_{i+1}^2}{2\varphi^2},$$

gdzie: Δp_i , Δp_{i+1} - nadciśnienie w przekrojach i oraz $i+1$.

Z równania (10.9) otrzymamy

$$\Delta p_{istr} = \frac{\lambda}{4} \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}} \frac{\varphi v_{ix}^2}{2} dx. \quad (10.11)$$

Podstawiając powyższe zależności do równania (10.10), otrzymamy po podzieleniu przez $\frac{\varphi}{2}$

$$\frac{u_{i+1}^2}{\varphi^2} + v_{i+1}^2 = \frac{u_i^2}{\varphi^2} + v_i^2 + \frac{\lambda}{4} \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}} v_{ix}^2 dx. \quad (10.12)$$

Prędkości wypływu przez otwory wyrazimy w postaci

$$u_i = \frac{q_i}{\sigma_i} \quad \text{oraz} \quad u_{i+1} = \frac{q_{i+1}}{\sigma_{i+1}},$$

gdzie: q - wydatek powietrza wypływającego przez otwór,
 σ - pole otworu.

Średnie prędkości powietrza w przekrojach poprzecznych wewnątrz przewodu wyznacza się z prawa ciągłości

$$v_i = \frac{Q_i}{F_i} : v_{i+1} = \frac{Q_{i+1}}{F_{i+1}} : v_{ix} = \frac{Q_i}{F_{ix}},$$

gdzie Q_i - wydatek powietrza przepływającego przez przekrój poprzeczny wewnątrz przewodu wentylacyjnego.

Podstawiając podane zależności do równania (10.16), otrzymamy podstawowe równanie dla przewodów wentylacyjnych z otworami

$$\frac{q_{i+1}^2}{2 \sigma_{i+1}^2} + \frac{Q_{i+1}^2}{F_{i+1}^2} = \frac{q_i^2}{2 \sigma_i^2} + \frac{Q_i^2}{F_i^2} + \frac{\lambda}{4} Q_i^2 \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx. \quad (10.13)$$

Rozpatrzmy przypadek równomiernego rozprowadzenia powietrza przez otwory o różnych powierzchniach σ . Oznaczmy początkowy przekrój poprzeczny przewodu przez F_0 , a końcowy przez F_k , analogicznie prędkości przepływu w przewodzie w przekroju początkowym przez v_0 i w końcowym przez v_k (rys.10.4).

W każdym przekroju przechodzącym przez środki otworów umieścimy początek układu współrzędnych z osią x skierowaną w kierunku przeciwnym do przepływu.

Wyznamy powierzchnię σ otworu $i+1$ z równania (10.13)

$$\sigma_{i+1} = \frac{1}{\left[\left(\frac{q_i}{q_{i+1}} \right)^2 \frac{1}{\sigma_i^2} - \frac{\varphi^2}{2} \left(\frac{Q_{i+1}^2}{F_{i+1}^2} - \frac{Q_i^2}{F_i^2} - \frac{\lambda}{4} Q_i^2 \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx \right) \right]^{0,5}}.$$

Przy równomiernym rozprowadzeniu powietrza przez otwory zachodzą następujące związki:

$$Q_i = Q_0 \frac{i}{n}; \quad Q_{i+1} = Q_0 \frac{i+1}{n}; \quad q_i = q_{i+1} = Q_{i+1} - Q_i = \frac{Q_0}{n} = \text{const},$$

gdzie Q_0 - wydatek w przekroju początkowym przewodu.

Podstawiając podane zależności do równania (10.13) otrzymamy

$$\sigma_{i+1} = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{\sigma_i^2} - \varphi^2 \left[\frac{(i+1)^2}{F_{i+1}^2} - \frac{i^2}{F_i^2} - \frac{\lambda}{4} i^2 \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx \right] \right\}^{0,5}}. \quad (10.14)$$

Podstawiając do tego wzoru kolejno $i = 1, 2, 3, \dots, i-1$ oraz sumując wypisane równości, otrzymamy po uproszczeniach wzór na obliczenie powierzchni otworu

$$\sigma_i = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{\sigma_i^2} - \varphi^2 \left[\frac{i^2}{F_i^2} - \frac{1}{F_i^2} - \frac{\lambda}{4} \sum_{i=1}^{i-1} i^2 \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx \right] \right\}^{0,5}}. \quad (10.15)$$

W rozpatrywanym przypadku pola otworów ζ_i rosną wzdłuż przewodu począwszy od najmniejszego otworu $i = 1$ do wartości ζ_{\max} dla $i = i_n$.

Ponieważ $\zeta_1 = \zeta_{\min}$, więc maksymalna prędkość wypływu u_{\max} przez otwór będzie równa

$$u_{\max} = \frac{Q_0}{\zeta_1 n} = u_1 ,$$

skąd

$$\zeta_1 = \frac{Q_0}{n u_{\max}} = \frac{Q_0}{n u_1} . \quad (10.16)$$

Obliczmy teraz całkowite nadciśnienie Δp_0 w przekroju początkowym przewodu, potrzebne do równomiernego rozprowadzenia zadanego wydatku Q_0 powietrza przez wszystkie otwory przy zamkniętym przekroju końcowym:

$$\Delta p_0 = \frac{\rho u_1^2}{2\varphi^2} + \Delta p_{\text{str}} , \quad (10.17)$$

$$\Delta p_{\text{str}} = \sum_{i=1}^n \Delta p_{\text{istr}} .$$

Stratę ciśnienia Δp_{istr} obliczamy z zależności (10.11) określając prędkość ze wzoru

$$v_{ix} = \frac{Q_i}{F_{iz}} .$$

Uwzględniając zależność

$$Q_i = Q_0 \frac{i}{n}$$

otrzymamy

$$v_{ix} = \frac{i Q_o}{n F_{ix}} = \frac{i v_o F_o}{n F_{ix}}$$

oraz

$$\Delta p_{str} = \frac{\lambda}{4} \frac{F_o^2}{n^2} \frac{v_o^2}{2} \sum_{i=1}^n i^2 \int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx. \quad (10.18)$$

10.3.3. PRZEWODY WENTYLACYJNE O STAŁYM PRZĘKROJU POPRZECZNYM Z OTWORAMI

Rozpatrzmy przewód wentylacyjny o długości L , obwodzie zwilżonym U i stałym przekroju poprzecznym $F = \text{const.}$ Na powierzchni bocznej przewodu rozmieszczono w równych odległościach l , n otworów. Stosując zmienne pola otworów, zapewniamy równomierny wypływ powietrza ze średnimi prędkościami u_i .

Całkowite nadciśnienie w przekroju początkowym przewodu pozwala na rozprowadzenie zadanej ilości powietrza $Q_o = v_o F$.

W przewodzie o stałym przekroju i stałym obwodzie zwilżonym mamy:

$$F_{ix} = F; \quad U_{ix} = U.$$

A więc

$$\int_0^l \frac{U_{ix}}{F_{ix}^3} dx = \frac{U}{F^3} l.$$

Średnica zastępcza przewodu

$$D_r = 4R_h = 4 \frac{F}{U}.$$

Długość przewodu $L = n l$.