

OPORY PRZEPIYU TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO MATERIAŁÓW WILGOTNYCH

PIĄTKIEWICZ Z., JANERKA K., SZLUMCZYK H., JEZIERSKI J.

Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska
44 - 100 Gliwice, ul. Towarowa 7, Poland

STRESZCZENIE

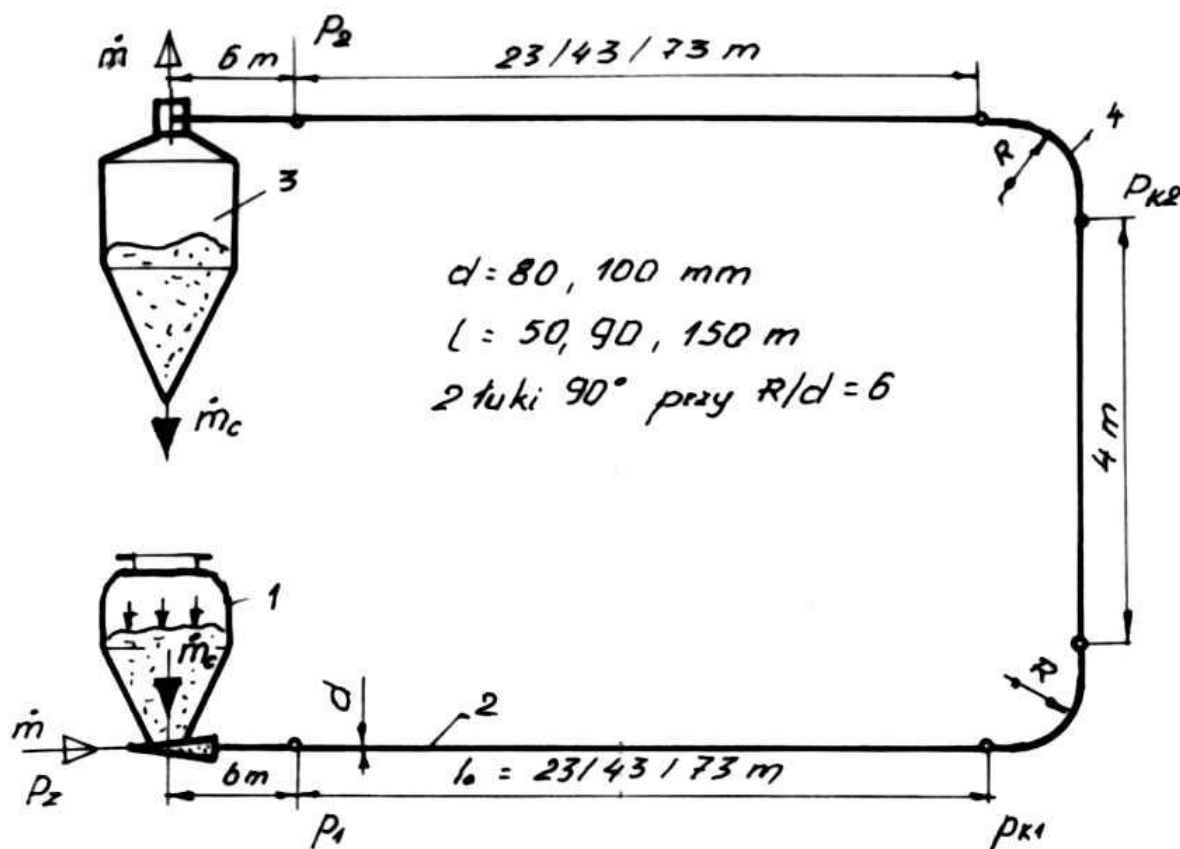
Opracowana metodyka i stanowiska doświadczalne transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych umożliwiły ustalenie zakresu stabilności pracy układów transportowych, uwarunkowanych prędkością przepływu mieszaniny, wysokością spadku ciśnienia i z tym związanym poborem energii. Wyniki pomiarów i obliczeń ujęto w formie zestawień tablicowych i wykresów. Przeprowadzona analiza statystyczna wyników badań, dostarczyły danych do wyznaczenia bezwymiarowej funkcji współczynnika spadku ciśnienia wynikającego z oporów przepływu badanych materiałów wilgotnych.

1. WPROWADZENIE

Specyficzną cechą projektowania przenośników pneumatycznych materiałów wilgotnych jest to, że poza znajomością ogólnych zasad obliczeń zachodzi konieczność dokładnej znajomości zachowania się materiałów w czasie transportu. Czynniki, które powodują różne zachowanie się materiału w czasie transportu, poza wielkościami fizykochemicznymi materiału (gęstość, ziarnistość) są: kształt cząstek, wilgotność, lepkość, zdolność zbijania się w większe bryłki itp. Podstawową przyczyną zakłóceń transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych (przepływ niestabilny lub zanikający w rurociągu transportowym) jest mała prędkość powietrza transportującego lub wysoka koncentracja transportowa. W stosowanym systemie transportu, cząsteczki materiału wilgotnego są unoszone w stanie rozproszonym. Układ nadawczy systemu transportowego materiałów wilgotnych najczęściej wyposażony jest w zasilacz komorowy z dolnym rozładunkiem materiału.

2. METODA BADAŃ I POMIARU

Badania przeprowadzono na stanowisku doświadczalnym rys. 1 [3] składającym się z zasilacza komorowego 1 z dolnym rozładunkiem materiału o pojemności użytecznej 1 m^3 , rurociągu transportowego 2 i urządzenia odbiorczego 3.



Rys. 1. Schemat instalacji doświadczalnej transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych.

Badanie każdej linii transportowej wykonanej z rurociągu $d_n = 80$ lub 100 mm , przeprowadzono przy trzech długościach odcinków prostych $l = 50, 90, 150 \text{ m}$ oraz dwóch łukach 90° ($R = 6d_n$). Do badań transportu pneumatycznego stosowano masy formierskie i rdzeniowe. Dla każdej z wymienionych instalacji i materiału badanego przeprowadzono osobną serię pomiarów. Wyznaczenie charakterystyk doświadczalnych transportu pneumatycznego badanych materiałów opiera się na pomiarze następujących wielkości:

Natężenia przepływu powietrza zasilającego \dot{m} , które mierzono za pomocą przepływomierza zwężkowego. Wydatku materiału $\dot{m}_c = m/t$ określonego stosunkiem masy materiału w zasilaczu

komorowym do czasu jego transportu. Ciśnienie średnie powietrza w charakterystycznych przekrojach przepływowych: p_z , p_k , p_1 , p_2 , p_{k1} , p_{k2} rys. 1 tzn. zasilania instalacji, w przestrzeni wewnętrznej zasilacza komorowego, na początku i na końcu rurociągu transportowego oraz u wlotu do łuku pierwszego i drugiego badanej instalacji. Wyniki pomiarów dostarczyły danych do obliczeń następujących wielkości:

Rozchodu powietrza na Mg przetransportowanego materiału

$$V = \dot{V} t = \frac{\dot{m} \cdot 1000}{\rho_0 \dot{m}_c} \quad \text{Nm}^3/\text{Mg}$$

Jednostkowego spadku ciśnienia powietrza w rurociągu transportowym rys. 1.

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{(p_1 - p_{k1})}{l_0}$$

Prędkości powietrza: w_1 , w_2 , w_{k1} , w_{k2} odpowiednio na początku i na końcu rurociągu transportowego oraz u wlotu do łuku pierwszego i drugiego badanej instalacji.

Spadki ciśnienia powietrza w dwóch badanych łukach z zależności:

$$\Delta p_k = p_1 - p_2 - \frac{(p_1 - p_{k1})l}{l_0}$$

Współczynnik spadku ciśnienia powietrza w rurociągu transportowym wywołany oporami przepływu materiału λ_{CR} wyznaczono ze wzoru doświadczalnego Darczego Weisbacha [1], który można zapisać w postaci:

$$\frac{(p_1^2 - p_2^2)}{p_2} = (\lambda_{gR} + \mu \lambda_{CR}) l_z \rho_2 Fr_{w2} \quad (1)$$

w którym: $\mu = \frac{\dot{m}_c}{\dot{m}}$ - koncentracja transportowa,

$Fr_{w2} = \frac{w_2^2}{gd}$ - liczba Frouda odniesiona do prędkości powietrza na końcu rurociągu transportowego,

$l_z = l + \frac{\Delta p_k l_0}{(p_1 - p_{k1})}$ - długość zastępcza (obliczeniowa),

g - przyspieszenie ziemskie.

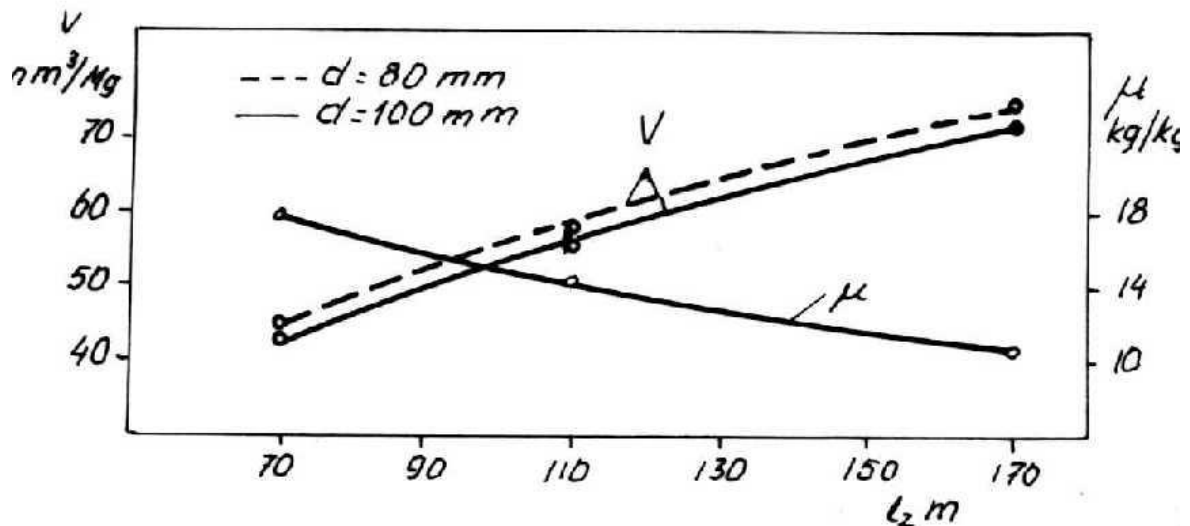
Współczynnik spadku ciśnienia wywołany oporami przepływu powietrza λ_{gR} przy przepływie burzliwym można obliczyć z równania Prandtla

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{gR}}} = 2l \cdot g(\text{Re} \sqrt{\lambda_{gR}}) - 0,8 \quad (2)$$

w którym liczba Reynoldsa $Re = \frac{w_2 d \rho_2}{\eta}$ jest odniesiona do prędkości i gęstości powietrza na końcu rurociągu oraz średnicy rurociągu transportowego i współczynnika lepkości dynamicznej powietrza.

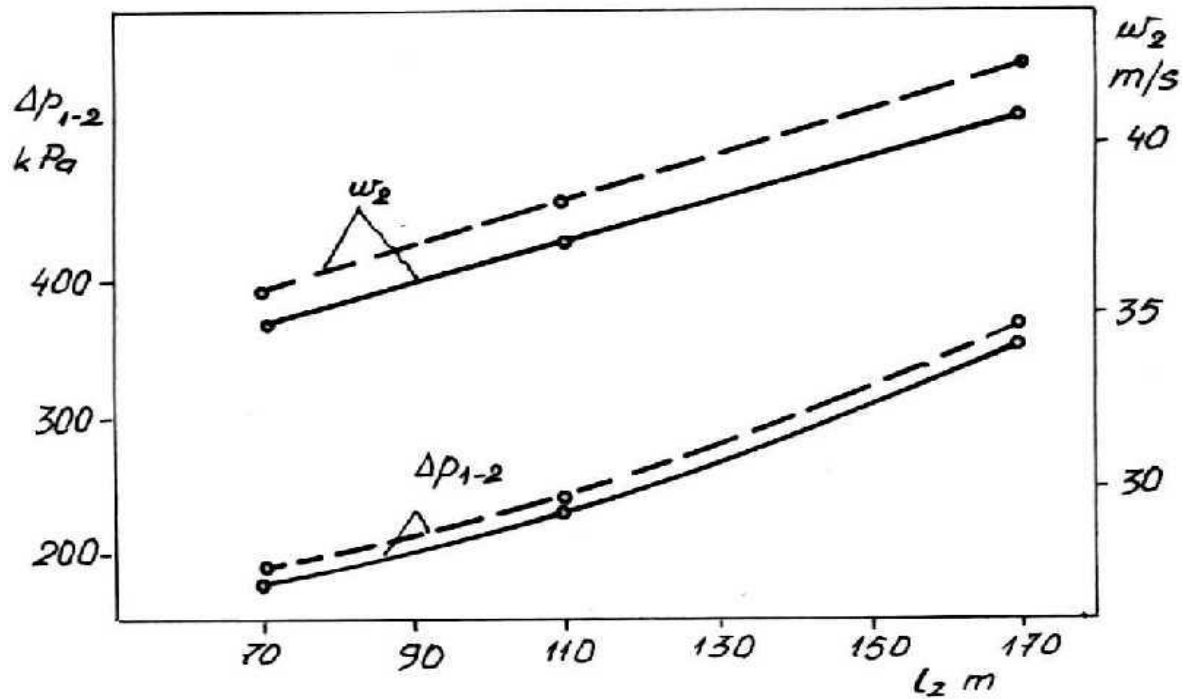
3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki pomiarów i obliczeń transportu pneumatycznego badanych materiałów podano w formie wykresów i zestawień tablicowych. Zależność rozchodu powietrza oraz koncentracji transportowej od odległości transportu podano na wykresie rys. 2.



Rys. 2. Zależność rozchodu powietrza oraz koncentracji transportowej od odległości transportu

Zależność spadku ciśnienia oraz prędkości powietrza na końcu rurociągu transportowego od odległości transportu podano na wykresie rys. 3.



Rys. 3. Zależność spadku ciśnienia oraz prędkości powietrza na końcu rurociągu transportowego od odległości transportu

Dla przykładu (Tabela 1.) podano wyniki pomiarów i obliczeń transportu pneumatycznego masy rdzeniowej olejowej.

Tabela 1.

Parametry transportu pneumatycznego masy rdzeniowej olejowej

l_z m.	d mm	m_c kg/s	m kg/s	p_z kPa	p_k kPa	p_1 kPa	p_2 kPa	w_1 m/s	w_2 m/s	V m^3/Mg	$\Delta p/l$ kPa/m	p_{k1} kPa	p_{k2} kPa	w_{k1} m/s	w_{k2} m/s	Frw -	$\Sigma \Delta p_k$ kPa	λ_{cR}
70	80	4,9	0,28	234	224	195,3	20	14,7	35,9	44,2	2,5	137,5	102,0	18,3	21,5	959	50,3	0,019
	100	7,5	0,42	226	216	188,3	20	14,5	34,5	43,3	2,4	133,0	99,2	17,9	20,9	714	48,3	0,023
110	80	4,1	0,3	296	283	246,3	20	13,5	38,5	56,6	2,04	158,6	130,0	18,0	24,3	1060	42,7	0,019
	100	6,4	0,46	283	271	236,0	20	13,6	37,8	55,6	1,96	152,0	125,0	18,1	20,3	822	39,6	0,023
170	80	3,4	0,33	367	352	306,2	20	12,6	42,4	75,0	1,69	183	159,3	18,1	19,7	1246	32,7	0,019
	100	5,3	0,49	346	331	288,0	20	12,5	40,3	71,5	1,58	173	153,0	17,8	19,2	907	31,0	0,023

4. BEZWYMIAROWA FUNKCJA WSPÓŁCZYNNIKA SPADKU CIŚNIENIA

Obliczenia analityczne transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych są oparte na wskaźnikach doświadczalnych. Całkowity spadek ciśnienia w rurociągu transportowym jest sumą spadku ciśnienia wywołanego przepływem powietrza i materiału $\Delta p = \Delta p_g + \Delta p_c$. W uproszczonych obliczeniach równanie spadku ciśnienia w rurociągu transportu pneumatycznego nadciśnieniowego można zapisać w postaci (wzór 1)

Przeprowadzona analiza statystyczna wyników badań wielkości przepływowych w oparciu o wzory 1 i 2, dostarczyły danych do określenia zależności współczynnika spadku ciśnienia λ_{CR} od średniej wartości liczby Frouda Fr_w . Dla badanych mas formierskich i rdzeniowych bezwymiarową funkcję współczynnika spadku ciśnienia wywołanego oporami przepływu materiału określa zależność

$$\lambda_{CR} = 2,1\mu^{0,3} Fr_w^{-0,87} Fr_c^{0,25} \left(\frac{d}{d_c}\right)^{0,1} \quad (3)$$

w której: $\mu = \frac{\dot{m}_c}{\dot{m}}$ - koncentracja transportowa, $Fr_w = \frac{(w^2_1 + w^2_2)}{2gd}$ - liczba Frouda odniesiona

do średniej prędkości powietrza (dla $d = \text{const}$), $Fr_c = \frac{(c^2_1 + c^2_2)}{2gd}$ - liczba Frouda odniesiona do

średniej prędkości materiału, d i d_c - średnice odpowiednio rurociągu i cząstki materiału.

5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania i rozwiązania urządzeń potwierdziły eksploatacyjną przydatność transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych. Doświadczalnie wyznaczona bezwymiarowa funkcja współczynnika spadku ciśnienia powietrza wywołanego oporami przepływu materiału, umożliwia projektowanie transportu pneumatycznego badanych materiałów wilgotnych w oparciu o klasyczne wzory obliczeniowe.

LITERATURA

- [1] Piątkiewicz Z.: Transport pneumatyczny. Poradnik Inżyniera Odlewnictwo, tom II, rozdz. XX, Warszawa 1986.
- [2] Piątkiewicz Z.: Transport pneumatyczny, Monografia nr 13, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.
- [3] Piątkiewicz Z. i inni: Transport pneumatyczny mas wilgotnych, rdzeniowych i formierskich. Prace badawcze Katedry Odlewnictwa Pol. Śląskiej, Gliwice 1974.