

Eugeniusz KOWALSKI  
Zbigniew PIĄTKIEWICZ  
Damian HOMA

Instytut Odlewnictwa  
Politechniki Śląskiej

#### ANALIZA DOŚWIADCZALNA PARAMETRÓW PRACY INSTALACJI TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO WYSOKOCIŚNIENIOWEGO

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono analizę doświadczalnych parametrów pracy czterech instalacji transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego o różnych długościach rurociągów, przemieszczających 23 różne materiały. Obliczono parametry optymalne z punktu widzenia ekonomiki pracy instalacji ze szczególnym uwzględnieniem bilansu nośnika w urządzeniu nadawczym.

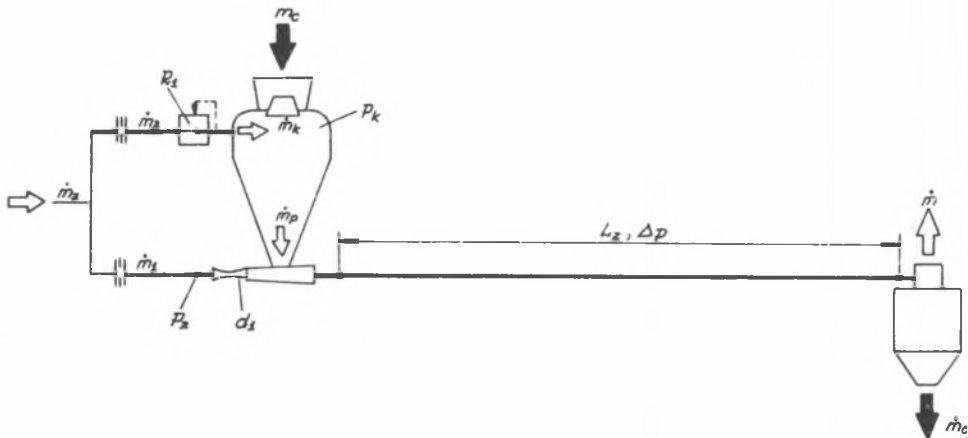
#### 1. Wstęp

Instalacje transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego systemu "POLKO" stosowane są do przemieszczania materiałów sypkich, różniących się dość znacznie takimi właściwościami fizycznymi, jak: granulacja, gęstość właściwa, gęstość usypowa itp. Wymienione cechy materiału sypkiego oraz długość i ukształtowanie instalacji decydują o parametrach mieszaniny dwufazowej, przemieszczającej się w rurociągu transportowym. Parametry mieszaniny winny być utrzymane na określonym poziomie, zapewniającym ekonomiczną i stabilną pracę instalacji. Niniejsze opracowanie zawiera analizę niektórych parametrów instalacji transportowych o różnych długościach rurociągu ze szczególnym uwzględnieniem bilansu nośnika w urządzeniu nadawczym.

#### 2. Instalacje badawcze

Pomiary prowadzone były na czterech zbudowanych w skali technicznej instalacjach badawczych, których schemat przedstawiono na rys. 1. Posiadały one rurociągi transportowe o równych średnicach wewnętrznych  $d = 0,1 \text{ m}$  i długościach zastępczych  $L_z = 154,8 \text{ m}$ ,  $190 \text{ m}$ ,  $331 \text{ m}$  oraz  $595 \text{ m}$ . Dwie pierwsze instalacje wyposażone były w pionowe odcinki rurociągu o wysokości  $6,3 \text{ m}$ , trzecia i czwarta -  $13,2 \text{ m}$ . Kierunek biegu rurociągów zmieniały lu-

ki o promieniu gięcia  $R = 1 \text{ m}$  i kącie gięcia  $\alpha = \pi/2$  rad, których pierwsza i druga instalacja posiadały po 5, trzecia - 6, a czwarta - 10.



Rys. 1. Schemat instalacji badawczej transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego systemu "POLKO"

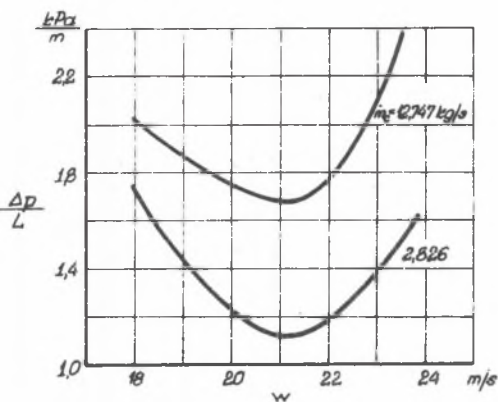
W każdej z instalacji urządzeniem wprowadzającym nosiwo do rurociągu transportowego był wysokociśnieniowy podajnik komorowy z dolnym rozładunkiem systemu "POLKO", posiadający objętość użyteczną  $V_u = 1 \text{ m}^3$  oraz całkowitą  $V = 1,2 \text{ m}^3$ . Podstawowe podzespoły tego urządzenia stanowią: komora wraz z przymocowanym do niej od góry zamknięciem dzwonowym, dysza główna, dysza przyspieszająca  $d_1$  oraz zawór redukcyjny, regulujący wartość nadciśnienia w komorze. Do oddzielania materiału suchego na końcu rurociągu stosowano cyklony odbiorcze, a do oczyszczania powietrza transportującego - cyklony wstępny i dokładny oraz filtry tkaninowe. Do pomiaru parametrów pracy instalacji stosowano: kryzy ISA z pomiarem przytarczowym i pierścieniową komorę wyrównawczą, manometry metalowe z potencjometrycznymi przetwornikami ciśnienia, współpracujące z centralnym układem rejestracji danych oraz inne urządzenia dodatkowe, jak: sekundomierze, barometry, termometry i higrometry. Ze względu na zasadę działania podajnika systemu "POLKO" pomiary natężenia przepływu powietrza wykonywane były przy użyciu dwóch kryzy ISA, zainstalowanych w rurociągach doprowadzających ten czynnik do dyszy głównej oraz komory.

### 3. Tok obliczeń

Badania transportu pneumatycznego dowolnego materiału zmierzają z reguły do określenia parametrów pracy instalacji, uznawanych za optymalne z

punktu widzenia ekonomiki. Parametry takie ustalane są na podstawie wyników szeregu pomiarów, przeprowadzanych dla każdego z materiałów. Odnoszą się one do pracy instalacji z maksymalną wydajnością, możliwą do uzyskania przy zachowaniu stabilnego przepływu mieszaniny dwufazowej w rurociągu. W tych warunkach jednostkowe zużycie powietrza, a co za tym idzie - energii, osiąga wartość minimalną.

W przedstawionych poniżej obliczeniach niektórych wielkości, charakteryzujących pracę instalacji, wykorzystano wyniki pomiarów optymalnych parametrów transportu piasku kwarcowego. Optymalne parametry ustalono na podstawie analizy zależności między spadkiem ciśnienia, przypadającym na 1 metr bieżący rurociągu, a prędkością gazu i masowym natężeniem przepływu materiału. Obrazem tej zależności jest wykres przedstawiony na rys. 2.



Rys. 2. Zależność między jednostkowym spadkiem ciśnienia a prędkością przepływu gazu i masowym natężeniem przepływu suchego piasku kwarcowego

go czynnika przez układy pomocnicze (zawory, siłowniki itp.) jest znikomo małe. Teoretycznie jest ono mniejsze o co najmniej jeden rząd wielkości od błędu pomiarowego kryzy ISA dla zakresu dokonanych pomiarów natężeń przepływu.

Strumień powietrza zasilającego instalację transportową rozdzielany był przed podajnikiem komorowym na dwa strumienie składowe (rys. 1). Jeden z nich przepływał przez dyszę przyspieszającą, a następnie - dyszę główną podajnika, w której mieszał się z cząstkami materiału stałego, unosząc je do rurociągu. Dysza przyspieszająca wykonana była jako dysza de Laval, posiadająca największy przekrój o średnicy  $d_1$ . Posługując się znanymi zależnościami, wyznaczono współczynnik strat przepływu dla tej dyszy. Należy uznać, że zawiera on w sobie także straty wynikłe z zaburzeń wywołanych

Maksymalną wartość masowego natężenia przepływu piasku  $\dot{m}_c = 12,747 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  uzyskano przy nadciśnieniu zasilania  $p_z = 0,349 \text{ MPa}$  przed dyszą przyspieszającą o średnicy wewnętrznej  $d_1 = 24 \text{ mm}$  oraz nadciśnieniu w komorze podajnika  $p_k = 0,293 \text{ MPa}$ . Masowe natężenie przepływu powietrza zasilającego instalację  $\dot{m}_z$  posiadało wówczas wartość  $0,464 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , a objętościowe natężenie przepływu, zredukowane do warunków normalnych ( $p_N = 101324,7 \text{ Pa}$ ,  $T_N = 273,15 \text{ K}$ ) - wartość  $\dot{V}_N = 0,364 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

Obliczenia dotyczące przepływów powietrza przez instalację transportową oparte zostały na założeniu, że zużycie tego

wanych mieszaniam się powietrza z cząstkami materiału stałego. Drugi strumień przepływał do komory podajnika przez zawór redukcyjny  $R_1$ . W przypadku piasku kwarcowego podział strumienia był następujący:

$$\dot{m}_z = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 0,336 + 0,128 = 0,464 \text{ kg.s}^{-1}.$$

W równaniu tym przez  $\dot{m}_z$  oznaczono masowe natężenia przepływu powietrza zasilaającego całość instalacji, a przez  $\dot{m}_1$  i  $\dot{m}_2$  - masowe natężenia przepływu powietrza przez dyzę główną podajnika oraz reduktor zasilaający komorę podajnika.

Zadaniem powietrza dostarczanego do komory jest utrzymanie w niej nadciśnienia  $p_k$ , regulowanego zaworem redukcyjnym R, przez czas trwania cyklu opróżniania podajnika. Niezbędno osiągnięcia tego celu natężenie przepływu obliczono z zależności:

$$\dot{m}_k = \frac{V \cdot \rho_k}{t_f} = \frac{1,2 \cdot 4,703}{49,5} = 0,114 \text{ kg.s}^{-1},$$

w której V oznaczono wyrażoną w  $\text{m}^3$  objętość całkowitą podajnika, a przez  $\rho_k$  - gęstość powietrza pod ciśnieniem  $p_k$ , wyrażoną w  $\text{kg.m}^{-3}$ .

Na skutek naturalnej przepuszczalności złoża materiału sypkiego znajdujacego się w podajniku oraz różnicy ciśnień pewna, określona jako  $\dot{m}_p$ , ilość powietrza przepływała z górnej części komory do dyzy głównej. Wyznaczono ją z zależności:

$$\dot{m}_p = \dot{m}_2 - \dot{m}_k = 0,128 - 0,114 \text{ kg.s}^{-1}.$$

Stąd masowe natężenie przepływu powietrza przemieszczajacego się w rurociągu transportowym było równe:

$$\dot{m} = \dot{m}_1 + \dot{m}_p = 0,336 + 0,014 = 0,350 \text{ kg.s}^{-1}$$

Określona w ten sposób ilość powietrza, wymieszana z cząstkami materiału stałego, przemieszczała się w rurociągu w postaci mieszaniny dwufazowej. Ruch ten odbywał się ze średnią prędkością w, obliczoną wg wzoru

$$w = \frac{N_G}{A \cdot \Delta p} = \frac{41\,733}{7,854 \cdot 10^{-3} \cdot 0,251 \cdot 10^6} = 21,19 \text{ m.s}^{-1},$$

w którym przez A oznaczono wyrażoną w  $\text{m}^2$  powierzchnię przekroju poprzecznego rurociągu, a przez  $\Delta p$  - wyrażony w Pa spadek ciśnienia. Przez  $N_G$  oznaczono moc niezbędną do sprężenia strumienia  $\dot{m}$   $\text{kg.s}^{-1}$  powietrza od ciśnienia panujacego na końcu rurociągu do ciśnienia na jego początku. Po-

wietrze traktowano jako czynnik poddany sprężaniu politropowemu, charakteryzujący się wykładnikiem politropy  $\kappa = 1,4$ . Dla tak obliczonej prędkości średniej liczba Froude'a osiągnęła wielkość:

$$Fr = \frac{w^2}{g \cdot d} = \frac{21,19^2}{9,80665 \cdot 0,1} = 457,87,$$

gdzie  $g$  jest wartością przyspieszenia grawitacyjnego.

Masowe koncentracja mieszaniny, umożliwiającą ilościową ocenę stopnia wykorzystania strumienia powietrza transportującego, wyznaczona była z zależności:

$$\mu = \frac{\dot{m}_c}{\dot{m}} = \frac{12,747}{0,350} = 36,42.$$

Energię potrzebną do przetransportowania 1 Mg materiału obliczono według wzoru:

$$E = \frac{L}{\dot{m}_c} \cdot 10^{-3} = \frac{3 \ 626 \ 357}{631} \cdot 10^{-3} = 5,747 \text{ MJ} \cdot \text{Mg}^{-1},$$

w którym przez  $L$  oznaczono wyrażoną w [J] pracę sprężania całej objętości powietrza zużytego podczas transportu od ciśnienia otoczenia do ciśnienia zasilania  $p_z$ . Powietrze, tak jak poprzednio, traktowano jako gaz poddany sprężaniu politropowemu.

Odniesioną do warunków normalnych ilość powietrza, zużywaną na przetransportowanie 1 Mg materiału, wyznaczono z zależności:

$$\dot{V}_T = \frac{\dot{V}_N}{\dot{m}_c} \cdot 10^3 = \frac{0,364}{12,747} \cdot 10^3 = 28,55 \text{ m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1}.$$

Obliczono także współczynnik  $\varphi$  oporów przepływu w dyszy podajnika, uwzględniający zaniejszenie natężenia przepływu powietrza przez to urządzenie. Zaniejszenie natężenia przepływu powietrza wynikało z niedokładności wykonania dyszy oraz zakłóceń, spowodowanych dozowaniem cząstek materiału stałego. Według podanego toku postępowania wykonano obliczenia dla pozostałych 23 materiałów i zestawiono je w tablicach 1 i 2.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wyników badań pozwoliła zoptymalizować parametry transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego grupy materiałów z punktu widzenia ekonomiki. Prowadziło to w efekcie do minimalizacji jedno-

Tablica 1

Lp.	Nazwa materiału	$P_z$	$P_k$	$\dot{m}_c$	$\dot{m}_z$	$d_1$	$\dot{m}_1$	$\dot{m}_2$	$\dot{m}_k$	$\dot{m}_p$	$\dot{m}$	$\dot{V}_N$
		MPa	MPa	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>	mm	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>	kg.s <sup>-1</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Mikrotalk	0,505	0,083	3,181	0,340	16	0,201	0,139	0,029	0,110	0,311	0,267
2	Siarcezan baru	0,486	0,116	4,117	0,385	20	0,306	0,079	0,030	0,049	0,355	0,302
3	Koks gazowy	0,397	0,272	14,186	0,547	22	0,321	0,226	0,130	0,096	0,417	0,428
4	Cement "Górkal"	0,342	0,353	12,456	0,558	22	0,278	0,278	0,113	0,165	0,443	0,435
5	Masa chromitowa	0,324	0,167	11,052	0,490	22	0,267	0,223	0,067	0,156	0,423	0,384
6	Mączka ziemniaczana	0,260	0,196	9,195	0,552	22	0,223	0,329	0,047	0,282	0,505	0,431
7	Mączka anhydrotowa	0,481	0,245	8,000	0,501	22	0,378	0,123	0,053	0,070	0,448	0,392
8	Mączka dolomitowa 0-0,32 mm	0,406	0,314	19,402	0,501	18	0,214	0,288	0,177	0,111	0,325	0,393
9	Dolomit prażony	0,352	0,261	13,684	0,660	24	0,335	0,325	0,133	0,192	0,527	0,517
10	Wapno hydratyzowane	0,448	0,120	9,269	0,321	18	0,233	0,088	0,062	0,026	0,259	0,251
11	Chlorek wapnia	0,281	0,130	14,864	0,383	18	0,166	0,217	0,095	0,122	0,288	0,301
12	Mlewo fosforowe	0,510	0,132	2,516	0,294	16	0,205	0,088	0,011	0,077	0,882	0,230

		cd. tablicy 1										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Minia ołowiane	0,353	0,338	6,179	0,427	24	0,331	0,096	0,038	0,058	0,389	0,335
14	Blende prążona fluidyzacyjna	0,318	0,295	8,585	0,370	18	0,185	0,185	0,063	0,122	0,307	0,290
15	Blende prążone związujące	0,318	0,335	12,413	0,336	18	0,185	0,151	0,096	0,056	0,241	0,263
16	Pył filtrowy 0/0,3 mm	0,412	0,155	8,030	0,358	18	0,222	0,136	0,058	0,078	0,300	0,280
17	Pył magnetytowy	0,324	0,294	14,492	0,532	22	0,273	0,259	0,086	0,173	0,446	0,416
18	Pył seagnetytowy	0,324	0,294	12,500	0,460	22	0,274	0,186	0,074	0,112	0,386	0,360
19	Pył wielkopi- cowy	0,362	0,274	9,863	0,490	22	0,291	0,199	0,073	0,126	0,417	0,384
20	Pyły lotne	0,490	0,226	11,764	0,480	20	0,316	0,164	0,072	0,092	0,408	0,376
21	Popiół z elek- trofiltrów elektrowni	0,363	0,186	11,666	0,553	22	0,293	0,260	0,073	0,187	0,480	0,432
22	Popiół z elek- trofiltrów oglo- merowni	0,363	0,186	9,763	0,540	22	0,293	0,247	0,057	0,190	0,483	0,423
23	Polietylen kab- lowy	0,490	0,131	3,669	0,333	16	0,200	0,132	0,031	0,102	0,302	0,261
24	Polietylen kab- lowy	0,534	0,093	3,134	0,305	16	0,215	0,090	0,021	0,069	0,284	0,239
25	Polwinil eponowy	0,386	0,262	5,000	0,816	22	0,303	0,513	0,046	0,467	0,770	0,637
26	Polwinil eponowy	0,379	0,276	4,273	0,815	22	0,282	0,533	0,038	0,495	0,777	0,636
27	Pissek kwarcowy	0,349	0,293	12,747	0,464	24	0,336	0,128	0,114	0,014	0,350	0,364

Tablice 2

Lp.	Nazwa materiału	$\mu$	$\Delta p$	w	Fr	$\dot{V}_T$	E	$\psi$	$L_z$
		-	MPa	m.s. <sup>-1</sup>	-	m <sup>3</sup> .Mg <sup>-1</sup>	MJ.Mg <sup>-1</sup>	-	m
1	Mikrotalk	10,25	0,246	20,150	414,03	83,83	21,367	0,7031	331,0
2	Siarcezan baru	11,61	0,249	22,608	521,20	73,27	18,043	0,7074	331,0
3	Koke gazowy	34,05	0,201	23,653	570,49	30,17	6,243	0,7241	154,8
4	Cement "Górkal"	28,11	0,162	30,487	947,78	34,91	7,013	0,7115	154,8
5	Mgasa chromitowa	26,12	0,137	29,899	911,58	34,72	6,627	0,7049	154,8
6	Mączka ziemniaczana	18,22	0,147	34,096	1185,46	46,90	8,047	0,7845	154,8
7	Mączka anhydrytowa	17,85	0,228	25,569	666,66	49,04	11,186	0,7054	154,8
8	Mączka dolomitowa O <sub>2</sub> O,32 mm	59,81	0,212	16,585	280,49	20,24	4,471	0,7572	154,8
9	Dolomit prażony	25,98	0,236	29,590	892,83	37,75	7,832	0,8688	154,8
10	Wapno hydratyzowane	35,80	0,074	16,920	291,93	27,10	6,241	0,7000	154,8
11	Chlorek wopnis	51,67	0,103	20,888	444,91	20,23	3,293	0,7005	154,8
12	Mlewo fosforytowe	8,91	0,110	21,909	489,47	91,48	22,740	0,7000	331,0
13	Minia ołowiona	15,88	0,235	16,702	284,46	54,18	10,199	0,9922	154,8
14	Blenda prażona flui- dżacyjna	27,99	0,212	15,418	242,40	33,75	5,735	0,8929	154,8



cd. tablicy 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Błenda prazona zas- wiecinowa	51,38	0,236	12,272	153,57	21,20	3,605	0,9904	154,8
16	Pył filtracyjny 0-0,3 mm	26,77	0,108	21,178	457,35	34,92	7,364	0,7000	154,8
17	Pył magnetytowy	32,46	0,235	23,207	549,18	28,72	5,221	0,9875	154,8
18	Pył magnetytowy	32,37	0,235	20,142	413,70	28,79	5,242	0,9798	190,0
19	Pył wielkopięcowy	23,67	0,210	22,817	530,88	38,93	8,012	0,7891	190,0
20	Pyły lotne	28,85	0,184	25,026	638,65	31,98	7,474	0,6998	154,8
21	Popiół z elektrofiltrów elektrowni	24,31	0,098	31,599	1018,18	37,06	7,554	0,7001	154,8
22	Popiół z elektrofiltrów aglomerowni	20,23	0,098	31,879	1036,31	43,28	8,829	0,7000	190,0
23	Polietylen kablowy	12,18	0,117	21,495	471,14	71,16	17,049	0,7002	331,0
24	Polietylen kablowy	11,04	0,076	22,053	495,92	76,40	19,264	0,7001	331,0
25	Polwinil oponowy	6,49	0,274	40,705	1689,56	127,34	28,095	0,9202	595,0
26	Polwinil oponowy	5,50	0,290	40,250	1652,00	148,85	32,153	0,9939	595,0
27	Pissek kwarcowy	36,42	0,251	21,190	457,87	28,55	5,747	0,8614	154,8

kowego zużycia powietrza  $\dot{V}_T$ , a co za tym idzie - energii jednostkowej  $E$ . Obliczone wartości współczynnika oporów przepływu  $\varphi$  umożliwiły ocenę zakłóceń występujących w dyszy i spowodowanych obecnością materiału sypkiego. Stwierdzono ponadto, że zwiększony przepływ powietrza z komory do dyszy głównej występuje nie tylko przez materiały posiadające ziarna jednorodne, o dużych średnicach. Zjawisko to występuje także w przypadku materiałów, charakteryzujących się dużymi wartościami kąta naturalnego usypu, a więc wykazujących tendencje do zawieszania się na ściankach zbiornika i tworzenia kanałów dla przepływającego przez nie powietrza.

#### OZNACZENIA

- A - pole przekroju poprzecznego rurociągu transportowego,
- d - średnica wewnętrzna rurociągu transportowego,
- $d_1$  - średnica najwęższego przekroju dyszy przyspieszającej,
- E - energia zużywana na przetransportowania 1 Mg materiału, energia jednostkowa,
- Fr - liczba Froude'a,
- g - przyspieszenie ziemskie,
- L - praca sprężania powietrza,
- $L_z$  - długość zastępcza rurociągu transportowego,
- $m_c$  - masa porcji materiału sypkiego,
- $\dot{m}_c$  - masowe natężenie przepływu materiału sypkiego,
- $\dot{m}_k$  - masowe natężenia przepływu powietrza, zużywanego na wypełnienie komory podajnika,
- $\dot{m}_p$  - masowe natężenie przepływu powietrza przepływającego przez materiał sypki,
- $\dot{m}_z$  - masowe natężenie przepływu powietrza zasilającego całość instalacji
- $\dot{m}_1$  - masowe natężenie przepływu powietrza przepływającego przez dyszę przyspieszającą,
- $\dot{m}_2$  - masowe natężenie przepływu powietrza wpływającego do komory podajnika,
- $N_G$  - moc niezbędna do sprężania powietrza,
- $p_k$  - nadciśnienia w komorze podajnika,
- $p_z$  - nadciśnienie zasilania instalacji,
- $\Delta p$  - spadek ciśnienia w rurociągu transportowym,
- R - promień gięcia łuku,
- $t_t$  - czas transportu porcji materiału,
- V - objętość całkowita komory podajnika,
- $V_u$  - objętość użyteczna komory podajnika,
- $\dot{V}_N$  - objętościowe natężenie przepływu powietrza, sprowadzone do warunków normalnych,

- $\dot{V}_T$  - ilość powietrza, zużywana na przetransportowanie 1 Mg materiału, jednostkowe zużycie powietrza,  
 $w$  - średnia prędkość przepływu powietrza w rurociągu transportowym,  
 $\alpha$  - kąt wygięcia łuku,  
 $\varphi$  - współczynnik oporów przepływu w dyszy podajnika,  
 $\rho_k$  - gęstość powietrza w komorze podajnika przy nadciśnieniu  $p_k$ .

## LITERATURA

- [1] Sokołow J.J., Zinger N.M.: Strumienice. WNT, Warszawa 1965.
- [2] Ochęduszek S.: Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa 1967.
- [3] Goliński J.A., Troškołański A.T.: Strumienice. WNT, Warszawa 1968.
- [4] Kuratow T.: Pomiarы przepływów cieczy par i gazów. Śląsk, Katowice 1967.
- [5] PN-65/M-53950: Pomiar natężenia przepływu płynów za pomocą zwężek.
- [6] Piątkiewicz Z., Kowalski E., Szlumczyk H.: Wyniki badań transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego materiałów sypkich. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Mechanika, z. 66, Gliwice 1978.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ  
ПНЕВМОТРАНСПОРТА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

## Резюме

В работе дан экспериментальный анализ параметров работы четырёх установок пневмотранспорта высокого давления с разными длинами трубопроводов, переправляющих 23 разных материалов. Расчитаны оптимальные параметры с точки зрения экономики работы установок с особым учётом баланса носителя в транслиционном устройстве.

EXPERIMENTAL ANALYSES OF OPERATION PARAMETERS  
IN HIGH PRESSURE PNEUMATIC CONVEYING INSTALLATION

## Summary

Four instalations with different lanchts of pipelines are analized experimentally. Each of them transports 23 different materials. Optimal parameters from economic point of view are found. A balance of the carrier in a transmitter is especially taken into account.