

Henryk WÓJCİK

"FUMOS - Skierniewice"

ROZWIĄZANIA URZĄDZEŃ ODBIORCZO-ODPYLAJĄCYCH
TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO

Streszczenie. W referacie omówiono kierunki i celowość prowadzonych badań urządzeń przenośników pneumatycznych. W świetle dotychczasowych badań oraz obserwacji eksploatowanych urządzeń transportu pneumatycznego, opracowano nowe rozwiązanie oddzielacza cyklonowego, filtra rękawowego, zasuwki odcinającej oraz przepustnicy trójdzwonowej.

Różnica ciśnień niezbędna dla zrealizowania transportu pneumatycznego składa się ze straty ciśnienia potrzebnego na pokonanie oporów przepływu czystego gazu nośnego przez przewód transportowy oraz ze straty ciśnienia potrzebnego dla przemieszczenia samego nosiwa.

W miarę przepływu soli gazu wzdłuż przewodu transportowego ciśnienie gazu nośnego obniża się na skutek oporów przepływu. Spadek ciśnienia powoduje wzrost objętości gazu, a tym samym i wzrost prędkości przepływu tego gazu. Oznacza to, że ze spadkiem ciśnienia wzrasta prędkość gazu transportowego. Te zmiany mają charakterystykę nieliniową.

Dla przenośników pneumatycznych efektywna prędkość transportu jest określana na podstawie średniej prędkości przepływu gazu transportowego. Parametrem charakteryzującym ruch gazu nośnego w przewodzie transportowym może być również liczba Froude'a [1]:

$$Fr = \frac{w}{\sqrt{g \cdot D_w}}$$

gdzie:

- w - prędkość przepływu m/s,
- g - gęstość kg/m^3 ,
- D_w - średnica rurociągu m.

Rzeczywista prędkość nosiwa zawsze jest mniejsza od prędkości gazu nośnego o prędkość poślizgu.

Dla linii krótkich, w których spadek ciśnienia gazu nośnego jest niewielki, a stosunek ciśnienia na wylocie p_k i na wlocie p_f do przewodu transportowego nie przekracza wartości:

$$\frac{p_k}{p_p} \approx 0,9$$

(czyli: gdy spadek ciśnienia nie przekracza wartości $0,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, tzn. 1000 mm sł. H_2O), różnica pomiędzy średnią prędkością a prędkością na wylocie nie przekracza 5%. Dlatego zakładanie stałej prędkości w całym przewodzie transportowym powoduje niewielki błąd w wynikach ostatecznych obliczeń i nie ma zasadniczego wpływu na dobór urządzeń, natomiast prowadzi do poważnego uproszczenia obliczeń. Takie zalecenia są praktykowane przy projektowaniu niektórych niskociśnieniowych przenośników pneumatycznych, a szczególnie przy projektowaniu urządzeń instalacji wentylacyjnych lub odpylających.

W liniach długich, przy dużym spadku ciśnienia, różnica pomiędzy prędkością wylotową w_k a wlotową w_p jest tak duża, że wymaga dokładnego obliczenia i wyznaczenia średniej prędkości gazu nośnego.

Z tych powodów należy rozgraniczać metody obliczania strat ciśnienia i prędkości gazu nośnego dla przenośników pneumatycznych:

- niskociśnieniowych,
- średnio- i wysokociśnieniowych.

W liniach długich przenośników pneumatycznych średnia prędkość gazu nośnego jest, w dużym uproszczeniu, równa średnioważonej wartości prędkości gazu transportowego:

$$w = \frac{w_k + w_p}{2} \text{ m/s}$$

Stąd prędkość na końcu przewodu transportowego:

$$w_k = (2 \cdot w) - w_p \text{ m/s}$$

Przy założeniu, że: $w = 26 \text{ m/s}$; $w_p = 7 \text{ m/s}$, otrzyma się:

$$w_k = (2 \cdot 26) - 7 = 45 \text{ m/s}$$

Takie to właśnie prędkości zaobserwowano na końcach przewodów wysokociśnieniowych przenośników pneumatycznych. Z taką to prędkością wchodzi sol-gaz z przewodu transportowego do urządzeń oddzielających nosiwo od gazu nośnego.

Najczęściej spotykanymi urządzeniami oddzielającymi materiał transportowany od gazu nośnego są cyklony. Cyklony służą przede wszystkim, do wytrącania pyłu z gazu nośnego w instalacjach odpylających. Dlatego ostatnio cyklony nazwano odpylaczami cyklonowymi.

Keztały i wymiary odpylaczy cyklonowych oparte są na teorii prof. Bartha i doświadczeniach przeprowadzonych w Instytucie Techniki Ciepłej w

łodzi. Do doświadczeń jako gazu nośnego używano nieobrabianego powietrza atmosferycznego lub gazów kominowych. Jako nosiwo stosowano pyły kominowe, pyły dymnicowe lub pyły spod szlifierek do obróbki drewna. Stężenia pyłów w gazie nośnym wynosiły 5 do 8 g/m³. W urządzeniach badawczych typu niskociśnieniowego stosowano prędkości gazu nośnego na wejściu do cyklonu $w_{\text{cykl}} = 12$ do 28 m/s.

Podobne próby i badania były przeprowadzone w NRD w zakładach VEB PKM KOHLENVERARBEITUNG - Lipsk. Wyniki badań otrzymane w tych instytucjach są prawie identyczne. Zalecają prędkość na wejściu do cyklonu:

$$w_{\text{cykl}} = 16 \text{ do } 18 \text{ m/s}$$

W przypadku oddzielaczy cyklonowych przenośników pneumatycznych nie mogą być bezkrytycznie stosowane wymiary odpylaczy cyklonowych, tak jak to jest jeszcze obecnie stosowane. Chociażby dlatego, że koncentracja masowa na wejściu do odpylaczy cyklonowych wynosi 5 do 8 g/kg, a na wejściu do oddzielaczy cyklonowych wynosi 20 do 30 kg/kg, a czasem i więcej. Czyli w oddzielaczach cyklonowych jest ona 2500 do 6000 razy większa niż w odpylaczach cyklonowych. Z tych to chociażby powodów kształty geometryczne i wymiary oddzielaczy cyklonowych nie mogą być bezkrytycznie przenoszone z odpylaczy cyklonowych.

Takie to przesłanki i obserwacje własne pozwoliły w "FUMOS" w Skiernewicach na opracowanie nowego rozwiązania oddzielaczy cyklonowych dla potrzeb transportu pneumatycznego średnio- i wysokociśnieniowego.

Charakterystycznym wymiarem odpylaczy cyklonowych jest średnica cylindra cyklonu. Natomiast charakterystycznym wymiarem oddzielaczy cyklonowych jest wymiar nominalnej średnicy przewodu transportowego przyłączonego do oddzielacza cyklonowego.

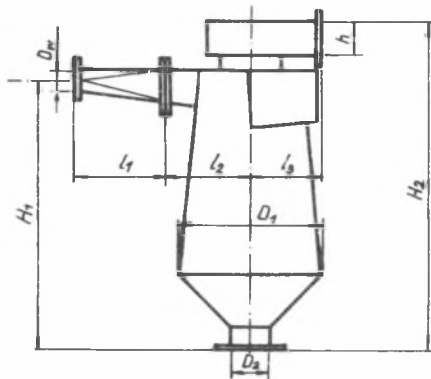
Konstrukcja zaprojektowanych oddzielaczy cyklonowych jest przystosowana do przenośników pneumatycznych o parametrach:

- koncentracja masowa $\mu = 6$ do 30 kg/kg
- prędkość na końcu przewodu transportowego $w_k = 45$ m/s
- wydolność przenośnika pneumatycznego $\dot{G}_m = 2$ do 40 Mg/h

Skuteczność wytrącania ciał stałych w oddzielaczach cyklonowych będzie tym większa, im:

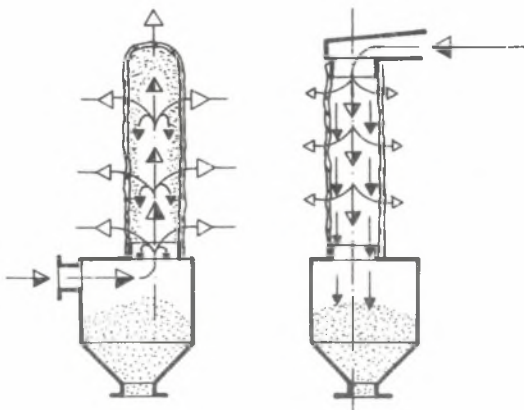
- większa będzie prędkość wlotowa do cyklonu,
- większa będzie koncentracja,
- większa będzie gęstość materiału transportowego,
- większa będzie średnica zastępcza cząstek ziarn pyłu,
- mniejsza będzie średnica zewnętrzna cyklonu.

Jednak podwyższanie prędkości wlotowej do cyklonu (w_{cykl}) wydatnie zwiększa straty ciśnienia przepływającego przezeń gazu. Dla przewodów transportowych większych niż $D_w \geq 125$ mm przewiduje się zastosowanie multi-cyklonów.



Wymiary Typ	D_w	D_1	D_2	L_1	L_2	L_3	h	H_1	H_2
	D_w	$7 \cdot D_w$	$2 \cdot D_w$	$5 \cdot D_w$	$5 \cdot D_w$	$4 \cdot D_w$	$15 \cdot D_w$	$12 \cdot D_w$	$16 \cdot D_w$
50	50	350	100	250	250	200	75	600	800
65	65	455	130	325	325	260	100	780	1000
80	80	560	160	400	400	320	120	~1000	~1300
100	100	700	200	500	500	400	150	1200	1600

Rys. 1. Parametry typowych oddzielaczy cyklonowych



Rys. 2. Schemat działania filtrów rękawowych z przepływem solgazu

A - z dołu do góry, (dotychczas stosowane, niewłaściwe), B - z góry na dół (proponowane, właściwe)

W dotychczas stosowanych filtrach rękawowych przyjęty jest niewłaściwy kierunek wprowadzenia solgazu do rękawów oddzielających resztki pyłu od gazu nośnego. W filtrach dotychczas produkowanych solgazu jest wprowadzany z dołu do góry. Powietrze z solgazu jest odfiltrowywane na tkaninie rękawa. Odseparowany materiał sytki powinien opaść do zbiornika. Jednak jego opadanie jest utrudnione przez napierającą strugę solgazu pochodzącą z kontynuowania transportu. Pył zamiast opaść jest unoszony w rękawie

i przytłaczany do tkaniny filtracyjnej tworząc pewnego rodzaju kożuch. Grubość warstwy kożucha narasta stopniowo aż do całkowitego zablokowania rękawa filtracyjnego. Przewidziane oczyszczanie rękawów przez działanie powietrzem rewersyjnym, w rozwiązaniach dotychczasowych, nie spełniło przewidywanych osiągnięć. Otrząpywanie rękawów według obecnie stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych jest również nieskuteczne.

Proponowane przez nas rozwiązanie suchych odpylaczy rękawowych o wprowadzeniu solgazu z góry na dół powinno spełnić pokładane nadzieje. Nadchodząca struga solgazu nie tylko że nie utrudnia, ale wręcz jeszcze pomaga opadać wytrąconym cząstkom pyłu do zbiornika pod filtrem. W ten sposób dokonuje się samoczynne oczyszczanie rękawów filtracyjnych, gdyż wytrącone cząstki pyłu są zdmuchiwane do zbiornika. Dla wzmoczenia czyszczenia ścianek tkaniny filtracyjnej można w rękawie zawiesić miękkie linki metalowe dobrze przewodzące prąd elektryczny. Linki drgając będą ocierać się o ściankę rękawa i w ten sposób obtręcać zawisłe pyły. Linki ocierając się o tkaninę filtracyjną będą przejmować ładunki elektrostatyczne. Odprowadzenie ładunków elektrostatycznych również dodatnio wpływa na oczyszczanie tkaniny filtracyjnej. Zaprojektowany przez nas filtr nie posiada mechanizmów zużywających energię produkcyjną. W tym filtrze oszczędza się również energię zużywaną na pokonywanie oporów oddzielania pyłów od gazu nośnego, gdyż filtr jest zawieszony w stadium poprawnego i skutecznego samoczyszczenia.

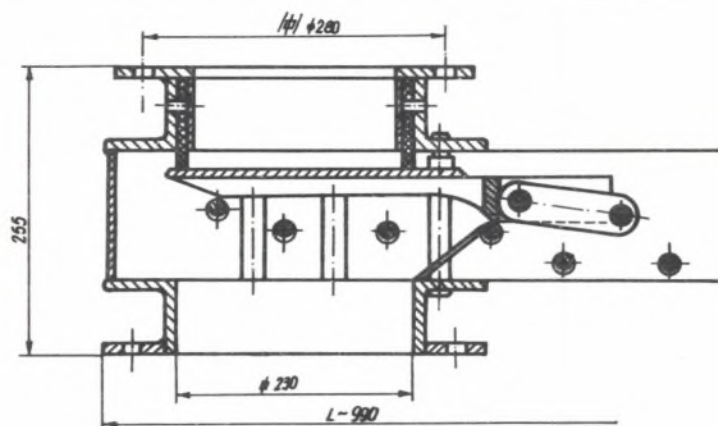
Wyłożone hipotezy i założenia konstrukcyjne poprzemy badaniami i próbami przeprowadzonymi na zakładowym stanowisku badawczym i u chętnego użytkownika. Spodziewamy się, że zestaw złożony z cyklonu(-ów) i filtra nie powinien stwarzać większego oporu miejscowego niż $\Delta p = 120 \text{ daPa}$ (mm sł. H_2O), przy praktycznym wyeliminowaniu obsługi produkcyjnej i podwyższeniu skuteczności odpylania do $\eta = 99,9\%$.

Zestaw oddzielnicy cyklo-filtrowego będzie wyposażony we własne zbiorniki pyłów wytrąconych. Zbiorniki będą opróżniane przez specjalnie skonstruowane zasuwki odcinające lub trójdzwonowe przepusty.

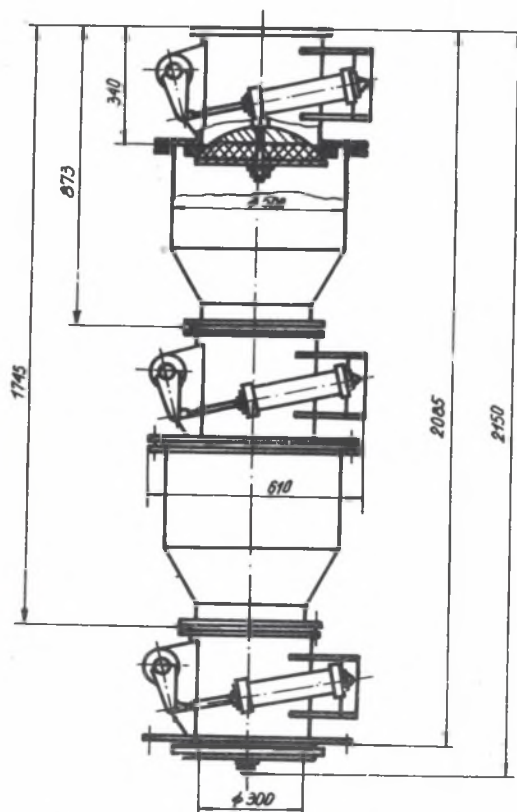
Wspomniana zasuwka odcinająca jest bardzo prosta w swej budowie i powinna być urządzeniem niezawodnym. Może być ona zamykana i otwierana za pomocą układu śrubowego napędzanego ręcznie lub mechanicznie. Może być również uruchamiana siłownikiem pneumatycznym lub hydraulicznym. Zasuwka odcinająca powinna zastąpić za całym powodzeniem obecnie stosowane mało sprawne zasuwki awaryjne, które nie cieszą się uznaniem u użytkowników.

Przepust trójdzwonowy jest skonstruowany z typowych elementów zaworów zasypowych stosowanych w podajnikach komorowych. Ponieważ jego działanie jest oparte na zasadzie zamykania kulę siedzenia stożkowego, więc bezdyskusyjnie jest zapewnianie o jego szczelności.

Obecnie użytkowane przepusty dwukłapowe są wadliwie skonstruowane, a wyniki ich pracy są po prostu złe. O tym chyba najlepiej wiedzą sami użytkownicy. Zawieradła przepustu trójdzwonowego są odcinkami kuli. W cza-



Rys. 3. Zasuwa odcinająca



Rys. 4. Przepust trózzwonowy

szę zawieradła kulowego wbudowane jest uszczelnienie. Takie rozwiązanie potania produkcję i zapewnia większą pewność i skuteczność działania. Każde zawieradło jest zamykane i otwierane siłownikiem pneumatycznym sterowanym podobnie jak w podajniku kosorowym. Synchronizacja i kolejność działania zawieradeł kulowych są sterowane przełącznikiem programowym i trójdrogowymi zaworami produkcji krajowej. Przewiduje się pełną ich przydatność ze względu na wymaganą i osiąganą szczelność. Przepustki trójdzwonowe powinny znaleźć pełne zastosowanie w ssących przenośnikach pneumatycznych. Zastosowanie przepustów trójdzwonowych pod cyklonami i filtrami zapewni wymaganą szczelność układu odbierającego, a tym samym wydatnie wpłynie na zwiększenie wydajności przenośnika przy równoczesnym zaoszczędzeniu energii produkcyjnej.

Omówione urządzenia są zabezpieczone ochroną patentową. Dla pełniejszej informacji pragniemy donieść, że są w budowie prototypy urządzeń przewidzianych do prób i badań, a między innymi:

- kulisty zawór zesypowy (dla podajników kosorowych, jak i dla innych aparatów czy zbiorników),
- podajnik strumienicowy, dla przewodów transportowych $D_w = 65, 80$ i 100 mm,
- dwudrogowy zawór rękawowy sterowany siłownikiem mechaniczno-elektrycznym,
- dwudrogowy zawór kulakowy sterowany siłownikiem mechaniczno-elektrycznym,
- zawór kulowy sterowany siłownikiem mechaniczno-elektrycznym,
- kolano (łuk) żeliwne z nakładką wymienną.

LITERATURA

- [1] Z. Piętkiewicz, E. Kowalski, H. Szlumczyk: Wyniki badań transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego materiałów sypkich. ZN Pol. Śl., Mechanika z. 66, s. 82, Gliwice 1978.

РЕШЕНИЯ ПРИЁМОЧНО-ПЫЛЕОЧИСТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

В работе оговорены направления и целесообразность проводимых исследований устройств пневматических конвейеров. На основе актуальных исследований а также наблюдений эксплуатируемых устройств пневматического транспорта разработаны новые решения для циклонного разделителя, рукавного фильтра, отсекающего клапана а также трёхкокольного дросселя.

SOLUTIONS OF RECEIVING/DEDUSTING EQUIPMENT
IN PNEUMATIC CONVEYING

S u m m a r y

Trends and usefulness of pneumatic feed equipment tests is considered. The results of experiments and observations of operating pneumatic conveying equipment lead to new solutions of cyclone dust extractor, bag filters, gate valve and triple bell waste-gate.