

**ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Józef Kirkiewicz, Janusz Chrzanowski

**Badanie skuteczności okrętowych urządzeń odpylających
w zależności od ich budowy**

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, odpylanie powietrza,
urządzenia odpylające

Wskazano na występujące zanieczyszczenia powietrza, zwłaszcza pyłowe, przy wentylacji i klimatyzacji statku. Określono kryteria, jakie muszą spełniać okrętowe urządzenia odpylające. Wprowadzono podział odpylaczy na podstawie zasady ich działania. Przy badaniach skuteczności pracy wybranych najbardziej typowych odpylaczy zastosowano metodykę analizy mikroskopowej odzyskanego pyłu jako kryterium porównawczego. Wskazano na wady i zalety niektórych, zwłaszcza dwustopniowych urządzeń odpylających stosowanych we flocie.

**An Investigation of the Efficiency of Ship Dusters
in Relation to Their Construction**

Key words: pollution, dust extraction, dust collectors

Air pollution, especially dust pollution resulting from shipboard air-conditioning and ventilation are discussed. The criteria to be satisfied by ship dust collectors are specified. Besides, ship dusters are classified according to the principle of operation. The investigation of operating efficiency of chosen ship dusters uses the method of microanalysis of recovered dust as a comparative criterion. Typical advantages and disadvantages of ship dusters, including two-stage dusters, are pointed out.

Wprowadzenie

Atmosfera, w jakiej żyjemy zawiera wiele składników, które wywierają działanie szkodliwe zarówno na zdrowie człowieka jak i na trwałość urządzeń technicznych. Podzielić je można na dwie zasadnicze grupy:

1. Składniki gazowe takie jak: dwutlenek siarki (SO_2), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), ozon (O_3), lotne zanieczyszczenia organiczne a szczególnie benzen i benzopiren. Ta grupa składników działa szkodliwie na tkankę płucną, powoduje niedotlenienie mięśnia sercowego oraz mózgu i innych narządów wewnętrznych. Ich działanie prowadzi do utraty zdrowia a w dalszej kolejności przyczynia się do wzrostu śmiertelności.
2. Składniki pyłowe działają szkodliwie zarówno na organizmy żywe, jak również na maszyny i urządzenia. U człowieka pyły powodują zwężenie dróg oddechowych, uszkadzają pęcherzyki płucne, przyczyniają się do wystąpienia zawałów, udarów mózgu a nawet powstania i rozwoju choroby nowotworowej. W urządzeniach technicznych działanie pyłów prowadzi do zmniejszenia trwałości elementów ruchomych.

Pyły mogą mieć różną granulację, od której zależy szkodliwość ich działania. Na organizmy żywe najbardziej szkodliwie oddziałują frakcje rzędu 1 do 5 μm , ponieważ takie ich wielkości najłatwiej przedostają się do organów wewnętrznych a zwłaszcza płuc [1]. Dla maszyn i urządzeń najgroźniejsze są cząsteczki pyłów o wymiarach 10 – 20 μm , ponieważ jest to rząd grubości filmu olejowego. W procesie smarowania jak i zasilania pyły o takiej granulacji przedostają się między elementy ruchome maszyn. Pyły w obwodach paliwowo-smarowych powodują zanieczyszczanie filtrów, a w dalszej kolejności zużycie abrazyjne elementów precyzyjnych, zwłaszcza pomp i wtryskiwaczy.

Problem odpylania powietrza we flocie pojawia się szczególnie w czasie postoju statku w porcie, czy w trakcie załadunku lub rozładunku. Dlatego właśnie statek do czerpania powietrza pobieranego na potrzeby wentylacyjne i klimatyzacyjne musi być wyposażony w urządzenia odpylające. Dla średniej wielkości statku, na którym w porcie pracują jedynie silniki agregatowe, zapotrzebowanie powietrza wynosi ok. 10 000 m^3/h . Jeżeli odpylacze działają prawidłowo, to dostarczane do wnętrza statku powietrze ma stężenie zapylenia ok. 0,1 g/m^3 . Przy tych warunkach wraz z powietrzem wnoszone jest w czasie 1 godz. do pomieszczeń siłownianych ok. 1 kg pyłów, przeważnie drobnoziarnistych.

Okrętowe urządzenia odpylające

W przemyśle są znane odpylacze o różnych zasadach działania. Jako najbardziej skuteczne w separowaniu pyłów ze strumienia gazu lub powietrza są elektrofiltry, których skuteczność jest rzędu 99,9%. Duże gabaryty oraz skomplikowana zasada działania tego typu odpylaczy nie spełnia oczekiwań armatorów floty.

Urządzenia odpylające instalowane na statkach muszą spełniać szereg warunków, z których najważniejsze to [2, 3]:

- małe gabaryty,
- łatwość obsługi,
- możliwość pracy w każdych warunkach klimatycznych,
- odporność na korozyjne działanie środowiska,
- mały opór hydrauliczny,
- duża skuteczność na separowanie pyłów drobnoziarnistych.

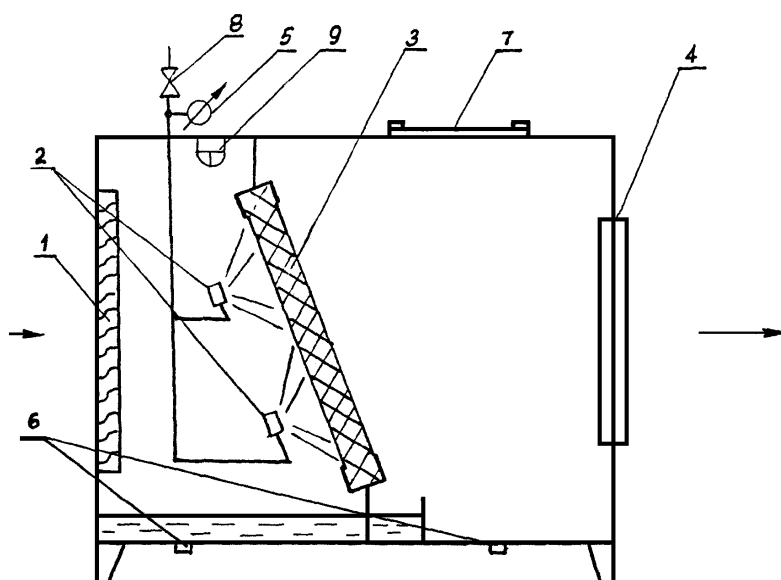
Ze względu na aspekt ludzki (zdrowie załogi) oraz ograniczenia w zużyciu mechanizmów, zwłaszcza siłownianych, ostatni z warunków jest najbardziej istotny.

Stosowane we flocie filtry suche zarówno włókninowe jak i tkaninowe w miarę skutecznie chronią mechanizmy okrętowe, natomiast są bardzo mało skuteczne w ochronie załogi, ponieważ dla frakcji pyłów mniejszych od 7 μm gwałtownie spada ich zdolność separacyjna. Dodatkową wadą filtrów tkaninowych jest to, że przy większych stężeniach zapylenia ulegają zatykaniu i powodują wzrost oporu przepływu zasysanego powietrza.

Innym rodzajem odpylaczy są filtry mokre, charakteryzujące się tym, że zapyłone powietrze przepływa przez komorę, w której dysze wodne wytwarzają kurtynę. W jej obszarze cząsteczki pyłów ulegają nawilżeniu, w wyniku czego ich zwiększona masa powoduje opadanie zwilżonych cząsteczek na dno komory. Włókninowe płyty filtracyjne umieszczone w odpylaczu jako przegrody na drodze przepływu powietrza są splukiwane wodą, co prowadzi do ich samooczyszczania. Schemat odpylacza typu LVB płukanego wodą, który jest stosowany we flocie, pokazano na rysunku 1.

Badania wykazują, że odpylacze tego typu mają małą skuteczność działania dla cząsteczek pyłów o małej średnicy. Wynika to z faktu, że pyły drobnoziarniste przenikają przez kurtynę wodną, ponieważ kropelki rozpylonej wody mają średnice większe niż 10 μm [6]. Oddziaływanie takich kropeł z pyłami drobnoziarnistymi jest zbyt małe. Wniosek ten uzyskał potwierdzenie przy zastosowaniu w trakcie badań laboratoryjnych wzbogacenia kurtyny wodnej w strumień pary wodnej wprowadzanej do wnętrza odpylacza z podgrzanego do temperatury wrzenia kociołka wodnego. Zastosowano metodykę porównywania

procentowego odzysku pyłu wprowadzonego do badań. Analizę składu ziarnowego pyłu odzyskanego prowadzono na podstawie próbek pobieranych ze szlamu w komorze odpylania [6]. Badania oparto na frakcjonowanych zestawach pyłów apatytowych. Zebrane w trakcie badań wyniki skuteczności odpylacza mokrego przed wprowadzeniem i po wprowadzeniu podano w tabeli 1.



Rys. 1. Odpylacz mokry typu LVB: 1 – kratka wlotowa, 2 – dysze wodne, 3 – płyta filtracyjna, 4 – wylot odpylonego powietrza z odkraplaczem, 5 – manometr wodny, 6 – odwodnienie odpylacza, 7 – otwór rewizyjny, 8 – wodny zawór regulacyjny, 9 – oświetlenie

Fig. 1. Wet dust collector of LVB type

Tabela 1

Frakcyjne skuteczności odpylacza mokrego
Fractional efficiency of wet dust collector

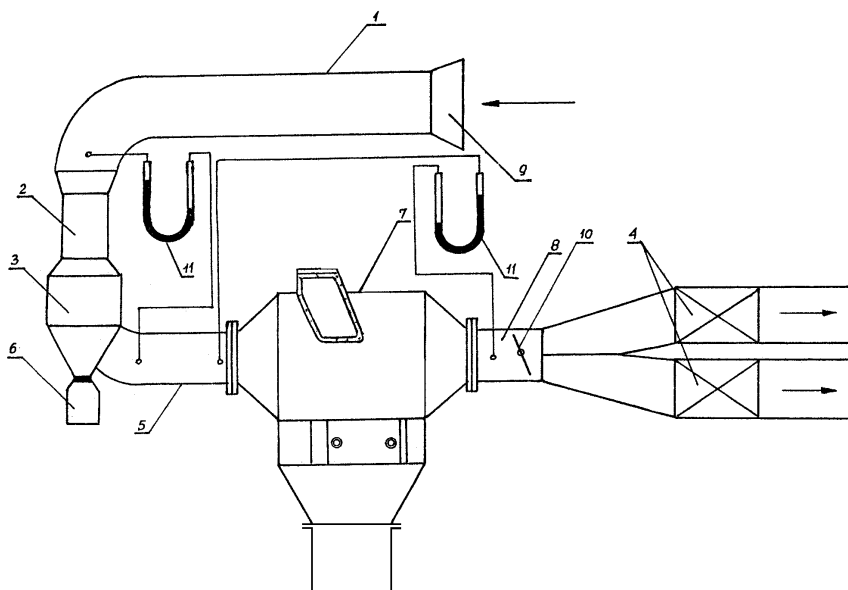
Maksymalna wielkość ziaren pyłu [μm]	Skuteczność odpylania	
	przed modernizacją [%]	po modernizacji [%]
3	35	51
6	45	62
14	70	80
20	90	91
100	99	99

Zestaw frakcji pyłów do badań został tak dobrany, aby można było objąć ochroną zarówno załogę ($3\ \mu\text{m}$), jak również maszyny i urządzenia okrętowe ($14\ \mu\text{m}$).

Bardzo interesującym rozwiązaniem konstrukcyjnym jest odpylacz suchy dwustopniowy w układzie:

- stopień pierwszy – cyklon osiowy,
- stopień drugi – obiegowy odpylacz tkaninowy.

Schemat stanowiska do badania takiego odpylacza pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Stanowisko do badania odpylacza suchego dwustopniowego: 1, 5, 8 – kanały powietrzne, 2 – cyklon osiowy, 3 – komora rozdzielcza, 4 – wentylatory osiowe, 6 – zbiornik pyłu, 7 – obiegowy odpylacz tkaninowy, 9 – konfuzor wlotowy, 10 – przesłona regulacji prędkości przepływu powietrza, 11 – manometry

Fig. 2. Test stand for a two-stage dry dust collector

W takim odpylaczu powietrze jest zasysane z dozownika przez czerpnię na końcu kanału ssącego (1), którym dopływa do cyklonu osiowego (2). Po przejściu przez cyklon, powietrze dostaje się do komory rozdzielczej (3), gdzie następuje wydzielenie pyłu ze strumienia zapyłonego powietrza. Pył po ścianach komory rozdzielczej opada do zbiornika (6). Powietrze zasysane za pomocą wentylatorów (4) płynie przez współśrodkowo umieszczony w komorze rozdzielczej kanał (5) i przechodzi do odpylacza tkaninowego (7). Po przejściu

przez odpylacz tkaninowy, powietrze przepływa kanałem (8) i za pomocą wentylatorów (4) jest tłoczona do pomieszczeń statku. Badanie tego typu odpylacza realizowano korzystając z frakcjonowanych pyłów apatytowych oraz pyłów kwarcowych. Znając ilości pyłu wprowadzonego z dozownika do układu oraz ilość pyłów, które osadziły się w zbiorniku za cyklonem osiowym, można było określić skuteczność działania pierwszego stopnia układu, co pokazano w tabeli 2.

Tabela 2

Skuteczność odpylacza cyklonowego
Separation power of the cyclone separator

Rodzaj pyłu	Gęstość pyłu [kg/m ³]	Skuteczność odpylania [%]
apatyt	2630	83
kwarc	2180	78

Pomiary ilości pyłu w komorze osadczą obiegowego odpylacza tkaninowego wykazały, że całkowita skuteczność tego urządzenia sięgała 98%. Mikroskopowe badania składu frakcyjnego pyłów wydzielonych na odpylaczu tkaninowym potwierdziły, że ponad 50% stanowiły pyły o ziarnistości poniżej 6 μm [4, 5]. Całkowita skuteczność takiego odpylacza zależy od rodzaju tkaniny zastosowanej w drugim stopniu odpylania.

Podsumowanie

We flocie handlowej są stosowane różnego typu odpylacze powietrza tłoczonego do wnętrza statku na potrzeby wentylacyjne. W większości odpylacze te zapewniają ochronę urządzeń siłownianych statków.

Badania odpylacza mokrego realizowano w warunkach laboratoryjnych wykorzystując w tym celu model LVB, który w opinii użytkowników jest jednym z bardziej efektywnych. W trakcie badań wprowadzono usprawnienie, które prowadziło do wzrostu skuteczności w separowaniu frakcji drobnoziarnistych. Biorąc pod uwagę to, że wydzielające się szlamy odpylacza mokrego stwarzają kłopoty eksploatacyjne, zaproponowano własną wersję odpylacza suchego dwustopniowego. W odpylaczu tym cyklon osiowy eliminuje ze strumienia zapyłonego powietrza cząstki gruboziarniste, przez co zdolność separacyjna obiegowego odpylacza tkaninowego spełnia oczekiwania floty, eliminując ze strumienia czerpanego powietrza resztki pyłów drobnoziarnistych. Odpylacz ten na etapie laboratoryjnym był w stanie odpylić do 1300 m³ powietrza

w czasie 1 godziny pracy. Na potrzeby średniej wielkości statku jest to ilość zbyt mała. Dalsze prace powinny iść w kierunku budowy baterii powielających wydatek jednostkowy.

Literatura

1. Juda J., Chruściel R., *Pomiary zapylenia i technika odpylania*, WNT, Warszawa 1968.
2. Kirkiewicz J., Rądkowski K., *Badanie cyklonu osiowego jako odpylacza powietrza do celów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych na statku*, Technika i Gospodarka Morska 11/1981, Gdańsk.
3. Wasiluk W., Korczak E., *Wentylacja i klimatyzacja na statkach*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1988.
4. Ordon G., *Badanie skuteczności odpylania cyklonów osiowych dla pyłów o dużej gęstości*, praca dyplomowa, Wydz. Mech. WSM, Szczecin 1982.
5. Śpiewak K., *Konstrukcja obiegowego odpylacza tkaninowego jako drugiego stopnia odpylania w układzie klimatyzacyjnym na statku*, praca dyplomowa, Wydz. Mech. WSM, Szczecin 1984.
6. Kirkiewicz J., *Badania porównawcze odpylaczy mokrych*, praca własna niepublikowana. WSM, Szczecin 1988.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

prof. dr hab. Henryk Gurgul
prof. dr hab. Yury Kravtsov

Adresy Autorów

doc. dr Józef Kirkiewicz
dr Janusz Chrzanowski
Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii
ul. Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin