

B. Matuła, W. Kasprzyk  
Instytut Fizyki

DYNAMICZNE SYRENY AKUSTYCZNE  
W PROCESACH KOAGULACJI AERAZOLI

Streszczenie. Istnieje kilka metod odpylania gazów przemysłowych. Specyficzną rolę wśród nich odgrywa metoda akustyczna. Wskutek braku odpowiedniej bazy teoretycznej - urządzenia do wytwarzania silnych pól akustycznych - syreny dynamiczne są mało sprawne, a sam proces koagulacji aerazoli w polu akustycznym jest mało zbadany, przez co metoda ta mimo swych zalet jest mało ekonomiczna. Celem pracy było zbadanie własności nowej konstrukcji syreny o teoretycznie lepszych parametrach

Wstęp

Zagadnienie oczyszczania atmosfery z pyłów przemysłowych ma dwa aspekty:

- a) ekonomiczny - odzyskiwanie cennego surowca (np. w hutach),
- b) ochrona środowiska przed zanieczyszczeniem pyłami cementowni, fabryk nawozów sztucznych, z których szkodliwym stężeniem mamy do czynienia w ośrodkach przemysłowych.

Metod służących do oczyszczania atmosfery z pyłów i dymów znamy kilka, należą do nich między innymi: elektrofiltry, filtry workowe wraz z urządzeniami pomocniczymi jak skrubery, cyklony i inne.

Każde z tych urządzeń ma swe zalety i wady - np. elektrofiltry są w większości przypadków skuteczne i ekonomiczne, ale koszt ich instalacji jest bardzo wysoki, ponadto nie nadają się one do pracy z pyłami, w których łatwo może nastąpić zapłon lub do pyłów o zmieniających się w szerokich granicach własnościach takich jak wielkość ziaren, oporność właściwa, wilgotność.

Oprócz wyżej wymienionych urządzeń odpylających na specjalną uwagę zasługuje akustyczna metoda oczyszczania atmosfery. Ma ona szereg zalet; jest niewrażliwa na zmianę parametrów pyłu, koszty instalacji są niewielkie, urządzenia do niej stosowane mają małe rozmiary, co pozwala stosować ją tam, gdzie kubatura pomieszczeń jest ograniczona (np. na lotniskowcach jest jedyną metodą do rozpraszania mgły). Największą wadą omawianej metody jest jej duży w stosunku do innych metod koszt eksploatacji, tj. oczyszczanie 1 m<sup>3</sup> zapyłonego gazu.

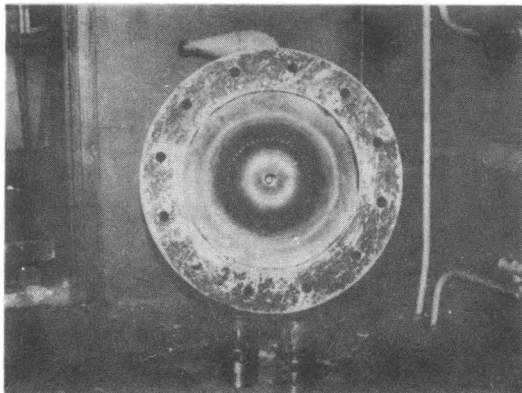
Wynika to z dwóch przyczyn:

- 1) Sprawność urządzeń jest niska ( $\sim 20\%$ ), wskutek tego, że dotychczasowe konstrukcje służące do odpylania, wskutek braku odpowiedniej bazy teoretycznej okazały się konstrukcjami dość przypadkowymi.
- 2) Sama koagulacja w polu akustycznym jest mało zbadana, odczuwa się brak odpowiedniej teorii procesów fizycznych tam zachodzących. Dotychczasowe dane doświadczalne [3], [4], [5], [6] wskazują, że koagulacja akustyczna przebiega w polach o poziomach intensywności rzędu 160 dB i większych, przy niskich częstotliwościach wynoszących kilka kiloherców. Obecnie prace zarówno eksperymentalne jak i teoretyczne [4], [5], [6] dążą do podniesienia sprawności źródeł silnych pól akustycznych i poznania praw rządzących bardzo skomplikowanym zjawiskiem jakim jest koagulacja dźwiękowa.

Zróżdka silnych pól akustycznych, to:

- a) syreny dynamiczne,
- b) syreny statyczne.

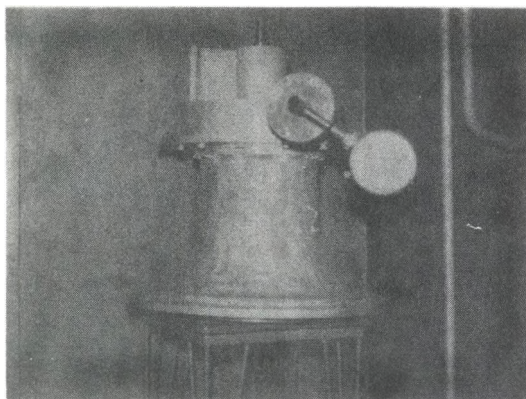
W poszukiwaniu bardziej ekonomicznych źródeł energii akustycznej skonstruowano dwie syreny dynamiczne, jedną do 10 kHz, drugą do 20 kHz. W stosunku do poprzednich syren, (rys. 1) wprowadzono szereg nowych rozwiązań



Rys. 1. Syrena W-R-L - wygląd zewnętrzny

- a) wirnik syreny pracuje w komorze ciśnieniowej, przez co zostały wyeliminowane straty wynikłe z nieszczelności statora,
  - b) syrena pracuje metodą tzw. impulsów przedłużonych, przez co przy prawie tym samym wydatku impuls akustyczny zawiera więcej energii,
  - c) syrena pracuje przy małych nadciśnieniach rzędu 0,5, 1, 1,5 atn powietrza przez nią przepływającego, przez co koszty eksploatacji są małe.
- Syrenę nowej konstrukcji przedstawia rys. 2.

Celem naszych działań było sprawdzenie o ile założenia teoretyczne potwierdzają się w praktyce, a gdy rezultaty będą pomyślne, zastosowanie nowych syren w procesach dźwiękowej aglomeracji.



Rys. 2. Syrena nowej konstrukcji

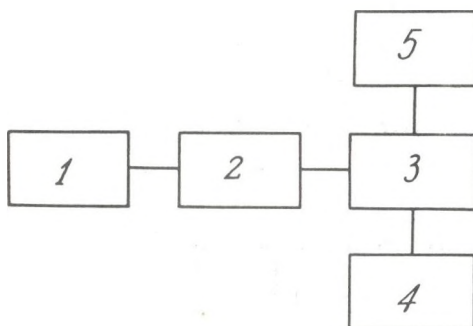
W tym celu zostało zmontowane stanowisko pomiarowe w Zakładzie Ochrony Atmosfery Regionów Przemysłowych w Zabrze.

Schemat ideowy instalacji przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Schemat ideowy instalacji

A - sprężarka wraz ze zbiornikami sprężonego do 8 atn powietrza, B - instalacja rurowa wraz z kryzą pomiarową służącą do wyznaczania wydatku powietrza przepływającego przez syrenę, C - syrena dynamiczna wraz z napędem elektrycznym, D - urządzenia rejestrujące parametry pola akustycznego (częstotliwość, poziom intensywności)



Rys. 4. Schemat ideowy

1 - mikrofon pojemnościowy 1/2 calowy, 2 - przedwzmacniacz, 3 - filtr 4 - pisak, 5 - cyfrowy miernik częstotliwości

Pomiaru poziomu intensywności oraz częstotliwości dokonano aparaturą firmy Brüel & Kjaer.

Wydatek masowy  $W$  mierzono kryzą o module 0,4, wg wzoru:

$$W = 0,001753 \cdot \xi \cdot \sqrt{\Delta P \cdot P_z} \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (1)$$

(PN-65/M 53950 - Pomiar przepływu zwężkami),

gdzie:

$\xi$  - współczynnik ekspansji

$\Delta P$  - różnica ciśnień na kryzie [Tr]

$P_z$  - ciśnienie na kryzie [at].

Jak wiadomo [1], praca sprężania 1 kg powietrza  $L$ , zakładając przemianę adiabatyczną wynosi

$$L = \frac{x}{x-1} RT \cdot \left( 1 - \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{x-1}{x}} \right) \left[ \frac{J}{kg} \right], \quad (2)$$

gdzie

$$x = \frac{c_p}{c_v}$$

$$R = \text{uniwersalna stała gazowa } 287,14 \left[ \frac{J}{kg \cdot \text{deg K}} \right]$$

$$T = \text{temperatura powietrza w rurze } [^{\circ}K]$$

$$p_1 = \text{ciśnienie absolutne powietrza atmosferycznego}$$

$$p_2 = \text{ciśnienie absolutne powietrza w komorze syreny.}$$

Moc włożona  $M$  w sprężanie powietrza wynosi więc

$$M = W \cdot L \quad [W]. \quad (3)$$

Aby wyznaczyć moc akustyczną syreny, obliczamy najpierw tzw. współczynnik kierunkowości  $Q$  [2]

$$Q = \frac{3b}{\pi} \frac{1}{\sum \left( \frac{p_{\theta}}{p} \right) \sin \theta} \quad (4)$$

gdzie

$$p_{\theta} = \text{ciśnienie akustyczne przy danym kącie } \theta \quad \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$p = \text{analogiczne ciśnienie na osi syreny.}$$

Natężenie dźwięku wynosi: [2]

$$J = \frac{p^2}{c \cdot \rho} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right], \quad (5)$$

gdzie

$$\rho \cdot c = \text{oporność akustyczna powietrza równa } 414 \left[ \frac{kg}{m^2 \cdot s} \right].$$

Ostatecznie moc akustyczna  $P$  wyrazi się wzorem [2]

$$P = \frac{4\pi J r^2}{Q} \quad [W], \quad (6)$$

gdzie

$$r = \text{odległość punktu pomiarowego od źródła.}$$

Moc akustyczna i moc sprężania pozwalają obliczyć sprawność syreny  $\eta$  :

$$\eta = \frac{P}{M} \cdot 100\% \quad (7)$$

Dane doświadczalne i ich interpretacja

Tabela obliczeń

Obliczenia dla częstotliwości 2 kHz

$\theta$	$\sin \theta$	Poziom intensywność [dB]	Ciśnienie akustyczne $\left[ \frac{N}{m^2} \right]$	$\frac{P_{\theta}}{P}$	$\left( \frac{P_{\theta}}{P} \right)^2 \sin \theta$
0	0	132	79,6	1	0
5	0,0872	131,5	74,4	0,93	0,076
10	0,1736	131,5	74,4	0,93	0,151
15	0,2588	130	63,2	0,78	0,158
20	0,3420	128	50,2	0,62	0,129
25	0,4226	127	44,8	0,56	0,130
30	0,5000	124	31,8	0,40	0,080
35	0,5736	113	8,9	0,11	0,006
40	0,6428	117	14,2	0,17	0,019
45	0,7071	120	20,0	0,25	0,042
50	0,7660	118	15,9	0,20	0,033
55	0,8192	118	15,9	0,20	0,033
60	0,8660	118	15,9	0,20	0,035
65	0,9063	116	12,6	0,16	0,027
70	0,9397	110	6,3	0,07	0,004
75	0,9659	115	11,3	0,14	0,019
80	0,9848	116	11,6	0,16	0,030
85	0,9962	115	11,3	0,14	0,020
90	1	117	14,2	0,17	0,030

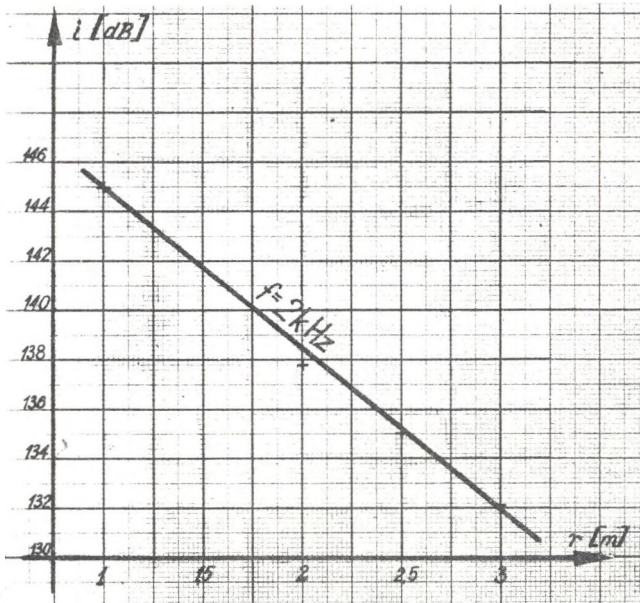
1,020

2) Z tego: (1,2,3 ... 7)

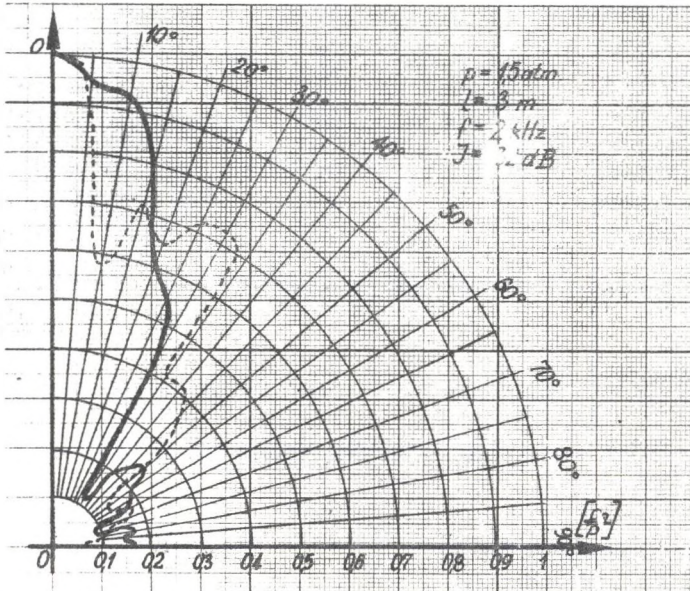
$$[Q] = 11,7 \quad [J] = 15,6 \frac{W}{m^2} \quad [P] = 157 \quad W \quad \eta = 4,2\%$$

$$[L] = 216483 \frac{I}{kg} \quad W = 0,0165 \frac{kg}{s}$$

- 3) Charakterystykę poziomą intensywności w funkcji odległości od źródła przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Zależność poziomu intensywności od odległości od źródła



Rys. 6. Poziom ciśnienia akustycznego w funkcji kąta między osią syreny, a danym kierunkiem

gdzie ----- syrena W-R-L, — - nowa konstrukcja

- 4) Porównanie charakterystyk biegunowych obu konstrukcji przedstawia rys. 6.

### Wnioski

- 1) Z pomiarów orientacyjnych wynika, że nowa syrena zużywa dziesięciokrotnie mniej powietrza w stosunku do poprzednich konstrukcji.
- 2) Jest bardziej kierunkowa (rys. 6), co jest korzystne w zastosowaniach praktycznych.

Dalsze badania nad sprawnością nowych syren w funkcji częstotliwości i ciśnienia w polu bliskim i dalekim w toku.

### LITERATURA

1. B. Leśniak, Pomiary akustyczne syreny dźwiękowej. Warszawa 1957.
2. I. Malecki, Teoria fal i układów akustycznych, Warszawa PWN 1964.
3. I. Malecki, B. Maczewski-Rowiński, Z. Łaniewski, T. Wolf, Urządzenia do strącania aerozoli przy pomocy ultradźwięków, Warszawa 1954.
4. B. Matuża, Studia nad akustyczną koagulacją aerozoli. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 91, 1963.
5. R. Wyrzykowski, Możliwości obliczania częstości optymalnej przy akustycznej koagulacji aerozoli. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Rzeszów 1972.
6. R. Wyrzykowski, Nowe teorie koagulacji akustycznej. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Rzeszów 1971.

### ДИНАМИЧЕСКИЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СИРЕНЫ В ПРОЦЕССАХ КОАГУЛЯЦИИ АЭРОЗОЛЯ

#### Резюме

В процессах коагуляции аэрозоля характерную роль играет акустический метод. Этот метод не применяется в промышленном масштабе, так как приборы, создающие акустическое поле — сирены, являются мало точными.

Целью опыта является исследование новой конструкции сирены с теоретически лучшими параметрами.

## DYNAMIC ACOUSTIC SIRENS IN THE AEROSOLS' COAGULATION PROCESSES

## S u m m a r y

The acoustic method plays a specific role in the processes of aerosol coagulation. However, it is not applied to industry in a large scale, since the devices generating the acoustic field - the sirens - are not enough efficient. The examination of a newly - constructed sirens with theoretically better parameters has been the aim of our work.