

Jerzy WĄTŁY, Stefan DANIELUK  
Instytut Techniki Ciepłej, Łódź

## PROJEKTOWANIE I EKSPLOATACJA TŁUMIKÓW HAŁASU WYDMUCHU PARY Z KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH

**Streszczenie.** Przedstawiono zagrożenia powodowane pracą instalacji zrzutowych pary oraz charakterystykę tłumików akustycznych wydmuchów pary i gazów.

### DESIGNING AND OPERATING OF STEAM EXHAUST SILENCERS FOR POWER BOILERS

**Summary.** Hazards caused by the operation of steam exhausting installation and characteristics of exhaust silencers for steam and gases has been described.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШУМОГЛУШИТЕЛЕЙ ВЫХЛОПА ПАРА С КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Резюме. Описаны опасности вызванные работой установок сброса пара. Представлена характеристика шумоглушителей выхлопа пара и газов.

#### 1. WSTĘP

Niemal wszystkie urządzenia, maszyny i instalacje energetyczne elektrociepłowni i elektrowni kondensacyjnych są źródłami hałasu, stanowiącego zagrożenie dla pracowników obsługujących te obiekty oraz dla otoczenia. W sposób wyraźny jest to odczuwane w aglomeracjach miejskich w warunkach dużej gęstości zaludnienia.

Do grupy urządzeń „nieprzyjaznych” środowisku wewnętrznemu i zewnętrznemu obiektów energetycznych należą instalacje zrzutowe pary i gazów, których następujące cechy stanowią o szkodliwości i uciążliwości hałasu:

– okres ich działania jest rzędu sekund (działanie zabezpieczeń), minut (rozruch) lub godzin (upusty pary i gazów),

- pora działania – często nocna lub w godzinach, kiedy tło akustyczne jest mniejsze,
- poziom dźwięku „A” – rzędu 100 dB, dochodzący przy pewnych parametrach do 150 dB.

Polskie normy i przepisy [1 ÷ 4] precyzują odpowiednio dopuszczalne wartości równoważnego poziomu dźwięku „A” ze względu na ochronę słuchu na stanowiskach pracy, dopuszczalne poziomy dźwięków przenikających do mieszkań, do pomieszczeń obiektów energetycznych oraz dopuszczalny hałas, przenikający do środowiska (tabl. 1 i 2).

**Tablica 1**

**Dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach obiektów energetycznych [3]**

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A, dB
1	Kabiny obsługi urządzeń, narzędziownice, umywalnie, szatnie	70
2	Nastawnie w elektrowniach i elektrociepłowniach – pomieszczenia aparatury kontrolnej i sterowniczej, pomieszczenia mistrzów i brygadzystów ruchu i remontów, rozdzielnie wewnętrzne WN i NN	65
3	Nastawnie w elektrowniach i elektrociepłowniach – pomieszczenia obsługi, nastawnie stacji elektroenergetycznych, pomieszczenia aparatury kontrolnej i sterowniczej, warsztaty robót precyzyjnych	60
4	Nastawnie stacji elektroenergetycznych, pomieszczenia obsługi, pomieszczenia straży przemysłowej, portiernie	55
5	Laboratoria pomiarowe bez wewnętrznych źródeł hałasu, laboratoria napraw aparatury precyzyjnej	50

Z porównania wartości natężenia hałasu, uzyskanych z obliczeń i pomiarów (tabl. 3), z wartościami dopuszczalnymi (tabl. 1, 2) wynika konieczność realizacji przedsięwzięć zmierzających do ograniczenia hałasu instalacji zrzutowych pary. Jednym z takich przedsięwzięć jest wyposażenie instalacji w tłumiki akustyczne.

## 2. HAŁAS INSTALACJI ZRZUTOWYCH

Kilka typowych najczęściej spotykanych rozwiązań instalacji zrzutowych schematycznie przedstawiono na rys. 1.

Po otwarciu zaworu (bezpieczeństwa, rozruchowego) para o wysokich parametrach wydostając się z rurociągu wydmuchowego rozpręża się do ciśnienia atmosferycznego. Zjawisku temu towarzyszy hałas.

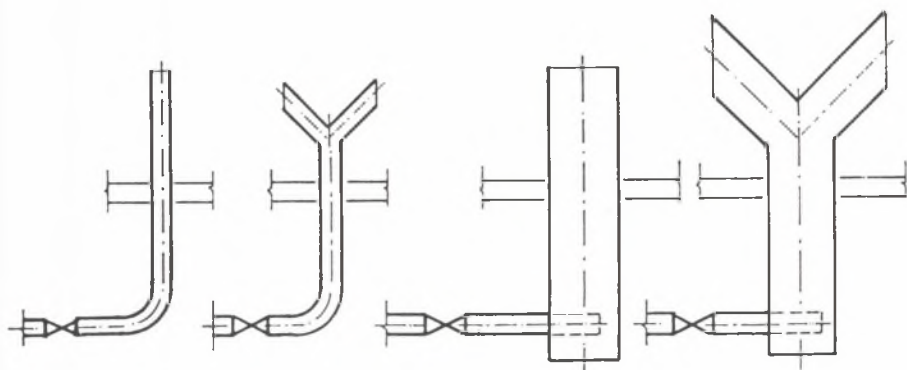
Tablica 2

## Dopuszczalne natężenie hałasu w środowisku [4]

Lp.	Rodzaj terenu	Równoważny poziom dźwięku A, dB		Maksymalny krótkotrwały poziom dźwięku A, dB
		od godz. 6 <sup>00</sup> do 22 <sup>00</sup>	od godz. 22 <sup>00</sup> do 6 <sup>00</sup>	
1	a) Obszary ochrony uzdrowiskowej b) Obszary chronionego krajobrazu c) Parki krajobrazowe d) Obszary o walorach wypoczynkowych i krajobrazowych objęte ochroną w trybie art. 41 ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska e) Obszary dzielnic i obiektów zabytkowych	40	30	65
2	a) Tereny otaczające sanatoria i szpitale b) Podmiejskie osiedla mieszkaniowe c) Podmiejskie tereny wypoczynkowe	45	35	70
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej z niewielką liczbą sklepów i placówek usługowych, położone w pobliżu ulic o natężeniu ruchu do 1000 pojazdów na godzinę b) Tereny zamieszkania zbiorowego i opieki społecznej c) Tereny placówek naukowych, naukowo-badawczych i innych o podobnym charakterze d) Tereny zabudowy związanej ze stałym i wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży	50	40	75
4	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej z niewielką liczbą sklepów i placówek usługowych, położone w pobliżu ulic o natężeniu ruchu do 2000 pojazdów na godzinę b) Parki w miastach, ogrody działkowe c) Tereny rekreacyjno-sportowe	55	45	80
5	Centralne części miast z zabudową mieszkalną (mieszkaniową, handlową, usługową, biurową itp.) lub z ulicami o natężeniu ruchu ponad 2000 pojazdów na godzinę	60	50	85

Wpływ pary do atmosfery wywołuje hałas spowodowany trzema podstawowymi źródłami hałasu [5]:

- zawór,
- odcinek rurociągu za zaworem (gdzie prędkości pary są rzędu kilkuset metrów na sekundę),
- wylot rurociągu (gdzie następuje końcowe rozprężenie pary).



Rys. 1. Typowe instalacje zrzutowe pary (przykładowe schematy)

Fig. 1. Typical steam exhaust installations (exemplary schematic diagrams)

**Tablica 3**

**Poziom ciśnienia akustycznego  $L$ , dB w odległości ok. 10 m od wylotu instalacji zrzutowej pary**

Przepływ pary, t/h	Temperatura pary, °C				
	100	200	300	400	500
2	91	96	100	104	107
10	103	108	112	116	118
15	106	111	115	119	122
20	108	113	117	121	123
30	111	116	120	124	126
35	112	117	121	125	127
50	115	120	124	127	130
60	116	121	125	129	132
70	117	122	126	130	133
90	119	124	128	132	134
130	122	127	131	134	137
140	122	127	132	135	138
150	123	128	132	136	139
180	124	129	133	137	140
200	125	130	134	138	141
300	128	133	137	140	143
400	130	135	139	142	145
500	132	137	141	144	147

W literaturze [6] podawane są zależności pozwalające na obliczanie przybliżonych wartości poziomu mocy akustycznej hałasu  $L_p$  (dB) od wydmuchu pary w funkcji wydajności  $Q$  (t/h) i temperatury  $t$  (K) oraz poziomu ciśnienia akustycznego  $L$  (dB) tego źródła w zależności od odległości  $r$  (m):

$$L_p = 17 \lg D + 50 \lg t - 15$$

$$L = L_p - 10 \lg 2\pi r^2$$

Przykładowo, wartości ciśnienia akustycznego  $L$  (mierzone w odległości ok. 10 m od wylotu) instalacji zrzutowych bez tłumików podano w tabl. 3. Wartości mierzone w pomieszczeniach obiektów energetycznych i na granicy strefy ochronnej są odpowiednio mniejsze.

Hałas wywoływany jest również w instalacjach do dmuchania kotłów i bloków energetycznych, których obszar zagrożenia jest znacznie większy od typowych instalacji zrzutowych z uwagi na znaczny udział infradźwięków w widmie hałasu.

Zarówno istniejące, jak i nowo projektowane kotły energetyczne i ich instalacje wspomagające nie zapewniają dostatecznego wyciszenia. Wszędzie tam, gdzie istnieje zagrożenie dla obsługi lub środowiska, instalowane są najczęściej tłumiki hałasu [7].

### 3. TŁUMIKI HAŁASU

Oferowane na europejskim rynku tłumiki hałasu na wydmuchy pary charakteryzują się dużą różnorodnością rozwiązań konstrukcyjnych, stosowanymi materiałami, sposobem montażu, a zatem różną niezawodnością, żywotnością i kosztami.

#### 3.1. Cechy konstrukcyjne i materiały

Kilka typowych rozwiązań tłumików wydmuchów pary przedstawiono przykładowo na rys. 2 ÷ 4. Rozwiązania te różnią się budową.

Tłumiki składają się z trzech zasadniczych zespołów:

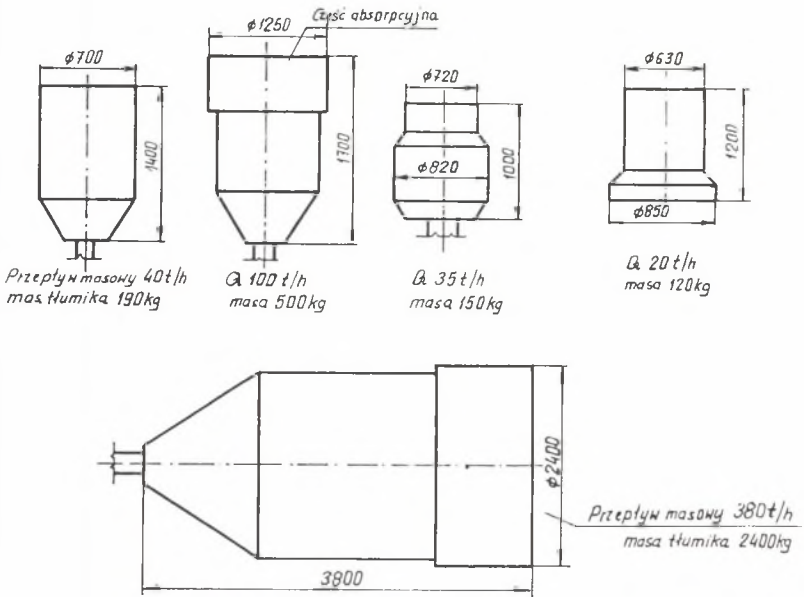
- tłumika rezonansowego,
- rozprężacza,
- tłumika absorpcyjnego.

W spotykanych konstrukcjach nie zawsze jest celowe zastosowanie wszystkich trzech zespołów.

Materiały stosowane do budowy poszczególnych elementów tłumika dobierane są w zależności od:

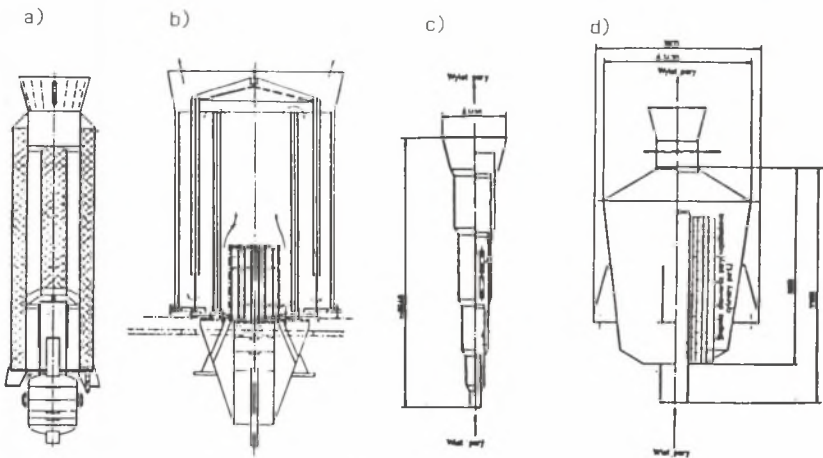
- parametrów (ciśnienie, temperatura),
- wymaganej żywotności,
- technologii montażu (dopasowanie do istniejących rurociągów).

Warunki pracy tłumików są bardzo trudne, ponieważ występują: duże prędkości, zmieniające się wzdłuż tłumika parametry pary, „szoki” termiczne i najczęściej stale oddziałujące zmienne warunki atmosferyczne. Wymaga to



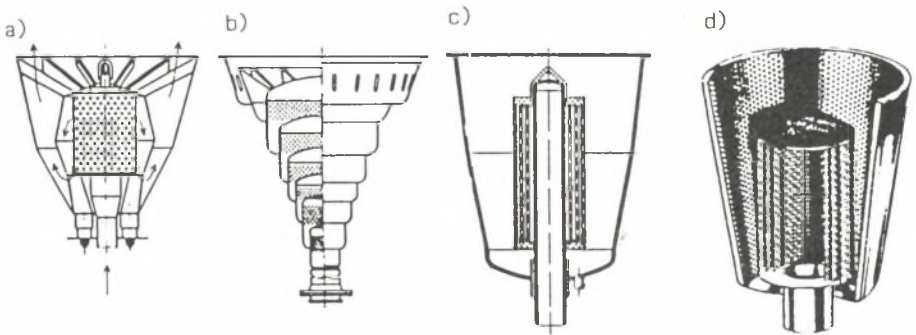
Rys. 2. Tłumiki hałasu wydmuchu pary opracowane w Instytucie Techniki Ciepłej – Łódź [5, 10, 11]

Fig. 2. Steam exhaust silencers made by ITC in Łódź



Rys. 3. Tłumiki hałasu wydmuchu pary produkowane w kraju: a) ELPRO – Warszawa [6], b) ENERGOPROJEKT – Gliwice [6], c) ENERGOPROJEKT – Katowice [8], d) ENERGOPROJEKT – Warszawa [8]

Fig. 3. Steam exhaust silencers made in Poland



Rys. 4. Tłumiki hałasu wydmuchu pary produkowane za granicą: a) I Brneńska Fabryka Kotłów [6], b) Phonostop [6], c) Boop-Reuter [6], d) Burgess Manning [9]

Fig. 4. Steam exhaust silencers made in other-countries

stosowania lepszych gatunków blach stalowych oraz prowadzenia wysokiej jakości prac spawalniczych.

Elementem najmniej trwałym w tłumiku jest zespół absorpcyjny, wymagający częstej okresowej kontroli. Tłumik absorpcyjny składa się z osłony zewnętrznej (z pełnych blach stalowych), z wkładów wewnętrznych z blach perforowanych (o stopniu perforacji wynikającym z obliczeń) oraz przestrzeni między elementami wypełnionej odpowiednio dobranym materiałem dźwiękochłonnym (wełna mineralna, włóknina szklana itp.). Jako element najmniej trwały w tłumiku część absorpcyjna wymaga częstej okresowej kontroli.

Ze względu na wysoką skuteczność tłumika absorpcyjnego stosuje się go w przypadku konieczności zwiększenia skuteczności tłumienia (w pobliżu szkół, szpitali, sanatoriów itp.).

### 3.2. Skuteczność

Brak norm precyzujących akustyczną ocenę tłumików na wydmuchach pozwala na dużą dowolność ich oceny.

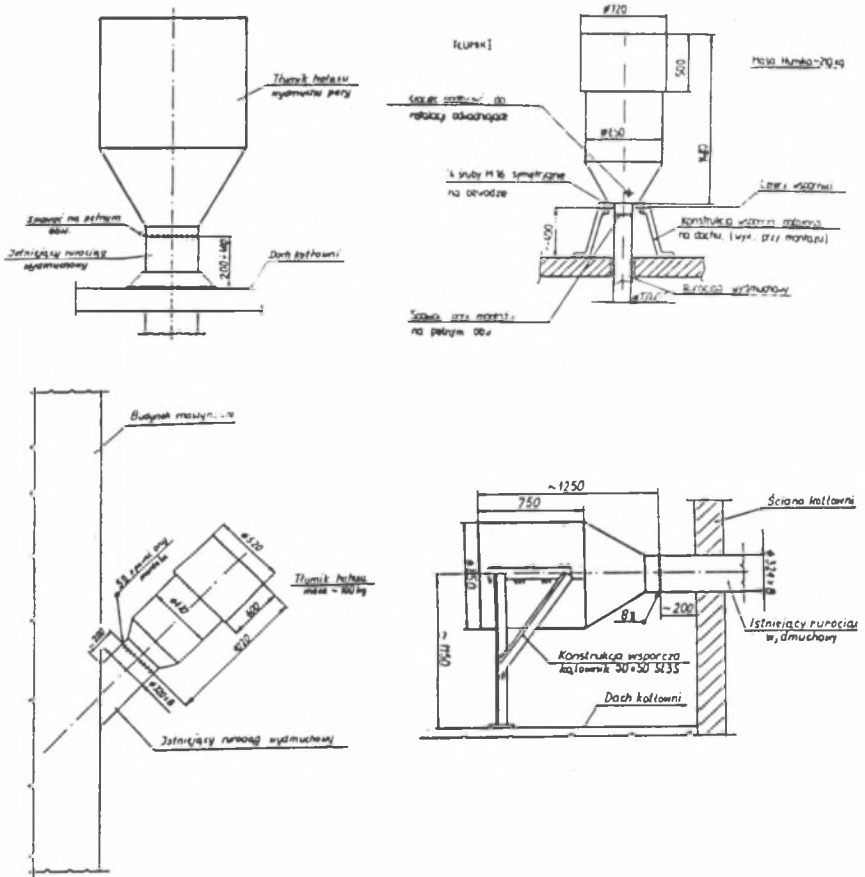
Opracowana w Instytucie Techniki Ciepłej w Łodzi metodyka pomiarów akustycznych, pozwalająca na ocenę skuteczności tłumików wydmuchu pary (z uwzględnieniem tła), jest upowszechniana i szeroko stosowana. Pomiary prowadzone są w odległości 10 – 20 m od rur wylotowych, przed i po zamontowaniu tłumika.

Stosowane rozwiązania konstrukcyjne tłumików, w tym także opracowywane i wykonywane w Instytucie, charakteryzują się wysoką skutecznością, wynoszącą od 20 ÷ 55 dB.

### 3.3. Projektowanie

Tłumiki instalowane na rurociągach wydmuchowych za zaworami, jako urządzenia przepływowe otwarte, nie podlegają dozorowi technicznemu, muszą natomiast spełniać następujące warunki:

- nie mogą zakłócać pracy zaworu,
- dodatkowe opory przepływu związane z zabudową tłumika nie powinny wymagać zmian przewodu odpływowego i przepustowości zaworów,



Rys. 5. Rozwiązania montażu tłumików stosowanych przez Instytut Techniki Ciepłej w Łodzi [5, 10, 11]

Fig. 5. Typical methods for installation of the silencers made by Instytut Techniki Ciepłej w Łódź



- powinny uwzględniać statyczne i dynamiczne oddziaływanie czynnika roboczego,
- przeciwnieście w przewodzie odpływowym, przy przepływie równym maksymalnej przepustowości zaworu, nie może być większe od przeciwnieścia dopuszczonego przez wytwórcę zaworu,
- powinny posiadać odwodnienie o średnicy otworu większej od  $\phi$  20 mm.

### 3.4. Montaż

Oferowane przez Instytut rozwiązania konstrukcyjne tłumików (rys. 2) pozwalają na ich dopasowanie do istniejących instalacji zrzutowych pary. Stanowią one konstrukcję samonośną i nie wymagają dodatkowych rozwiązań wzmocnień dachu. Różne rozwiązania montażu tłumików przedstawiono na rys. 5.

## 4. PODSUMOWANIE

Stwierdzenie istnienia przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku (na podstawie analizy badań) z instalacji zabezpieczających kotły energetyczne i instalacji rozruchowych obligują do stosowania tłumików wydmuchu pary. Zrozumienie takiej sytuacji przez energetykę pozwoliło na opracowanie w Instytucie wielu rozwiązań (przepływowo–konstrukcyjnych) tłumików wydmuchu pary, które zainstalowane w wielu elektrowniach spełniają stawiane im wymagania.

W nowo projektowanych obiektach energetycznych należy dążyć do maksymalnego ograniczenia lub eliminacji hałasu stosując odpowiednie rozwiązania projektowo–konstrukcyjne bloków energetycznych. Jeżeli niemożliwe jest wyeliminowanie zrzutu pary do atmosfery, należy stosować tłumiki akustyczne.

## LITERATURA

- [1] PN–84/N–01307 Hałas. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące przeprowadzenia pomiarów.
- [2] PN–87/B–02151/02 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [3] PN–92/M–35200 Dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach obiektów energetycznych.
- [4] Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 30.09.1980 w sprawie ochrony środowiska przed hałasem i wibracjami. Dz. U. 24 poz. 90.

- [5] Wąty J., Danieluk S.: Opracownie i wykonanie tłumików hałasu wyd-  
muchu pary dla bl. 2 w El. Opole. Sprawozdanie ITC nr ew. 6301 (nie  
publikowane) Łódź 1993.
- [6] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M.: Energetyka a ochrona środowi-  
ska. WNT, Warszawa 1993.
- [7] Cwynar L.: Rozruch kotłów parowych. WNT, Warszawa 1978.
- [8] Prace Energoprojektu Warszawa. CPBR 5.2.Kier.3.Cel 2.3.A 1988.
- [9] Prospekty reklamowe f-my Burgess Manning.
- [10] Wąty J., Danieluk S.: Opracowanie i wykonanie tłumików hałasu wyd-  
muchu pary z zaworów rozruchowych i rozprężacza w El. Błachownia.  
Sprawozdanie ITC nr ew. 6347 (nie publikowane). Łódź 1994.
- [11] Wąty J., Danieluk S.: Ograniczenie emisji hałasu do otoczenia ZPT w  
Radomiu. Sprawozdanie ITC nr ew. 6163 (nie publikowane) Łódź 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik CWYNAR

Wpłynęło do Redakcji 6.08. 1994 r.

### **Abstract**

Hazards caused by operation of steam exhaust installation with safety and start valves and by blowing the boilers and power units have been discussed.

In the table, approximate values of sound pressure level for exhaust installations have been given.

Characteristics of the steam exhaust silencers made by Instytut Techniki Ciepłej is described and domestic and external silencers are compared.

Requirements to be fulfilled by steam exhaust silencers have been discussed.