

Krystyna DYSZLEWSKA, Kazimierz BIAŁASIK
Instytut Techniki Ciepłej, Łódź

OBUDOWY DŹWIĘKOCHŁONNO-IZOLACYJNE W ENERGETYCE

Streszczenie. Przedstawiono ogólne zalecenia do stosowania osłon akustycznych. Wytypowano urządzenia energetyczne, których poziom dźwięku można ograniczyć stosując obudowę pełną lub częściową. Podano warunki, jakie musi uwzględnić akustyk i konstruktor przy projekcie osłony.

SOUND-ABSORBING INSULATING HOUSINGS IN POWER INDUSTRY

Summary. General recommendations referring to the application of acoustic shields have been presented. Energetic devices have been pointed, sound volume of which can be limited by use of the full or partial housing. Conditions that have to be taken into account by acoustician and designer in the project of a housing have been given.

АКУСТИЧЕСКОЕ-ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЭКРАНЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Резюме. Представлены общие рекомендации по применению акустических экранов. Намечено энергетическое оборудование, у которого можно ограничить уровень шумов, применяя полный или частичный экран. Представлены условия, которые должны учитывать акустик и конструктор при проектировании экрана.

1. WSTĘP

Zapewnienie prawidłowego klimatu akustycznego na stanowiskach pracy w przemyśle, zgodnie z wymaganiami normowymi, wiąże się z koniecznością ograniczenia hałaśliwości maszyn i urządzeń.

Rozróżnia się dwa rodzaje hałasu maszyn:

- hałas własny, związany z konstrukcją charakterystyczną dla danego typu maszyny (hałas mechaniczny, aeroakustyczny i magnetyczny),
- hałas technologiczny, spowodowany przez daną maszynę realizującą określony proces produkcyjny.

Ograniczenie hałasu własnego maszyny powinno polegać przede wszystkim na usunięciu pierwotnych przyczyn powstawania hałasu, tj. wprowadzenie takich zmian konstrukcyjnych, aby ograniczyć hałas u źródła. Należy podkreślić, że nie zawsze jest to możliwe do zrealizowania. W takich przypadkach należy wykorzystać możliwość zastosowania obudowy dźwiękochłonna–izolacyjnej. Zastosowanie tego typu rozwiązania stwarza szansę ograniczenia hałasu własnego maszyny lub, w niektórych przypadkach, hałasu technologicznego.

2. RODZAJE OBUDÓW DŹWIĘKOIZOLACYJNYCH

W zależności od typu i zasady działania maszyny oraz wymagań dotyczących wielkości obniżenia emisji hałasu można wyróżnić następujące rodzaje obudów:

- **obudowy częściowe**; zabezpieczenia akustyczne stosowane są nie na całej maszynie, a jedynie na tych elementach konstrukcyjnych, które powodują emisję hałasu o najwyższym poziomie (np. tylko silnik, przekładnia itp.),
- **obudowy niepełne**; stosowane są wtedy, gdy ze względów konstrukcyjnych lub ze względu na technologię niezbędne jest pozostawienie co najmniej jednej ze ścian bocznych otwartych; rozwiązanie takie nie stanowi wystarczającego zabezpieczenia przeciwhałasowego dla pracownika znajdującego się w bezpośrednim sąsiedztwie otwartej płaszczyzny obudowy,
- **obudowy całkowicie zamknięte**; możliwe do zastosowania, gdy maszyna może być całkowicie zamknięta w obudowie, a dostęp pracownika do maszyny i jej podzespołów będzie możliwy poprzez drzwi o specjalnej konstrukcji. Obudowy całkowicie zamknięte stosowane są dla źródeł w zamkniętych korpusach, np. silniki elektryczne, prądnice, generatory, sprężarki,
- **obudowy zintegrowane**; stanowiące składową część korpusu maszyny lub cały korpus maszyny, odpowiednio opracowany pod względem akustycznym. Obudowy zintegrowane mogą mieć szerokie zastosowanie przy projektowaniu nowych maszyn, spełniających wymagania ochrony środowiska przed hałasem.

3. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA OBUDÓW NA URZĄDZENIA POMOCNICZE W ENERGETYCE

Obiektami, w których występuje hałas o znacznym poziomie, są ciepłownie miejskie i energetyka konwencjonalna. Ograniczenie nadmiernej emisji hałasu można uzyskać, stosując osłony akustyczne lub ekrany (dźwiękochłonnoizolacyjne). Poniżej zestawiono urządzenia energetyczne stanowiące zagrożenie akustyczne dla środowiska lub personelu technicznego oraz podano możliwości zastosowania osłon (tablica 1).

Z poniższego zestawienia widać, że obudowy oraz ekrany dźwiękochłonnoizolacyjne stanowią istotną grupę rozwiązań zabezpieczeń przeciwhałasowych. W przypadku urządzeń przepływowych należy dodatkowo na kanałach instalować tłumiki akustyczne absorpcyjne (dla wentylatorów powietrza) lub rezonansowe (dla sprężarek i wentylatorów spalin).

Tablica 1

Możliwości zastosowania osłon akustycznych w energetyce

Rodzaj urządzenia	Typ zagrożenia		Rodzaj osłony akustycznej
	dla środowiska	dla obsługi	
Urządzenia nawęglania	tak	tak	Obudowa niepełna lub ekran
Wentylatory spalin	tak	tak	Pełna obudowa silnika, obudowa korpusu wentylatora, izolacja akustyczna kanałów
Wentylatory powietrza	tak	tak	Pełna obudowa silnika, obudowa korpusu wentylatora, izolacja akustyczna kanałów
Młyny węglowe	nie	tak	Izolacja akustyczna młyna, częściowa osłona przekładni, obudowa niepełna silnika, ekrany akustyczne
Wentylatory młynowe	nie	tak	Pełna obudowa silnika, obudowa korpusu wentylatora, izolacja akustyczna kanałów, ekrany akustyczne
Palniki mazutowe	nie	tak	Niepełna osłona
Sprężarki	tak	tak	Pełna obudowa całego agregatu
Pompy wody zasilającej	nie	tak	Pełna obudowa zespołu pompy
Odgazowywacz, rozprężacze, armatura regulacyjna	nie	tak	Częściowe osłony, ekrany akustyczne, izolacja akustyczna
Transformatory mocy	tak	nie	Niepełna osłona, ekran akustyczny
Turbozespoły	nie	tak	Pełna osłona, ekrany między blokami
Wyłączniki WN	tak	nie	Ekran akustyczny

4. WYMAGANIA TECHNICZNO–RUCHOWE OBUDOWY PEŁNEJ

Przy projektowaniu i doborze pełnej obudowy akustycznej należy uwzględnić wymagania w zakresie:

- izolacyjności akustycznej obudowy, zarówno na dźwięki powietrzne i materiałowe; wymagania te wynikają z poziomu mocy akustycznej obudowywanej maszyny i dopuszczalnych poziomów mocy na stanowiskach pracy,
- warunków bezpieczeństwa pracy, obejmujących, w zależności od charakteru pracy maszyny, takie zagadnienia jak: bezpieczeństwo pożarowe, wybuchowe, odporność p–porażeniowa, bezpieczny dostęp do maszyny, bezpieczna odległość wzierników i klap od części ruchowych maszyny,
- zapewnienie dostępu do maszyny, zarówno w przypadku maszyn wymagających ręcznej obsługi, jak i maszyn działających automatycznie, a wymagających obsługi przy okresowych kontrolach lub pracach konserwacyjnych,
- odprowadzenia ciepła w celu przeciwdziałania przegrzaniu się maszyny,
- wytrzymałości na obciążenia statyczne lub dynamiczne (w zależności od charakteru pracy maszyny) oraz w niektórych przypadkach odporności na korozję (w przypadku obudów znajdujących się w otwartej przestrzeni lub w środowisku agresywnym),
- zapewnienia odpowiedniego miejsca na obudowę, również w czasie przeglądów lub remontów kapitalnych maszyny; wielkość miejsca zależy od konstrukcji obudowy (najwięcej miejsca potrzeba dla obudów rozsuwalnych),
- geometrycznego kształtu obudowy, który powinien być dobrany w taki sposób, by zainstalowana w hali obudowa harmonizowała z innymi maszynami i urządzeniami; najczęściej stosowany kształt prostopadłościanu wynika z prostoty wykonania takich elementów i możliwości wprowadzenia częściowej lub pełnej unifikacji rozwiązania konstrukcyjnego.

5. WYTYCZNE AKUSTYCZNO–KONSTRUKCYJNE

Spełnienie wymagań użytkowych obudów dźwiękochłonno–izolacyjnych wymaga uwzględnienia w projektach zaleceń dotyczących:

- konstrukcji ścianek dźwiękoizolacyjnych – sposobu ich łączenia między sobą wraz z niezbędnymi doszczelnieniami,
- konstrukcji nośnej obudowy,
- sposobu mocowania ścianek do konstrukcji nośnej,
- wibroizolacji obudowy,
- wyprowadzenia na zewnątrz punktów pomiarowych,
- prostego dostępu do niektórych (newralgicznych) punktów maszyny przez zastosowanie otwieranych klap, drzwi,

- w miarę nieskomplikowanego sposobu demontażu obudowy,
- uwzględnienie możliwości obserwacji realizowanego procesu technologicznego przez wzierniki i okna dźwiękoszczelne,
- sposobu zapewnienia wentylacji grawitacyjnej i wymuszonej,
- doszczelnienia niezbędnych otworów technologicznych w obudowie.

6. IZOLACJA AKUSTYCZNA OBUDOWY

Miarą skuteczności obudowy jest wartość jej izolacyjności akustycznej D_{obud} , której wartość liczbową przyjmuje się jako różnicę między wartością średnią poziomu ciśnienia akustycznego wszystkich punktów pomiarowych przy pracy maszyny bez obudowy L_{m1} a wartością poziomu ciśnienia akustycznego w tych punktach przy pracy urządzenia z obudową L_{m2} . Wartość izolacyjności akustycznej obudowy w pasmach oktawowych określona jest wzorem:

$$D_{obud} = L_{m1} - L_{m2}$$

Skuteczność obudowy dźwiękochłonno–izolacyjnej zależy od:

- 1) poprawnego doboru i zaprojektowania,
- 2) dokładnego wykonania,
- 3) zastosowania odpowiednich materiałów dźwiękochłonnych i dźwiękoizolacyjnych.

Izolacyjność akustyczna obudowy zależy przede wszystkim od izolacyjności akustycznej właściwej R_w jej ścianek, która może ulec zmianie ze względu na:

- odbicie fal dźwiękowych od tych ścianek do wewnątrz i wytworzenie się pod obudową pola dyfuzyjnego różnego stopnia; powoduje to zmniejszenie izolacyjności o ΔL_{od} ,
- szczelności na połączeniach; zmniejszenie izolacyjności o ΔL_{sz} ,
- stosowanie obudowy częściowo zamkniętej; zmniejszenie izolacyjności o ΔL_{cz} ,
- przenoszenie się drgań materiałowych z maszyny na obudowę i wypromieniowanie do otoczenia w postaci fal dźwiękowych; zmniejszenie izolacyjności o ΔL_{w1} ,
- przenoszenie się drgań materiałowych z maszyny na podłogę i wypromieniowanie w postaci fal dźwiękowych; zmniejszenie izolacyjności o ΔL_{w2} .

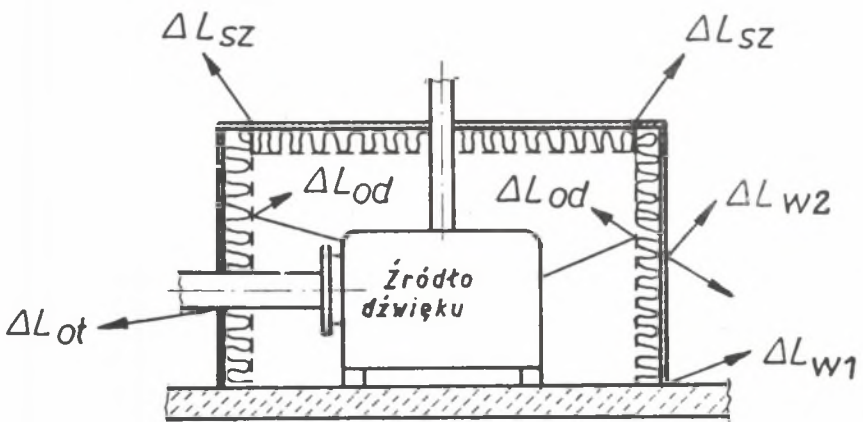
Przy uwzględnieniu powyższych warunków izolacyjność obudowy określa zależność:

$$D_{obud} = R_w - (\Delta L_{od} + \Delta L_{ot} + \Delta L_{sz} + \Delta L_{w1} + \Delta L_{w2})$$

W zależności od rodzaju konstrukcji danej obudowy występują tylko niektóre ze składników tego wzoru.

Obniżenie izolacyjności akustycznej obudowy występuje głównie na skutek występowania dróg przenoszenia dźwięku na zewnątrz do otaczającego środowiska (rys. 1). Rozróżnia się trzy zasadnicze drogi przenoszenia dźwięku na zewnątrz obudowy:

- 1) Przenoszenie dźwięku powietrznego poprzez ścianki dźwiękochłonna–izolacyjne. Osiągalne obniżenie poziomu dźwięku źródła zamkniętego w obudowie zależne jest w znacznym stopniu od odporności ścianek obudowy na przenikanie dźwięków powietrznych.
- 2) Drogi przenoszenia dźwięku powietrznego przez otwory i nieszczelności, niezbędne do prawidłowego funkcjonowania obudowanej maszyny, tj.:
 - otwory wentylacyjne nawiewne i wywiewne oraz technologiczne,
 - otwory przy przepustach części maszyny przez ścianki obudowy,
 - nieszczelne miejsca styku pomiędzy ściankami obudowy i częściami konstrukcyjnymi (np. połączenie z konstrukcją nośną obudowy),
 - nieszczelne miejsca styku pomiędzy częściami konstrukcyjnymi obudowy, np. nieszczelne drzwi, klapy remontowe lub wzierniki.
- 3) Drogi przenoszenia drgań materiałowych:
 - fundamenty, przy braku zabezpieczeń przeciwdrganiowych lub niewystarczającym tłumieniu drgań materiałowych maszyny,
 - sztywne połączenie konstrukcji maszyny ze ściankami obudowy lub innymi częściami konstrukcyjnymi, np. mocowanie przepustów lub przewodów technologicznych.

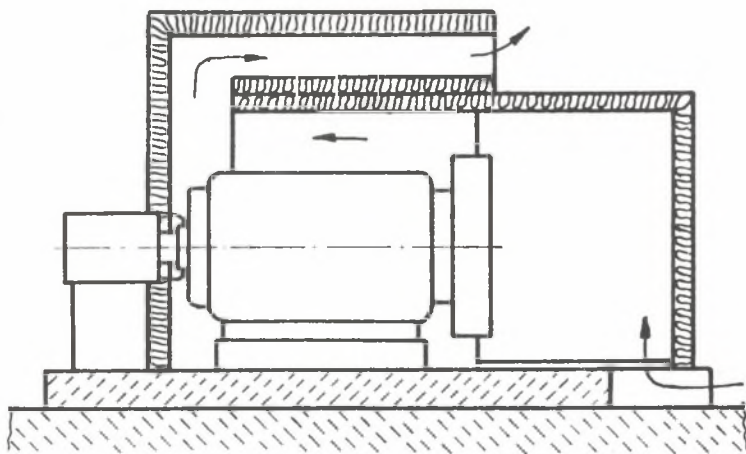


Rys. 1. Drogi przenoszenia dźwięku na zewnątrz obudowy akustycznej

Fig. 1. Paths of sound transmission outside the acoustic enclosure

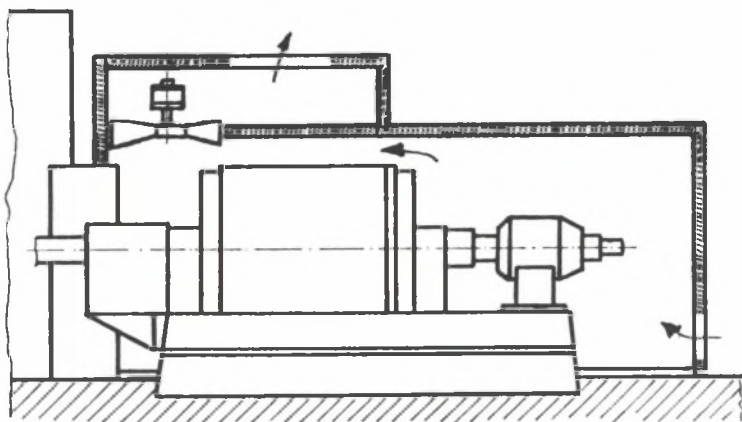
Uzyskanie zamierzonego efektu akustycznego zależy od uwzględnienia wszystkich elementów podanych w wytycznych. Jednym z warunków skuteczności rozwiązania jest prawidłowy dobór materiału ze ścianki osłony dźwiękochłonna–izolacyjnej. Rodzaj zastosowanego materiału zależy od widma akustycznego maszyny oraz od wielkości wymaganego (przez ochronę środowiska lub ochronę słuchu pracownika) tłumienia. Skuteczność „A” tzw. „lekkich” osłon wynosi od 5 do 7 dB, podczas gdy obniżenie poziomu hałasu dla osłon „ciężkich” może osiągnąć wartość od 25 do 35 dB. Nowoczesne osłony powodują powstawanie w otoczeniu maszyny pola akustycznego o małej dyfuzyjności. Łącząc pochłanianie fal akustycznych w porach materiału absorpcyjnego ze zjawiskami rezonansowymi w warstwach materiałów akustycznych o różnej impedancji można uzyskać dopasowanie do wymaganego widma akustycznego. Prawidłowe (szczelne akustycznie) połączenie elementów osłony oprócz wymaganej sztywności powinno odcinać drogi mostkowania fal materiałowych. Wibroizolacja osłony, uszczelnienie przepustów i otworów technologicznych, cichobieżna wentylacja warunkują osiągnięcie zamierzonego efektu akustycznego.

Przykładowe rozwiązanie pełnej osłony akustycznej z wentylacją wymuszoną i grawitacyjną przedstawiono na rys. 2. i 3.



Rys. 2. Pełna osłona akustyczna z wentylacją grawitacyjną

Fig. 2. Full acoustic enclosure with natural ventilation



Rys. 3. Pełna osłona akustyczna z wentylacją wymuszoną

Fig. 3. Full acoustic enclosure with mechanical ventilation

7. UWAGI KOŃCOWE

W Instytucie Techniki Ciepłej w Łodzi prowadzone są prace badawczo-konstrukcyjne w tym zakresie. Poszukuje się nowych kompozytów materiałów akustycznych o dużej skuteczności w szerokim paśmie częstotliwości. Jednocześnie prowadzone są próby pełnego wykorzystania efektów rezonansowych pewnych zestawów materiałów. Uwzględniany jest również aspekt ekonomiczny rozwiązania. Nowoczesne obudowy są lżejsze i tańsze od dotychczasowych stosowanych rozwiązań.