

dr inż. ANNA KACZMARSKA
doc. dr inż. DANUTA AUGUSTYŃSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Kabiny dla operatorów maszyn - skuteczna ochrona przed hałasem

Jednym z bardziej skutecznych sposobów eliminacji zagrożenia hałasem i innymi czynnikami szkodliwymi w środowisku pracy jest automatyzacja procesów technologicznych w powiązaniu z dźwiękoizolacyjnymi kabinami sterowniczymi. Kabiny dźwiękoizolacyjne są to zazwyczaj wydzielone w hali produkcyjnej pomieszczenia o odpowiedniej izolacyjności akustycznej. Mogą one spełniać funkcję zarówno pomieszczeń cichych, które chronią przebywających w nich pracowników przed hałasem, jak i głośnych (z umieszczonymi wewnątrz źródłami hałasu), służących do obniżenia hałasu w hal, na zewnątrz kabiny. W przypadku pomieszczeń głośnych kabina praktycznie pełni funkcje obudowy dźwiękoizolacyjnej.

Kabiny dźwiękoizolacyjne mogą pełnić funkcję: sterowni i dyspozytorni, pomieszczenia przeznaczonego dla dozoru technicznego lub pomieszczenia wypoczynkowego, usytuowanego w głośnych halach produkcyjnych.

Ogólna charakterystyka przemysłowych kabin dźwiękoizolacyjnych

Wymagania techniczno-konstrukcyjne kabin przemysłowych

Kabiny dźwiękoizolacyjne - oprócz wymagań akustycznych - muszą również spełniać liczne wymagania higieniczno-sanitarne oraz eksploatacyjne.

Wymagania, które muszą spełniać kabiny dźwiękoizolacyjne zależą od ich przeznaczenia i dotyczą:

- izolacyjności akustycznej,
- chłonności akustycznej,
- wymiarów,
- widoczności z kabiny,
- wyposażenia w instalację elektryczną, telefoniczną,
- oświetlenia wnętrza,
- ogrzewania i wentylacji,
- odporności ogniowej (wymagania przeciwpożarowe),
- warunków zdrowotnych,
- innych aspektów (np. podłączenia sygnalizacji i urządzeń automatyki przemysłowej).

Izolacyjność akustyczna kabiny [11, 13] jest określana jako różnica między średnim poziomem ciśnienia akustycznego na zewnątrz kabiny a średnim poziomem ciśnienia akustycznego w jej wnętrzu. Zależy ona (szczególnie w zakresie częstotliwości akustycznych - słyszalnych) w znacznym stopniu od elementu o najgorszych właściwościach akustycznych. Najczęściej izolacyjność akustyczną kabiny pogarszają okna i drzwi. Aby poprawić tę sytuację niektóre kabiny wyposażono w okna o kilku szybach czy podwójne drzwi z przedsionkiem.

W celu poprawy właściwości akustycznych kabin, tj. podwyższenia ich izolacyjności akustycznej oraz uzyskania lepszego klimatu akustycznego we wnętrzu kabin stosuje się wytlumienie wnętrza kabiny materiałami lub ustrojami dźwiękochłonnymi. Wyraźny efekt wytlumienia wnętrza kabiny występuje, gdy 50-70% jej powierzchni pokrywają materiały lub ustroje dźwiękochłonne.

Najczęściej stosowanymi materiałami lub ustrojami dźwiękochłonnymi w kabinach są:

- płyty z wełny mineralnej i szklanej
- pianki poliuretanowe (tworzywo syntetyczne o strukturze komórkowej otwartej i szkieletie elastycznym),
- wielowarstwowe, filcopodobne, igłowe wykładziny podłogowe (wykładziny takie na ogół składają się z warstwy użytkowej z włókien syntetycznych, warstwy środkowej z tkaniny polipropylenowej lub juty i warstwy spodniej z mieszaniny syntetycznych włókien wtórnych),
- ściany i sufity podwieszane z elementów blachy perforowanej panelowe, listwowe, kasetowe, trapezowe; są to ustroje naścienne składające się z rusztu wykonanego z profili blachy stalowej ocynkowanej, wypełnionego wełną mineralną oraz elementów osłonowych z perforowanej blachy stalowej; ruszt może być bezpośrednio mocowany do ściany, tzw. boazerie naścienne lub umieszczany w odległości od 180 do 350 mm, tzw. boazerie odsunięte; w zależności od rodzajów elementów osłonowych wyróżnia się boazerie: panelowe, kasetowe, trapezowe, listwowe.

Wymiary kabin uwarunkowane są głównie liczbą osób, które mają przebywać we wnętrzu kabiny oraz wymiarami powierzchni zajętej przez zainstalowaną w niej aparaturę i urządzenia. Na ogół przyjmuje się na każdego przebywającego stale w kabinie pracownika co najmniej 13 m³ wolnej objętości pomieszczenia (poza zainstalowaną tam aparaturą) oraz co najmniej 2 m² wolnej powierzchni podłogi, przy czym wysokość kabiny nie może być mniejsza niż 2,5 m. Spotykane najczęściej w przemyśle kabiny mają objętość 14-16 m³. Występują również większe kabiny przemysłowe pełniące funkcję sterowni - są to najczęściej pomieszczenia stanowiące element konstrukcyjny hali przemysłowej.

W przypadku stosowania małych kabin sterowniczych (najczęściej spotykanych w przemyśle) bardzo ważna jest ich geometria. Często nieodpowiednio dobrane wymiary kabiny mogą mieć wpływ na powstawanie niekorzystnych zjawisk rezonansowych, a co się z tym wiąże występowanie wyższych poziomów ciśnienia akustycznego we wnętrzu kabiny w stosunku do otoczenia (zjawisko to często jest obserwowane w zakresie niskich częstotliwości).

Wymiary i liczba okien w kabinie na ogół są tak zaprojektowane, że umożliwiają obserwację wzrokową obsługiwanych maszyn. Mogą występować również kabiny bez okien bądź z minimalną ilością okien usytuowanych nie od strony obserwowanej maszyny (będącej zwykle głównym źródłem hałasu), gdy praca urządzeń odwzorowana jest na tablicach kontrolnych, monitorach komputerów, ekranach telewizorów itp. Zredukowanie liczby okien zwykle korzystnie wpływa na zwiększenie izolacyjności akustycznej kabin, szczególnie w zakresie niskich częstotliwości.

System wentylacji w kabinie dźwiękoizolacyjnej powinien uwzględniać wymiary kabiny i liczbę osób przebywających w niej. W kabinach zalecany jest system wentylacji działający na zasadzie nadciśnienia (wymuszony nawiew przez wentylator, wywiew wymuszony przez nadciśnienie w kabinie) o wymianie powietrza nie mniejszej niż 30 m³ na godzinę. Wiele kabin ma odmienny system wentylacji z wentylatorem wyciągowym i nawiewem.

Niektóre kabiny mają system wentylacyjny polegający tylko na swobodnej wymianie powietrza przez puste otwory wentylacyjne. System wentylacyjny znacznie obniża izolacyjność akustyczną kabiny. Powinien być wyposażony w zabezpieczenia akustyczne, chroniące przed przenikaniem hałasu z zewnątrz przez kanały wywiewne. W celu ograniczenia hałasu emitowanego przez wentylator oraz izolowania otworów w przegrodach wymagających przepływu powietrza w kabinach stosowane są tłumiki akustyczne.

Kabiny są wyposażone na ogół w oświetlenie elektryczne dobrane do charakteru wykonywanej pracy. Mają również centralne ogrzewanie lub ciepłe powietrze doprowadzane przez instalację wentylacyjną.

Konstrukcja kabin powinna być niepalna, dlatego ustroje dźwiękochłonne na ścianach i suficie są wykonywane z materiałów trudno palnych (stosowane są blachy osłonowe). Materiały zastosowane do konstrukcji kabin nie powinny powodować emisji szkodliwych substancji lotnych. Kabiny często są wyposażone w instalację telefoniczną czy instalację elektryczną zasilającą (380 V).

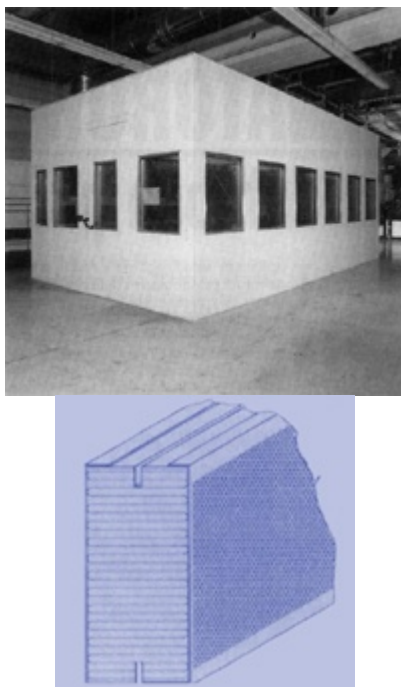
Niektóre z kabin są oddylatowane i wibroizolowane od konstrukcji urządzeń i konstrukcji budynku. Jest to szczególnie ważne w razie stosowania kabin jako zabezpieczeń przed hałasem niskoczęstotliwościowym.

Charakterystyka dźwiękoizolacyjnych kabin stosowanych w przemyśle

Najczęściej spotykane w przemyśle kabiny dźwiękoizolacyjne to kabiny metalowe o systemie konstrukcji szkieletowej, umożliwiającej montaż różnego typu kabin, o różnych wymiarach.

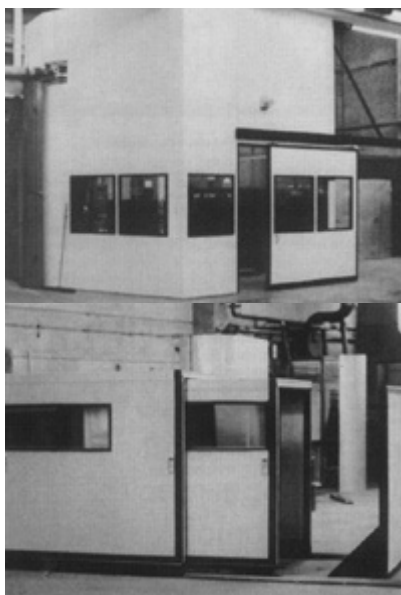
Wybrany typ kabiny montowany jest na miejscu eksploatacji z zestawu elementów szkieletu, wypełnienia i płyt osłonowych. Szkielet tych kabin stanowią najczęściej cienkościennie profile ceowe, wykonane z blachy stalowej ocynkowanej lub rury profilowane.

Zmontowany szkielet wypełniany jest materiałem dźwiękochłonnym (najczęściej są to płyty z wełny mineralnej o różnej grubości) osłaniany obustronnie płytami z blachy. Spotykane są też kabiny metalowe o budowie bardziej masywnej, z podwójnym szkieletem oddzielonym przeponą z blachy stalowej, wypełnionym podwójną warstwą wkładu tłumiącego, osłoniętym blachą (często jest to blacha trapezowa, perforowana od wewnątrz). Przykłady takich rozwiązań typowych metalowych kabin dźwiękoizolacyjnych spotykanych w przemyśle przedstawiono na rysunkach. Na rysunku [1](#) przedstawiono typową przemysłowąabinę dźwiękoizolacyjną, której element panelowy składa się z niepalnej wełny mineralnej o ciężarze 170 kg/m³ oraz z płyt osłonowych z ocynkowanej blachy stalowej o grubości 0,7 mm (wewnętrzna płyta osłonowa perforowana).



Rys.1. Kabina dźwiękoizolacyjna dla przemysłu: *a* - widok ogólny, *b* - element panelowy

Na [rys.2](#) przedstawiono kabiny wyposażone w ciekawe rozwiązania drzwi, które - jak już wspomniano wcześniej - są elementem wpływającym na obniżenie izolacyjności akustycznej kabin. [Rys.2a](#) przedstawiaabinę z odsuwanymi drzwiami ułatwiającymi dostęp do jej wnętrza, natomiast [rys.2b](#) prezentuje rozwiązanie tzw. „teleskopowe”; wysunięty element z podwójnymi drzwiami tworzy rodzaj przedsionka, który ogranicza przedostawanie się hałasu do wnętrza kabiny.



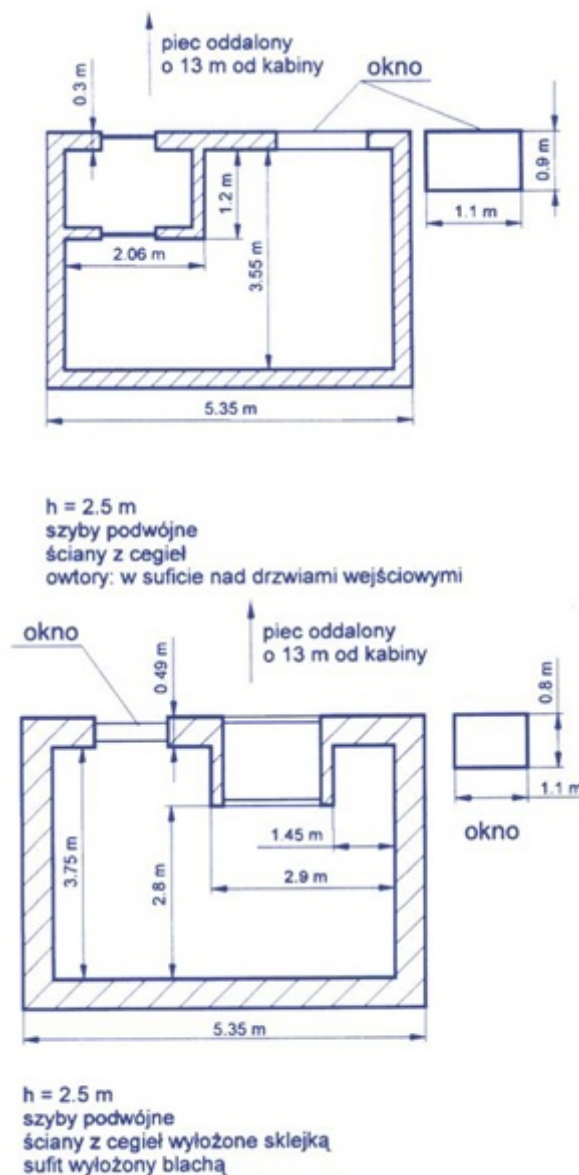
Rys.2. Przykłady dźwiękoizolacyjnych kabin przemysłowych: *a* - konstrukcja kabiny z odsuwanymi drzwiami, *b* - konstrukcja „teleskopowa” kabiny

Do kabin o bardzo lekkiej konstrukcji zaliczane są kabiny drewniane. Stosowane są jako ochrona przed hałasem, w którego widmie dominują składowe w zakresie wyższych częstotliwości, a poziom ciśnienia akustycznego nie jest znaczny. Ze względu na stosunkowo niedrogi i lekki materiał, z którego są wykonane, oprócz rozwiązań standardowych spotkać można w tym typie kabin pomysłowe konstrukcje prototypowe. Przykładem takiego rozwiązania jest kabina drewniana podwieszona na łańcuchach do sufitu hali przemysłowej; luźno zawieszona znajduje się kilka centymetrów nad podłożem hali. Kabina ta zgodnie z zamysłem projektantów miała chronić pracowników zarówno przed hałasem, jak i drganiami przenoszonymi przez podłogę hali.

Generalnie jednak ze względu na małą izolacyjność akustyczną, rzadko kabiny te spotyka się w przemyśle, gdzie notowane są wysokie wartości poziomu ciśnienia akustycznego, np. w przemyśle maszynowym czy hutniczym.

Trzecią grupę kabin w przemyśle stanowią kabiny ciężkie, murowane. Spotyka się je głównie tam, gdzie występuje hałas o poziomie ciśnienia akustycznego znacznie przekraczającym wartości dopuszczalne oraz w widmie którego występują znaczące składowe w zakresie niskich częstotliwości (np. w hamowniach silników lotniczych, stalowniach, sprężarkowniach, pompowniach itp.).

Kabiny murowane są projektowane indywidualnie dla konkretnego stanowiska pracy. Wymiary kabiny, grubość ścian, liczba okien i drzwi powinny być tak zaprojektowane, aby uwzględnić widmo hałasu, lokalizację maszyny i wielkość urządzeń sterowniczych. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne kabin murowanych przedstawiono na [rys.3](#). Kabiny te mają przedsiónek i podwójne drzwi.



Rys.3. Przykłady kabin murowanych zainstalowanych w elektrostalowni

Właściwości dźwiękoizolacyjne kabin

Większość stosowanych w przemyśle kabin dźwiękoizolacyjnych zapewnia zadowalającą redukcję hałasu w zakresie powyżej 500Hz. Izolacyjność akustyczna kabin w tym zakresie częstotliwości (powyżej 500Hz) wynosi zwykle około 30-50 dB, zmniejsza się jednak stopniowo dla niższych częstotliwości. Typowe kabiny mają na ogół małą izolacyjność akustyczną w zakresie niskich częstotliwości, rzędu 5-30 dB w przedziale częstotliwości 63-500Hz. Ciągle jeszcze bardzo ograniczona jest wiedza o izolacyjności akustycznej kabin przemysłowych i występujących w ich wnętrzu poziomach ciśnienia akustycznego w przypadku hałasu niskoczęstotliwościowego, w tym infradźwiękowego. W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy prowadzone są badania akustyczne kabin w tym zakresie częstotliwości. Badania akustyczne istniejących kabin przemysłowych wykazują, że we wnętrzu niektórych kabin występuje wzmocnienie poziomu ciśnienia akustycznego w zakresie niskich częstotliwości, sięgające nawet do 10 dB, co w rezultacie prowadzi do zwiększenia narażenia pracownika na hałas. Wzmocnienie poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu kabin związane jest prawdopodobnie z występowaniem niekorzystnych zjawisk rezonansowych i niedostateczną izolacyjnością wibroakustyczną kabin w tym zakresie częstotliwości. Zjawisko to szczególnie często obserwowane jest w kabinach metalowych. W celu poprawy izolacyjności akustycznej przemysłowych kabin dźwiękoizolacyjnych w przypadku hałasu niskoczęstotliwościowego, stosuje się indywidualnie projektowane (w zależności od dominujących częstotliwości w widmie hałasu) ustroje rezonatorowe.

Kabiny dźwiękoizolacyjne, aby skutecznie mogły pełnić swoją rolę ochronną, muszą być bardzo starannie dobrane do konkretnych warunków akustycznych.

Wnioski

Na podstawie analizy wymagań konstrukcyjnych i eksploatacyjnych kabin oraz ich właściwości dźwiękoizolacyjnych można wyciągnąć następujące wnioski:

- prawidłowe zaprojektowanie przemysłowej kabiny dźwiękoizolacyjnej wymaga uwzględnienia licznych aspektów dotyczących zarówno warunków akustycznych, w jakich ma być stosowana kabina jak i wymagań eksploatacyjnych, związanych z obsługą maszyn oraz wymagań bhp,
- najczęściej stosowane w przemyśle, łatwe do montażu i dostosowane do warunków eksploatacyjnych są kabiny metalowe o konstrukcji szkieletowej i panelach z blachy wypełnionej wełną mineralną,
- większość stosowanych w przemyśle kabin dźwiękoizolacyjnych zapewnia zadowalającą redukcję hałasu (rzędu 20-50 dB) w zakresie powyżej 500Hz,
- typowe kabiny mają na ogół małą izolacyjność akustyczną w zakresie niskich częstotliwości (rzędu 0-15 dB),
- we wnętrzu niektórych kabin obserwuje się wzmacnianie poziomu ciśnienia akustycznego w zakresie niskich częstotliwości, sięgające nawet do 10dB,
- zjawisko wzmocnienia poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu kabin szczególnie często obserwowane jest w kabinach metalowych,
- wzmocnienie poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu kabin związane jest prawdopodobnie z występowaniem niekorzystnych zjawisk rezonansowych i niedostateczną izolacyjnością wibroakustyczną kabin w tym zakresie częstotliwości,
- kabiny zlokalizowane w pobliżu źródeł hałasu niskoczęstotliwościowego i infradźwiękowego powinny być poddane szczególnej kontroli pod względem stopnia wnoszonej ochrony w zakresie niskich częstotliwości, mogą bowiem narażać przebywających w nich ludzi na większy hałas, niż gdyby znajdowali się na zewnątrz kabiny.

Badania właściwości dźwiękoizolacyjnych kabin przemysłowych wg normy europejskiej EN ISO 11957 [11] (Pr PN-EN ISO11957) [13] znajdują się w zakresie akredytacji Centralnego Instytutu Ochrony Pracy (certyfikat akredytacji nr L 38/2/97 udzielony przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji w dn. 15.11.1995 r.).

Wyniki badań można wykorzystać do oceny kabin m.in. dla potrzeb wydawania deklaracji zgodności tych wyrobów (art. 217 §1 Kodeksu pracy) z normą europejską EN ISO 11690-2 [14] (Pr PN-EN ISO 11690-2) [15].

PIŚMIENNICTWO

- [1] Engel Z.: *Ochrona przed drganiami i hałasem*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993
- [2] Engel Z., Sadowski J. i inni: *Wytyczne projektowania ochrony przeciwhałasowej stanowisk pracy w halach przemysłowych ze wspomaganie komputerowym*. Centralny Instytut Ochrony Pracy, II wyd., Warszawa 1993
- [3] Kaczmarska A.: *Certyfikacja kabin przemysłowych - badania akustyczne*, Bezpieczeństwo Pracy nr 5/95, s. 16-22
- [4] Kaczmarska A.: *Badania rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego w kabinach przemysłowych*. Prace XLII OSA, Białowieża '95, s. 317-320
- [5] Kaczmarska A., Augustyńska D.: *Study of Sound Insulation of Control Cabins in Industry in Low Frequency Range*. Journal of Low Frequency Noise & Vibration, Vol. 11, No. 2, 1992, s. 42-45
- [6] Kaczmarska A. i inni: *Metody i projekt stanowiska do akustycznych badań certyfikacyjnych kabin przemysłowych*. Praca planowa CIOP nr 19, 1994
- [7] Kaczmarska A., Lisowski W., Uhl T.: *Badanie właściwości akustycznych i dynamiki strukturalnej ścian przemysłowej kabiny dźwiękoizolacyjnej*, Mechanika zeszyt nr 4/96, s.377-402
- [8] Kaczmarska A., Sikora J., Wszolek T.: *Badania doświadczalne ustrojów rezonatorowych*, Mechanika zeszyt nr 3/97, s.429-440

- [9] Kaczmarek A. Augustyńska D. i inni: *Opracowanie zasad ograniczenia hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinach przemysłowych*. Praca CIOP SPR-1, nr III.17.2, 1997
- [10] ISO 7196 *Acoustics - Frequency weighting characteristic for infrasound measurement*
- [11] ISO 11957 *Acoustics - Determination of sound insulation performance of cabins - Laboratory and in situ measurements*
- [12] PN-86/N-01338 *Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*
- [13] PrPN-EN ISO11957 *Akustyka - Wyznaczanie właściwości dźwiękochłonnych kabin - Pomiary laboratoryjne i terenowe*
- [14] *Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 2: Noise control measures*
- [15] *Akustyka - Zalecane postępowanie przy projektowaniu stanowisk pracy wyposażonych w maszyny - Część 1: Wytyczne redukcji hałasu*