

mgr inż. ANETA AUGUSTYN
mgr inż. MAREK PIERCHAŁA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach
Zakład Wibroakustyki Stosowanej

Tłumik hałasu emitowanego przez układy wentylacji dużej mocy

Rozwiązanie nagrodzone w XXXVII edycji Ogólnopolskiego Konkursu Poprawy Warunków Pracy

W artykule przedstawiono zarówno sposób projektowania konstrukcji tłumika, jak również przeprowadzone badania w warunkach rzeczywistych. Tłumik emisji hałasu wentylatorów dużej mocy jest przeznaczony do stosowania zarówno dla czepni, jak i wyrzutni powietrza. Tłumik ten charakteryzuje się bardzo wysoką skutecznością, uniwersalnością, a także niskimi oporami przepływu oraz brakiem negatywnego wpływu tłumika na układ wentylatora. Tłumik zaprojektowano tak, aby na etapie produkcji, użytkowania i zakończenia eksploatacji nie stanowił zagrożenia dla środowiska naturalnego. Użyto do jego produkcji materiałów, z których każdy może zostać poddany procesowi recyklingu. Należy podkreślić, iż dotąd nie spotykano tak wysokich skuteczności tłumienia, przy zastosowaniu jakichkolwiek środków redukcji hałasu.

Noise damper for intake and exhaust hoods for cooperation with high-power fans

A noise damper for high-power fans was designed for use both for intake and exhaust hoods. The damper is highly efficient, it is universal, it has low flow resistance and it has no negative impact on the fan system. The damper was designed in such a way that it does not cause any hazard to the natural environment at any stage of its life, i.e. manufacturing, usage or end of operation. All the materials that were used for manufacturing the fan can be recycled. It should be emphasized that such high efficiency of suppression has never been provided by any means of noise reduction. This paper explains how the damper was designed and tested in real conditions.



Tłumik zabudowany na czepni wentylatora układu chłodzenia przetwornic maszyny wyciągowej na terenie Oddziału KWK „Jankowice” Kompanii Węglowej S.A.

Noise damper installed on the intake hood of a fan of a cooling system for converters of a hoisting machine at the “Jankowice” colliery of Kompania Węglowa S.A.

Hałas układów wentylacji

Układy wentylacji są jednym z najbardziej rozpowszechnionych rodzajów źródeł emisji hałasu. Układy te spotykane są w bardzo wielu typach zakładów pracy, takich jak: elektrownie, ciepłownie, kopalnie głębinowe i odkrywkowe, zakłady przetwórcze, zakłady produkcyjne praktycznie wszystkich branż, a także w całym sektorze handlowo-usługowym [1].

Generalnie układy wentylacji najczęściej spełniają jedną z dwóch funkcji:

- wymiany/oczyszczania powietrza
- chłodzenia maszyn i urządzeń dużej mocy.

Charakterystyczną cechą hałasu emitowanego przez układy wentylacji jest jego szerokopasmowe widmo, a także wysokie poziomy ciśnienia akustycznego (tab. 1.), przekładające się na znaczny zasięg emitowanego hałasu (rys. 1.).

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, tzw. równoważny poziom dźwięku A (tabela 1.), określono z niepewnością rozszerzoną wyniku pomiaru $U_r = 2,2$ dB według [2].

Bardzo istotne są również warunki pracy układów wentylacji. Układy te najczęściej pracują w sposób ciągły i często ich emisja hałasu nie może

być ograniczana (np. przez zmianę histogramów czasu pracy poszczególnych źródeł) z użyciem metod organizacyjnych, a to dlatego, że z reguły pełnią one funkcję zabezpieczającą w stosunku do innych układów, czy też pracy ludzi. Przykładem mogą tu być układy głównego przewietrzania kopalń głębinowych, których zatrzymanie skutkuje natychmiastową ewakuacją wszystkich pracowników, jak również może prowadzić do bardzo niebezpiecznej koncentracji metanu w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Dlatego też, najczęściej emisję hałasu ogranicza się poprzez zabudowę biernych środków redukcji hałasu, takich jak tłumiki akustyczne.

Tłumiki akustyczne w układach wentylacji

Zabudowa w układach wentylacji środków redukcji hałasu, takich jak tłumiki akustyczne, powinna być zawsze poprzedzona stosownymi badaniami, gdyż związana jest zawsze z szeregiem zagrożeń, jakie niesie ona dla prawidłowej pracy tych układów. Zagrożenia te związane są przede wszystkim z wprowadzeniem do układu dodatkowych oporów przepływu, których poziom może prowadzić do różnych niebezpiecznych zjawisk, w tym do przegzewania napędów wentylatorów itp.

Najczęściej do ograniczania emisji hałasu stosowane są dwa rodzaje tłumików: refleksyjne i absorpcyjne [3]. Tłumiki refleksyjne wykorzystują zjawisko wielokrotnego odbicia dźwięku w wyniku zmian przekroju poprzecznego kanału. Projektowane są ściśle dla wybranego źródła, zaś ich skuteczność może ulegać zmianie wraz ze zmianą widma emitowanego hałasu, co może nastąpić, np. na skutek zmiany stanu technicznego wentylatora.

Tłumiki absorpcyjne są bardziej uniwersalne i wykorzystują zjawisko pochłaniania dźwięku przez materiały porowate (zamiana energii akustycznej na ciepło przez tarcie w porach). Projektowane są często w postaci tłumików płytowych.

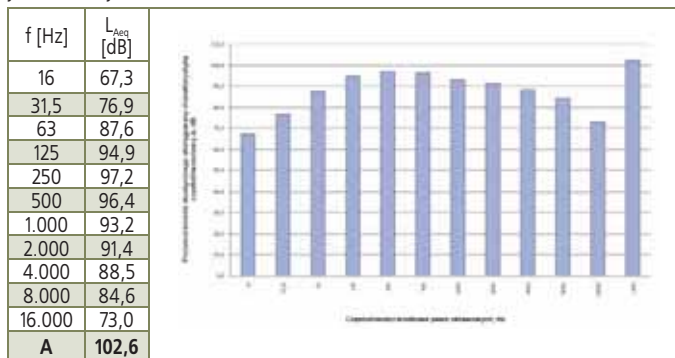
Tłumik hałasu czepni i wyrzutni powietrza

Przedstawiony tłumik hałasu czepni i wyrzutni powietrza wentylatorów dużej mocy jest przykładem tłumika płytowego. Został on opracowany przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach. Konstrukcja tego tłumika została przedstawiona na rys. 2.

Tłumik ten podzielony jest na dwa segmenty (1) i (2), stykające się przegrodami bocznymi o wysokiej izolacyjności akustycznej (3). Zadaniem tych przegród jest rozbić strugi powietrza na dwa strumienie

Tabela 1. Uśrednione dla serii pomiarów widmo hałasu emitowanego przez układ wentylacji przed zabudową tłumika, określone dla odległości 1,0 m od czerpni

Table 1. Spectrum of noise emitted by the ventilation system before the installation of the noise damper, determined for a distance of 1.0 m from the intake hood, averaged for a series of measurements



gdzie:

L_{Aeq} – poziom ciśnienia akustycznego dla pasm oktawowych skorygowany charakterystyką częstotliwościową A

A – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, tzw. równoważny poziom dźwięku A

(podział wlotu/wylotu). Zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne przegrody wypełnione są materiałem dźwiękochłonnym (wełną mineralną), zabezpieczonym materiałem osłonowym (tkanina szklana), chroniącym przed porywaniem materiału dźwiękochłonnego przez przepływającą strugę powietrza.

Zewnętrzne powierzchnie tłumika pokryte są blachą o niewielkiej grubości (8), która z kolei może być osłonięta blachą trapezową, bądź też panelami elewacyjnymi.

Każdy z segmentów tłumika (1 i 2) przedzielony jest płytami dźwiękochłonnymi (4). Płyty te dzielą segmenty tłumika na komory, przy czym liczba komór/płyt dźwiękochłonnych uzależniona jest od wymaganej skuteczności tłumienia.

Płyty dźwiękochłonne w rejonie krawędzi zewnętrznej (5) mają kształt owalny, tak by miejscowe

opory przepływu, były możliwe jak najmniejsze. Istotnym elementem tłumika są kierownice (6), ukierunkowujące przepływające medium i ograniczające występowanie przepływu turbulentnego.

Dla zwiększenia skuteczności tłumienia komory przedzielono płytami (7) równoległymi do strugi przepływającego powietrza. Zarówno liczba, jak i odległości od siebie płyt (7) zależą od wymaganej skuteczności tłumienia hałasu i wydajności układu wentylacji.

Najbardziej istotną zaletą tłumika jest jego wysoka skuteczność tłumienia, określona na poziomie 36,9 dB, jak również jego uniwersalność, tj. możliwość zastosowania prawie we wszystkich warunkach i układach.

Należy podkreślić, że tłumik ten został zaprojektowany tak, by wprowadzał do układów wentylacji

możliwie jak najmniejsze opory przepływu. Uzyskano to poprzez ograniczenie do minimum lokalnych oporów przepływu, co w efekcie pozwala stosować to rozwiązanie praktycznie dla dowolnego układu wentylacji. Istotną zaletą jest również możliwość stosowania tego rozwiązania do ograniczania emisji hałasu zarówno czerpni, jak i wyrzutni powietrza. Ponadto zakres stosowania poszerza możliwość zabudowy w atmosferze pyłów, gazów i mieszanin wybuchowych.

Skuteczność tłumienia została wyznaczona zgodnie z normą PN-EN ISO 11820:2000 „Pomiary tłumików hałasu w miejscu zainstalowania” i jest ona wtrąceniową różnicą poziomów ciśnienia akustycznego zmierzonych w odl. 1 m od czerpni powietrza przed i po zabudowie tłumika [4].

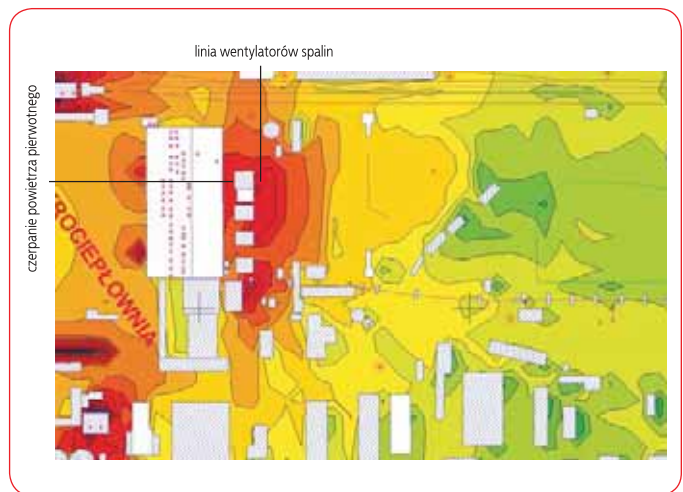
Konstrukcja tłumika umożliwia jego zabudowę zarówno na dachach, jak i elewacjach budynków, co jeszcze bardziej zwiększa jego uniwersalność. Transport i montaż tłumika ułatwiono poprzez podział na dwa samonośne, niezależne segmenty, co stwarza możliwość stosowania go w rejonach źródeł z trudnym dostępem.

Opracowane rozwiązanie wdrożono dotychczas w dwóch obiektach: wentylatorze zachodnim i wschodnim na terenie Oddziału KWK „Jankowice” Kompani Węglowej S.A.

Konstrukcja tłumika umożliwia również jego dowolną aranżację architektoniczną, przez co nie wyróżnia się on w istniejącej architekturze przemysłowej (rys. 3.).

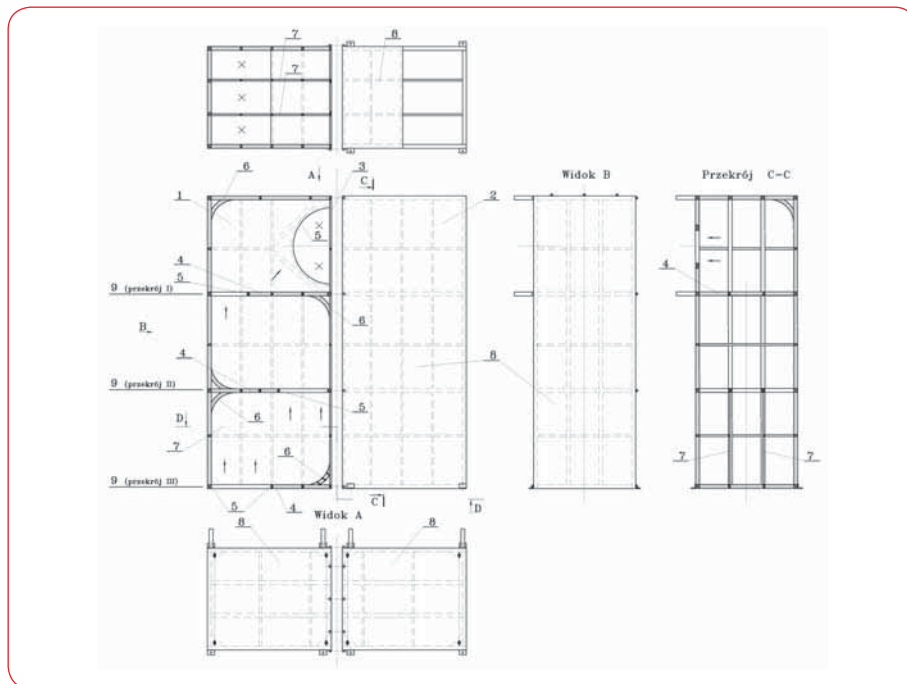
Efekt zastosowania tłumika hałasu czerpni i wyrzutni powietrza wentylatorów dużej mocy przedstawiono na rys. 4. i 5., zaś w tabeli 2. – wyniki pomiarów hałasu w rejonie czerpni po zabudowie tłumika.

Analizując efekty zastosowania tłumika, zauważamy, że znacznemu ograniczeniu poddane zostały nie tylko wysokie i średnie częstotliwości, ale przede wszystkim częstotliwości niskie. Wartość tłumienia w każdym z pasm o częstotliwości środkowej powyżej 16 Hz jest większa od 25 dB. Natomiast dla częstotliwości powyżej 63 Hz tłumienie osiąga wartość większą od 32,5 dB.

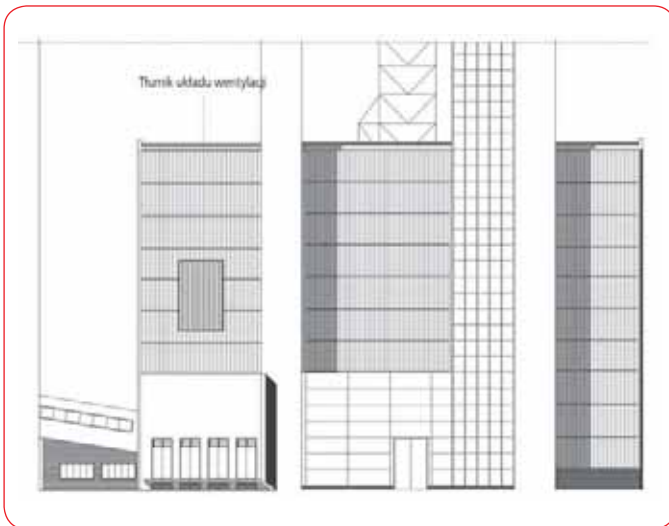


Rys. 1. Wpływ układów wentylacji na kształtowanie się klimatu akustycznego w środowisku (badania autorskie)

Fig 1. Impact of ventilation systems on the creation of an acoustic climate in the environment (author's research)



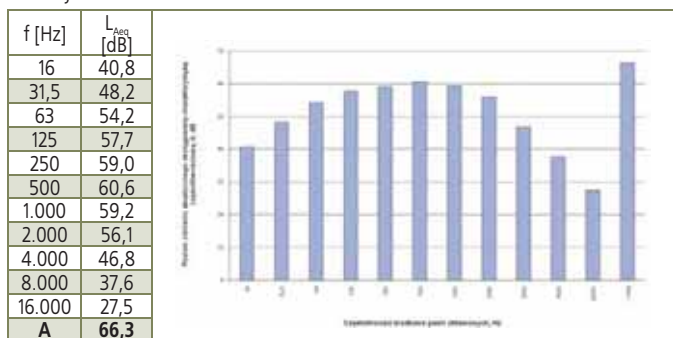
Rys. 2. Konstrukcja tłumika hałasu czerpni i wyrzutni powietrza do współpracy z wentylatorami dużej mocy
Fig. 2. Design of the noise damper for intake and exhaust hoods for cooperation with high-power fans



Rys. 3. Lokalizacja tłumika na elewacji budynku nadszybia KWK „Jankowice”
 Fig. 3. Localization of the noise damper on the elevation of the shaft landing in the “Jankowice” colliery

Tabela 2. Uśrednione widmo hałasu emitowanego przez układ wentylacji po zabudowie tłumika, wyznaczone w odległości 1,0 m od czerpni

Table 2. Spectrum of noise emitted by the ventilation system after the installation of the noise damper, determined for a distance of 1.0 m from the intake hood, averaged for a series of measurements



Tak wysoka skuteczność tłumika wpływa na obniżenie poziomów dźwięku w całym rejonie zabudowy wentylatorów, podwyższając standard ochrony przed hałasem zarówno na pobliskich stanowiskach pracy, jak i w całym rejonie, w tym również w otaczającym środowisku, co zostało przedstawione na barwnych mapach zasięgu emitowanego hałasu – rys. 5a i 5b. Po zabudowie tłumika, co przedstawiono na rys. 5b, w obszarze objętym zakresem analiz uzyskano znacznie niższe poziomy dźwięku, reprezentowane interwałami o kolorach jaśniejszych w stosunku do tych, które pokazano na rys. 5a. Zabudowa tłumika spowodowała istotne zawężenie pola zasięgu emitowanego hałasu dla poszczególnych interwałów.

Badania niezależnej firmy, przeprowadzone w listopadzie 2008 r. wykazały, że zainstalowanie tłumików na wentylatorach szybu VII spowodowało obniżenie poziomu dźwięku A w środowisku [5] o 14,5 dB, co można uznać za wartość znaczącą, w stosunku do stanu przed zabudową tłumików akustycznych. Obniżenie poziomu dźwięku wyznaczono poprzez porównanie pomiarów poziomu emisji hałasu przed i po zabudowie tłumika w punktach pomiarowych zlokalizowanych przy zabudowie mieszkaniowej, podlegającej ustawowej ochronie

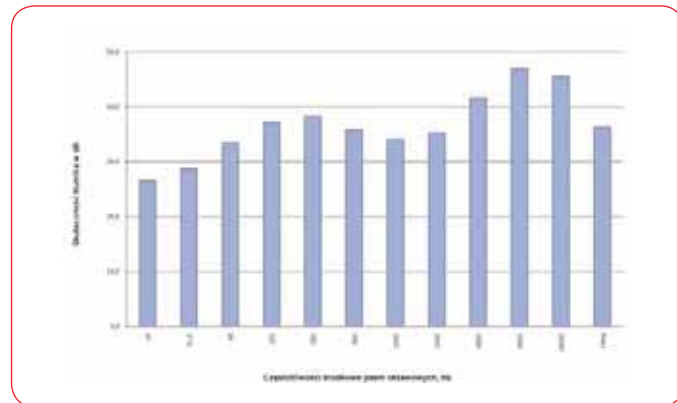
przed hałasem. Podczas pomiarów zapewniono te same warunki prowadzenia badań.

Równoważny poziom dźwięku A (tabela 2.), określono z niepewnością rozszerzoną wyniku pomiaru $U_r = 2,2$ dB według [2].

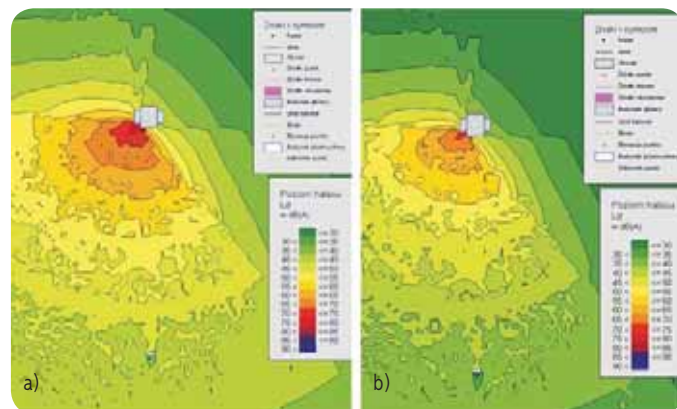
Podsumowanie

W artykule przedstawiono tłumik hałasu (tłumienie hałasu powyżej 35 dB) emitowanego przez wentylatory kopalniane. Hałas ten stanowi zagrożenie zarówno dla środowiska jak i dla pobliskich stanowisk pracy. Skuteczność tłumika pozwala ograniczyć emisję hałasu do wartości dopuszczalnych prawie dla wszystkich układów wentylacji.

Uniwersalność rozwiązania pozwala na jego zastosowanie praktycznie dla każdego z układów wentylacji, niezależnie od ich wydajności, lokalizacji i warunków pracy, a także otaczającej go atmosfery – nawet w przypadku atmosfer silnie wybuchowych. Wykonanie, jak również montaż tłumika nie wymaga specjalistycznego sprzętu, specjalnych procedur postępowania ani dodatkowego przeszkolenia pracowników. Materiały konstrukcyjne są ogólnodostępne i nieistwarzające zagrożenia dla środowiska naturalnego. Ponadto mogą być całkowicie poddane procesowi recyklingu



Rys. 4. Skuteczność tłumika (wtrąceniowa różnica poziomów ciśnienia akustycznego)
 Fig. 4. Efficiency of the noise damper (difference of acoustic pressure levels)



Rys. 5. Rozkład równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego w porze dnia L_{AeqD} [5, 6] w rejonie szybu numer VII Kompania Węglowa S.A. Oddział KWK „Jankowice”: a) przed zabudową tłumika, b) po zabudowie tłumika – ciemniejsze kolory oznaczają niższe poziomy dźwięku
 Fig. 5. Distribution of equivalent acoustic pressure level in daytime L_{AeqD} [5, 6] in the area of shaft number VII of the “Jankowice” colliery: a) before the installation of the noise damper, b) after the installation of the noise damper – darker colours indicated lower sound levels

nie stanowiąc zagrożenia dla środowiska naturalnego. Zastosowanie tłumika może istotnie poprawić warunki pracy dla dużej liczby pracowników i to we wszystkich branżach przemysłu, gdyż układy wentylacji zalicza się do najbardziej powszechnych źródeł ponadnormatywnej emisji hałasu.

PIŚMIENICTWO

[1] K. Pawlas *Pomiary i ocena hałasu środowiskowego w Polsce i w Unii Europejskiej*. Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu. Akademia Medyczna im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Kwartalnik „Praca, Zdrowie, Bezpieczeństwo”, nr 3/2003
 [2] D. Fugiel *Szacowanie niepewności pomiarów hałasu*. Materiały szkoleniowe Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Rzeszowie. Delegatura w Tarnobrzegu. Tarnobrzeg 2002
 [3] PN-EN ISO 14163:2008. Akustyka. Wytyczne ograniczania hałasu za pomocą tłumików akustycznych
 [4] PN-EN ISO 11820:2000. Akustyka. Pomiary tłumików hałasu w miejscu zainstalowania
 [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (DzU nr 120, poz. 826)
 [6] Dyrektywa 2002/49/WE w sprawie oceny i zarządzania hałasem środowiskowym