PRACE NAUKOWE GIG
GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO
Kwartalnik

RESEARCH REPORTS
MINING AND ENVIRONMENT
Quarterly 3/2012

Magdalena Miterska[*]

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI OCHRONY WYBRANEGO MODELU EKRANU AKUSTYCZNEGO NA PRZYKŁADZIE EKRANU ZLOKALIZOWANEGO W SOSNOWCU

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono zasadę wyznaczania skuteczności ekranu akustycznego z zastosowaniem metody pośredniej. Scharakteryzowano także warunki, jakie muszą zostać spełnione, aby zapewnić zgodność z wymaganiami normy ISO-10847. Następnie opisano metodykę referencyjną wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku oraz metodę wyznaczania w warunkach *in situ* skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych. Przedstawiono także wykorzystaną aparaturę pomiarową. Omówiono wyniki pomiarów skuteczności ekranu akustycznego usytuowanego przy drodze S-1 w Sosnowcu, w rejonie ulicy Zagaje.

Słowa kluczowe: *ochrona przed hałasem, ekran akustyczny, hałas komunikacyjny, pomiar hałasu, pomiar, norma, województwo śląskie.*

Analysis of prevention effectiveness of the given noise barrier model illustrated with an example of the noise barrier located in Sosnowiec

Abstract

This paper presents the rule for determining the effectiveness of a noise barrier by use of the indirect method. Also, conditions have been desribed which have to be consistent with the requirements of ISO-10847 standard. Then, a reference methodology for periodical noise measuring in environment as well as method for determining the effectiveness of outside noise barriers was described. The employed measuring equipment was presented as well. The results of have been disscused basing on the niose barrier located by S-1 route in Sosnowiec, the area of Zagaje Street.

Keywords: *protection against noise, noise barrier, communication noise, limitation, noise measurement, measurement, standard, Upper Silesia*.

1. WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich 20 lat w Polsce nastąpił znaczący wzrost liczby samochodów. Wraz z niedostatecznym rozwojem sieci dróg i autostrad wzrósł poziom hałasu komunikacyjnego.

Infrastruktura komunikacyjna oddziałuje na środowisko w sposób bezpośredni oraz pośredni. Transport kołowy wpływa zarówno na nieożywione elementy przyrody, takie jak: krajobraz, powietrze, gleba, woda, jak i na ludzi oraz zwierzęta. Jednym z bezpośrednio odczuwalnych skutków rozwoju transportu kołowego jest emisja hałasu i drgań.

Emisja hałasu jako zanieczyszczenie środowiska, odczuwalna jest przez coraz większą liczbę osób. Jest to wynik wzrostu liczby pojazdów osobowych i ciężaro-

[*] Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie w Głównym Instytucie Górnictwa

wych, a także budowy budynków mieszkalnych na terenach bezpośrednio przylegających do tras komunikacyjnych (Engel, Sadowski 2005).

W niniejszym artykule zostały przedstawione wyniki pomiarów hałasu w obszarach, w pobliżu których zainstalowano ekrany akustyczne. Zaprezentowano także metodę pośrednią wyznaczania ich skuteczności.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Hałas będący skutkiem transportu kołowego to zjawisko złożone (Słowik, Jackowska, Piekarski 2008). Jego źródłem są:

- silniki spalinowe,
- hałas aerodynamiczny,
- praca opon na nawierzchni drogi (Słowik, Jackowska, Piekarski 2008).

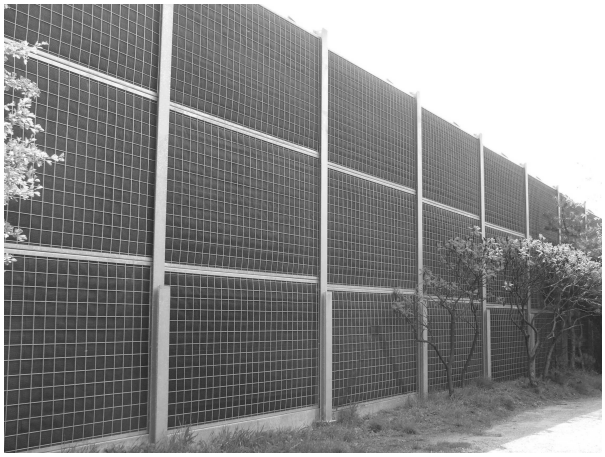
Celem przeprowadzonych badań było wykazanie skuteczności ekranu akustycznego w wybranej lokalizacji, tj. przy drodze S-1 w Sosnowcu w dzielnicy Jęzor, w rejonie ulicy Zagaje. Pomiary zostały wykonane z zastosowaniem metody pomiaru pośredniego. Wyznaczono jednocześnie rzeczywistą skuteczność ekranu akustycznego zlokalizowanego w Sosnowcu.

3. REALIZACJA PRAC PRZYGOTOWAWCZYCH

3.1. Budowa badanego ekranu akustycznego

Ekranem akustycznym nazywa się przeszkodę znajdującą się na drodze fali akustycznej, biegnącej od źródła hałasu do odbiorcy (Engel 2002).

W ramach realizacji prac przygotowawczych zapoznano się z budową badanego ekranu akustycznego (fot. 1).



Fot. 1. Ekran akustyczny

Photo. 1. Noise barrier

Ekran zbudowany jest z paneli dźwiękochłonnych i izolacyjnych KTA-98. Składa się z dwóch blach aluminiowych lub stalowych ocynkowanych wypełnionych warstwą wełny mineralnej:

- klasa właściwości pochłaniających A4 DLa jest równa 12 dB lub większa,
- klasa izolacyjności dźwięków powietrznych B3 DLr jest większa niż 24 dB.

3.2. Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku

Pomiary hałasu zostały wykonane zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r.

Wartość krzywej korekcyjnej *A* uwzględniającej czułość ucha ludzkiego wyznaczyć można:

- metodą pomiarową,
- metodą obliczeniową w sytuacji, gdy w danych warunkach nie można uzyskać wyniku za pomocą pomiarów bezpośrednich.

Punkty pomiarowe lokalizuje się na terenach objętych ochroną przed hałasem tak, aby przeprowadzone w nich czynności pozwoliły na ustalenie miejsca o największym oddziaływaniu źródeł hałasu na badany obiekt.

Zestaw przyrządów do pomiaru hałasu powinien zawierać:

- mierniki poziomu dźwięku 1 klasy dokładności,
- wzorcowe źródła dźwięku w celu sprawdzania (kalibracji) toru pomiarowego minimum 1 klasy.

Wykonanie pomiarów poprzedza sprawdzenie wszystkich przyrządów zgodnie z posiadaną instrukcją.

1. Przyrządy pomiarowe i wzorcujące muszą posiadać świadectwo wzorcowania nie starsze niż 24 miesiące.
2. Przyrządy pomiarowe muszą posiadać ważne świadectwo legalizacji.
3. Mikrofony pomiarowe powinny posiadać osłony przeciwwietrzne, niezależnie od warunków meteorologicznych.

W przypadku ciągłego pomiaru hałasu w czasie odniesienia *T*, przyrządy pomiarowe powinny spełniać warunki dodatkowe, umożliwiające:

- rejestrowanie w pamięci miernika przebiegu zmian poziomu dźwięku w czasie, co najmniej w czasie odniesienia, z krokiem próbkowania nie większym niż jedna sekunda,
- przeniesienie z miernika do komputera poziomu dźwięków zarejestrowanych w pamięci przyrządu pomiarowego, wyników badań i zapamiętanie ich w postaci źródłowej,
- rejestrowanie i drukowanie niezbędnych parametrów pracy miernika wraz ze współczynnikiem kalibracyjnym toru pomiarowego (po transmisji danych do komputera),
- dokonanie analizy statystycznej sygnału akustycznego, a w szczególności wyznaczenie poziomów statystycznych, określonych w PN-ISO 1996-1.

Zalecenia dotyczące warunków meteorologicznych podczas dokonywania pomiarów:

a) temperatura powietrza: od –10 do 50°C,
b) wilgotność: od 25 do 90%,
c) średnia prędkość wiatru: do 5 m/s,
d) ciśnienie atmosferyczne: od 900 do 1100 hPa.

Pomiary hałasu wykonuje się:

- dokonując rejestracji hałasu w sposób ciągły w czasie odniesienia *T*,
- dokonując rejestracji elementarnych próbek hałasu w czasie odniesienia *T* (metoda próbkowania).

Po zakończeniu pomiaru z przyrządu pomiarowego odczytywana jest wartość równoważnego poziomu dźwięku w środowisku L_{Aeqzm}. Tak otrzymany wynik powinien zostać skorygowany o wpływ tła akustycznego.

Tło akustyczne stanowią wszystkie dźwięki występujące w danym punkcie pomiarowym, które nie pochodzą z badanego źródła hałasu. Dokonując pomiaru tła akustycznego, wyłącza się pojedyncze, sporadyczne dźwięki, których wpływ na pomiar hałasu z badanego źródła można wyeliminować przez chwilowe zatrzymanie procesu mierzenia lub analizę zarejestrowanego sygnału. Pomiar poziomu tła akustycznego przeprowadza się w sposób gwarantujący wyeliminowanie źródła hałasu będącego przedmiotem oceny. W przypadku badania hałasu, którego źródła nie można wyłączyć, dopuszcza się przeprowadzenie pomiaru tła w innym miejscu, porównywalnym do tego, w którym był punkt pomiarowy badanego źródła hałasu. Pomiary tła przeprowadza się w tym samym dniu, o tej samej porze doby i w podobnych warunkach meteorologicznych, w jakich wykonuje się pomiary poziomu emisji hałasu ze źródła.

Wartość wskaźników $L_{Aeq\ D}$ lub $L_{Aeq\ N}$ przyjmowana jest jako ostateczny wynik badania hałasu. W przypadku lokalizacji punktu pomiarowego przy elewacji budynku, w odległości od 0,5 do 2 m od zamkniętego lub uchylonego okna, wynik badania pomniejsza się o 3 dB.

3.3. Metoda wyznaczania właściwości akustycznych zewnętrznych ekranów akustycznych zgodnie z PN-ISO 10847:2002

PN-ISO 10847:2002 z roku 2002 umożliwia wyznaczenie skuteczności ekranu, gdy jest on już zainstalowany.

W sytuacji, gdy ekran jest już zainstalowany i nie można go usunąć, w celu wykonania pomiaru przed instalacją, wyznacza się szacunkowy poziom ciśnienia akustycznego przed instalacją przez wykonanie pomiaru w miejscu równoważnym miejscu, w którym wykonuje się badania. Jeżeli jest to możliwe, obszar symulujący warunki przed instalacją powinien być usytuowany niedaleko obszaru, gdzie zainstalowano ekran, lecz w miejscu nieosłoniętym.

Zaleca się, aby poziom tła akustycznego był mniejszy o 10 dB lub więcej od poziomu ciśnienia akustycznego otrzymanego podczas pomiarów.

Metoda pośrednia pomiarów skuteczności ekranów akustycznych oparta jest na jednoczesnym pomiarze poziomów ciśnienia akustycznego w punktach odniesienia (referencyjnym) oraz odbioru.

4. ZESTAW APARATURY WYKORZYSTANEJ DO POMIARU SKUTECZNOŚCI EKRANU AKUSTYCZNEGO

Pomiar hałasu w punkcie odniesienia został wykonany analizatorem – miernikiem poziomu dźwięku SVAN 945 A, natomiast w punkcie referencyjnym pomiar wykonano analizatorem – miernikiem poziomu dźwięku BIK 2236.

Fot. 2. Zestaw aparatury do pomiarów hałasu: sonometr, mikrofon (na wysokości 4 m) z osłoną przeciwwietrzną, stacja meteorologiczna, GPS

Photo. 2. Equipment for taking noise measures: sonometer, transmitter with antiwind casing on the height of 4 m, meteorological station, GPS

5. WYNIKI POMIARÓW

a. Lokalizacja ekranu i rodzaj zastosowanej metody: Sosnowiec-Jęzor, ul. Zagaje przy drodze S-1. Podczas badania zastosowano metodę pomiaru pośredniego.
b. Źródło dźwięku stanowiła emisja hałasu pojazdów kołowych lekkich i ciężkich.
c. Środowisko akustyczne: w pobliżu badanego ekranu znajdowały się zabudowania mieszkalne – domy jednorodzinne.
d. Warunki meteorologiczne scharakteryzowano w tabeli 1.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne

Mierzone parametry	Wartości
Prędkość i kierunek wiatru	0,6 m/s E
Temperatura otoczenia	22,6°C
Wilgotność względna	36,8%
Ciśnienie atmosferyczne	996,2 hPa
Zachmurzenie	pokrycie nieba, 50–80%
Inne uwagi dotyczące stanu pogody (zmienność kierunku wiatru)	brak

5.1. Opis badanego ekranu

Element nośny badanego ekranu stanowią słupy stalowe osadzone na fundamencie żelbetowym. Między słupami znajduje się siatka z tworzywa sztucznego wypełniona wełną mineralną. Na zewnątrz wypełnienia zamontowana jest stalowa siatka konstrukcyjna.

- Klasa właściwości pochłaniających według PN-EN 1793-1:2001– A4.
- Klasa izolacyjności dźwięków powietrznych według PN-EN 1793-1:2001– B3.
- Wymiary badanego ekranu: wysokość – 4,5 m, długości – 950 m.

5.2. Lokalizacja punktów pomiarowych

***P*1** – punkt referencyjny 10 m od krawędzi jezdni,
***P*2** – punkt pomiaru ciśnienia akustycznego przed instalacją ekranu usytuowany 30 m od krawędzi jezdni,
***P*3** – punkt pomiaru ciśnienia akustycznego przed instalacją ekranu usytuowany 70 m od krawędzi jezdni,
***P*4** – punkt pomiaru ciśnienia akustycznego po instalacji ekranu 10 m od krawędzi jezdni,
***P*5** – punkt pomiaru ciśnienia akustycznego po instalacji ekranu 30 m od krawędzi jezdni,
***P*6** – punkt pomiaru ciśnienia akustycznego po instalacji ekranu 70 m od krawędzi jezdni.

Tabela 2. Lokalizacja punktów pomiarowych – obszar równoważny (punkt referencyjny, fot. 3)

Lp.	Symbol punktu pomiarowego oraz lokalizacja	Współrzędne w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1922”	
		długość geograficzna *E*	szerokość geograficzna *N*
1	*P*1	19°10'07,0"	50°13'57,9"
2	*P*2	19°10'05,8"	50°13'58,1"
3	*P*3	19°10'03,9"	50°13'59,2"

Fot. 3. Rejon umiejscowienia punktu referencyjnego *P*1

Photo 3. The area of reference point (*P*1) location

Tabela 3. Lokalizacja punktów pomiarowych – obszar za ekranem (fot. 4)

Lp.	Symbol punktu pomiarowego oraz jego lokalizacja	Współrzędne w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1922”	
		Długość geograficzna *E*	Szerokość geograficzna *N*
1	*P*4	19°10'09,6"	50°14'01,3"
2	*P*5	19°10'09,4"	50°14'02,2"
3	*P*6	19°10'07,1"	50°14'01,4"

Fot. 4. Rejon umiejscowienia punktu pomiarowego *P*5

Photo 4. The area of reference point (*P*5) location

5.3. Wykaz aparatury

Zestaw przyrządów do pomiaru hałasu zawiera:

- sonometr SVAN 945A,
- sonometr BIK 2236,
- mikrofon z osłoną przeciwwietrzną,
- stację meteorologiczną,
- GPS,
- kalibrator SV30 A.

5.4. Natężenie ruchu pojazdów w trakcie trwania pomiarów

- Średnia prędkość pojazdów wynosiła 80 km/h.
- Średnia liczba pojazdów lekkich wynosiła 1902 pojazdów/h.
- Średnia liczba pojazdów ciężkich wynosiła 1188 pojazdów/h.

5.5. Wyniki pomiarów

Tabela 4. Wyniki pomiarów w punktach odniesienia (referencyjnym) i odbioru

Wartość poziomu równoważnego za czas pomiaru $L_{A,eq}$ dB	Wartość poziomu maksymalnego w czasie pomiaru $L_{A,M}$, dB	Wartość poziomu równoważnego za czas pomiaru $L_{A,eq}$, dB	Wartość poziomu maksymalnego w czasie pomiaru $L_{A,M}$, dB
punkt odniesienia		punkt odbioru	
*P*1 74,0	*P*1 88,8	*P*2 68,0	*P*2 68,7
*P*1 74,1	*P*1 86,0	*P*3 60,1	*P*3 64,0
*P*1 74,7	*P*1 88,1	*P*4 58,7	*P*4 62,8
*P*1 73,6	*P*1 84,4	*P*5 55,1	*P*5 55,7
*P*1 74,2	*P*1 86,1	*P*6 56,2	*P*6 56,8
Hałas tła		43,9	47,2

Wykonano obliczenia, mające na celu wyznaczenie różnicy w poziomach ciśnienia akustycznego w poszczególnych punktach odbioru przed i po instalacji ekranów, według wzorów

$$\Delta L_B = L_{\mathrm{ref},B} - (L_{r,B} - C_r)$$

$$\Delta L_A = L_{\mathrm{ref},A} - (L_{r,A} - C_{r'})$$

gdzie:

$\Delta L_{r,B}$ – poziom ciśnienia akustycznego przed instalacją, w punkcie odbioru, dB;
$\Delta L_{r,A}$ – poziom ciśnienia akustycznego po instalacji, w punkcie odbioru, dB;
$L_{\mathrm{ref},B}$ – poziom ciśnienia akustycznego przed instalacją, w punkcie odniesienia, dB;
$L_{\mathrm{ref},A}$ – poziom ciśnienia akustycznego po instalacji, w punkcie odniesienia, dB;
C_r i C_r – współczynniki korekcyjne uwzględniające usytuowanie punktu odbioru, dB, dla pola swobodnego w obszarze półkolistym równego 0 dB.

Tabela 5. Obliczone wartości różnic poziomu akustycznego

Wartość poziomu równoważnego za czas pomiaru $L_{A,eq}$ dB	Wartość poziomu maksymalnego w czasie pomiaru $L_{A,M}$, dB	ΔL_B, dB	ΔL_A, dB
punkt odniesienia		punkt odbioru	
*P*1 74,0	*P*1 88,8	*P*2 6,0	*P*2 20,1
*P*1 74,1	*P*1 86,0	*P*3 14,0	*P*3 22,0
*P*1 74,7	*P*1 88,1	*P*4 16,0	*P*4 25,3
*P*1 73,6	*P*1 84,4	*P*5 18,5	*P*5 28,7
*P*1 74,2	*P*1 86,1	*P*6 18,0	*P*6 29,3

Została obliczona pośrednia skuteczność ekranu D_{IL}' przy wykorzystaniu wzoru

$$D_{IL}' = \Delta L_B - \Delta L_A, \mathrm{dB}$$

$$P4\ D_{IL}' = 9{,}3\ \mathrm{dB}$$

$$P5\ D_{IL}' = 10{,}2\ \text{dB}$$

$$P6\ D_{IL}' = 11{,}3\ \text{dB}$$

6. PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule przedstawiono metodę pośrednią wyznaczania skuteczności ekranów akustycznych. Podczas badań stwierdzono, iż najwyższa skuteczność tłumienia ekranów akustycznych zauważalna jest tuż za ekranem. Wraz ze wzrostem odległości od ekranu akustycznego jego efektywność maleje.

Na skuteczność ekranu wpływa nie tylko rodzaj materiału, z którego został wykonany, ale również stan techniczny i sposób jego montażu. W rzeczywistości skuteczność tłumienia hałasu całego ekranu jest niższa, niż zakładana skuteczność tłumienia poszczególnych jego elementów. Średnia skuteczność badanego ekranu akustycznego wynosi 10,27 dB.

Ekrany akustyczne nie tylko obniżają natężenie hałasu spowodowane ruchem kołowym, przyczyniają się również do zmniejszenia zanieczyszczenia pyłami. Osoby mieszkające za ekranami nie widzą „źródła zanieczyszczenia”, co wpływa na zmniejszenie świadomości uciążliwości ruchu samochodowego.

Ekrany akustyczne nie eliminują problemu zanieczyszczenia środowiska hałasem, przyczyniają się jednak do jego poprawy zarówno w sposób bezpośredni, przez obniżenie natężenia hałasu, jak i pośredni, czyli poprawę poczucia bezpieczeństwa osób za nimi mieszkających.

Literatura

1. Engel Z. (2002): Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Warszawa, Wydaw. Naukowe PWN.
2. Engel Z., Sadowski J. red. (2005): Ochrona środowiska przed drganiami w Polsce. Praca zbiorowa. Warszawa, Komitet Akustyki PAN, Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB.
3. PN-ISO 10847:2002 Akustyka. Wyznaczanie *in situ* skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych wszystkich rodzajów.
4. Rozporządzenie (2008): Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. dotyczące metodyki referencyjnej wykonywania pomiarów hałasu w środowisku pochodzącego od instalacji i urządzeń. Dz. U. Nr 206, poz. 1291.
5. Słowik T., Jackowska I., Piekarski W. (2008): Problemy zanieczyszczenia środowiska przez infrastrukturę transportową na przykładzie Roztoczańskiego Parku Narodowego. Lublin, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN.