



Temat specjalny

EKRANY AKUSTYCZNE ROZWIĄZANIEM GŁOŚNEGO PROBLEMU



fot. fotorince – Fotolia.com

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, zdjęcia: **NBI MEDIA**

Duże zmiany klimatu akustycznego spowodowane gwałtownym rozwojem komunikacji samochodowej w Polsce, a co za tym idzie, nadmierna emisja hałasu komunikacyjnego, stały się problemem zwłaszcza na terenach znajdujących się w bezpośredniej bliskości ciągów komunikacyjnych. Jednym z rozwiązań stosowanych w celu zmniejszenia hałasu związanego z ruchem drogowym są ekrany akustyczne, które dzięki różnorodnym formom, kształtom i kolorom wpisują się w lokalny charakter krajobrazu, minimalnie ingerując w środowisko naturalne.

Przed ekranami akustycznymi oprócz ich podstawowej funkcji stawia się szereg wymagań. Nie mogą stwarzać niebezpieczeństwa dla użytkowników drogi i innych osób przebywających w ich pobliżu, nie powinny pomagać w rozprzestrzenianiu się ognia czy też odbijać światło w sposób zagrażający bezpieczeństwu ruchu drogowego. Materiały, z których zbudowane są te urządzenia, nie mogą wydzielać szkodliwych gazów czy cieczy zarówno pod wpływem procesów naturalnych, jak i przemysłowych bądź na skutek działania ognia. Dodatkowo wymaga się od nich umożliwienia ewakuacji użytkowników dróg w razie ewentualnego zagrożenia. Ponieważ ekrany akustyczne są narażone na działanie różnych sił zewnętrznych, materiały do ich wykonania muszą uwzględniać także i te aspekty [1, 2]. Zwłaszcza że właściwy dobór osłony przeciwdźwiękowej pozwala na optymalizację

kosztów nie tylko w zakresie zakupu samych urządzeń, ale także ich późniejszej eksploatacji.

Skuteczność ekranu akustycznego – jak obliczyć?

Zgodnie z PN-ISO 10847:2002 [3] skuteczność ekranu akustycznego opisuje wzór:

$$D_{IL} = L_A - L_B$$

w którym L_A – poziom dźwięku w danym punkcie przed zainstalowaniem ekranu w dB, L_B – poziom dźwięku w danym punkcie po zainstalowaniu ekranu w dB.

Podkreśla się, by skuteczność wyznaczać dokładnie w tym samym punkcie przed i po wybudowaniu ekranu oraz przy nieziennej charakterystyce źródła hałasu. Dla ekranów, które powstaną w ciągach komunikacyjnych,

AKSOUND[®]
SYSTEM

SYSTEM PROFILI ALUMINIOWYCH DO BUDOWY
BEZBARWNYCH EKRAŃÓW AKUSTYCZNYCH

*NIE KAŻDA
DROGA
LEŻY
NA PUSTKOWIU...*

ŁÓDŹ
ul. Piekarska 27
www.aksound.pl

(42) 253 26 00
(42) 253 26 91
ekrany@aksound.pl



Rodzaj terenu	Rozporządzenie z 2007 r.		Rozporządzenie z 2012 r.		Różnice dopuszczalnego poziomu hałasu w [dB]	
	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]		Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]		Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]	
	Drogi lub linie kolejowe					
	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]w porze dziennej L_{AeqD} dla 16 godzin dnia (6.00–22.00)	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]w porze nocnej L_{AeqN} dla 8 godzin nocy (22.00–6.00)	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB] w porze dziennej L_{AeqD} dla 16 godzin dnia (6.00–22.00)	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB] w porze nocnej L_{AeqN} dla 8 godzin nocy (22.00–6.00)	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB] w porze dziennej L_{AeqD} dla 16 godzin dnia (6.00–22.00)	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB] w porze nocnej L_{AeqN} dla 8 godzin nocy (22.00–6.00)
1) Strefa ochronna A uzdrowiska 2) Tereny szpitali poza miastem	50	45	50	45	0	0
1) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej 2) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży (w przypadku braku wykorzystania w nocy L_{AeqN} nie obowiązuje) 3) Tereny domów opieki społecznej 4) Tereny szpitali w miastach	55	50	61	56	6	6
1) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego 2) Tereny zabudowy zagrodowej 3) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe (w przypadku braku wykorzystania w nocy L_{AeqN} nie obowiązuje) 4) Tereny mieszkaniowo-usługowe	60	50	65	56	5	6
Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	65	55	68	60	3	5

Na podstawie: Buczek P.: *Zmiana kosztów budowy zabezpieczeń akustycznych w związku z wejściem w życie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012, poz. 1109)*. GDDKiA. Warszawa 2012, s. 3

należy dokonywać pomiarów przy podobnym natężeniu ruchu i strukturze strumienia pojazdów. W przypadku, kiedy przeprowadzenie pomiarów w podobnym środowisku nie jest możliwe, należy wprowadzić dodatkowy punkt referencyjny charakteryzujący źródło. Ponieważ skuteczność oceny dźwiękoszczelnej ekranu zależy od położenia punktu obserwacji, wraz ze wzrostem odległości od ekranu oraz wzrostem wysokości punktu obserwacji jest ona coraz niższa. Dlatego największa skuteczność notowana jest w punktach zlokalizowanych na niewielkich wysokościach bezpośrednio za ekranem. Wpływ własności materiałowych ekranu ma tu drugorzędne znaczenie, stąd ich wpływ w obliczeniach jest słusznie pomijany. W praktyce bowiem przy izolacyjności wyższej niż 20 dB energia fali akustycznej przenikającej przez materiał ekranu jest znacznie mniejsza od energii fali akustycznej załamanej na krawędzi górnej lub krawę-

dziach bocznych ekranu oraz fali bezpośredniej docierającej z miejsc nieekranowanych [4].

Na etapie projektowania ekranów akustycznych ich skuteczność może być obliczana na podstawie metod Delany'ego, Meakawy'ego, Rettingera, Redfearna czy VDI-2720. Ekran ma stanowić nieprzepuszczalną barierę akustyczną, a poziom dźwięku za nim jest funkcją odległości i ugięcia fali akustycznej na krawędzi górnej ekranu. Za nim tworzy się obszar tzw. cienia akustycznego. Jego rozkład jest zależny od długości fali oraz od parametrów geometrycznych układu. Dla metod Redfearna, Delany'ego i Meakawy'ego skuteczność ekranu wyrażana jest jako różnica dróg promienia fali ugiętej na krawędzi ekranu i fali bezpośredniej δ lub liczba Fresnela $N = 2\delta/\lambda$ określona jako iloraz wielkości δ i połowy długości fali akustycznej. Określając efektywność ekranowania ΔL_e zgodnie z charakterystyką korekcyjną A, przyjmuje się długość fali równą $\lambda = 0,68$ m, co



odpowiada częstotliwości $f = 500$ Hz. W metodzie Rettingera wyznacza się wskaźnik w zależności od geometrii układu, wartość x , y dla odpowiednich całek Fresnela, a następnie oblicza efektywność ekranowania. Aby wyznaczyć skuteczność ekranowania metodą VDI-2720, należy wykonać szereg obliczeń uwzględniających m.in. geometrię terenu, odbicie fal dźwiękowych od powierzchni drogi, współczynnik korekcji warunków atmosferycznych itp. W [5] zawarto szczegółowy opis tych metod, zaś w [6] można znaleźć ich porównanie.

Obecnie dzięki zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania wspomagającego proces projektowania zabezpieczeń akustycznych możliwe jest uwzględnienie większości zjawisk istotnie wpływających na propagację fali akustycznej. Zwykle umożliwiają one wykonanie trójwymiarowego modelu geometrycznego obszaru obliczeń, który uwzględnia naturalne ukształtowanie terenu, budynki i obiekty ekranujące, obszary zielone, pochłanianie gruntu, wpływ warunków meteorologicznych, a także inne obiekty ważne z punktu widzenia propagacji fali akustycznej. Wśród najpopularniejszych programów obliczeniowych wymienia się CadnaA, SoundPlan, LimaA, Immi [4].

Dopuszczalne poziomy hałasu

Rozporządzenie Ministra Środowiska z 1 października 2012 r. zastąpiło dotychczas obowiązujące rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Nowe normy są łagodniejsze w stosunku do wcześniej obowiązujących w zakresie dopuszczalnego poziomu hałasu komunikacyjnego, głównie drogowego. Porównanie dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku dla obu rozporządzeń przedstawiono w tabeli 1.

Jak wynika z badań NIK, po wprowadzeniu nowych przepisów i podniesieniu dopuszczalnego poziomu hałasu w zasadzie z dnia na dzień spadła liczba mieszkańców miast zagrożonych uciążliwymi odgłosami oraz miejsc wymagających ochrony akustycznej. Tymczasem także z informacji NIK wynika, że hałas drogowy przeszkadza ponad 50% mieszkańcom dużych miast. Co więcej, wytyczne WHO zalecają, aby nie narażać ludzi na hałas wyższy niż 40 dB. Zdaniem organizacji, poziom hałasu w porze nocnej w wysokości 55 dB ma zdecydowanie negatywny wpływ na zdrowie publiczne i ten poziom powinien być uważany za jedynie cel pośredni w sytuacjach, gdy osiągnięcie wytycznych nie jest z różnych powodów wykonalne. Taka sytuacja nie może być jednak regułą, a wyjątkiem. Stąd zmiana dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku nie może wynikać ze złe pojętej oszczędności nakładów na realizację ekranów akustycznych. Oczywiście, ich rozmieszczenie powinno być dyktowane zdrowym rozsądkiem, tak by rzeczywiście chronić przed hałasem miejsca szczególnie na niego narażone, a ekrany stosować z zachowaniem przepisów o ochronie środowiska i zasadami fizyki. Obecnie w resorcie środowiska pracuje powołany w listopadzie 2014 r. zespół, który ma przygotować kompleksowe zmiany w obszarze przeciwdziałania hałasowi. Wnioski mają być znane pod koniec pierwszego kwartału 2015 r.

Wybór osłon przeciwhałasowych

Zadaniem osłony przeciwdźwiękowej jest obniżenie poziomu hałasu do wartości dopuszczalnych przepisami. Mechanizm działania osłon przeciwhałasowych polega na pochłonięciu fali dźwiękowej, czyli jej wyłumieniu wewnątrz ekranu, lub odbiciu. Na wybór konkretnej osłony mają wpływ liczne czynniki, w tym natężenie ruchu drogowego (także jego wzrost w przyszłości), struktura rodzajowa i średnia prędkość poruszających się pojazdów, rodzaj nawierzchni drogi, powierzchnia i topografia terenu dostępnego pod budowę osłony, odległość od terenów chronionych, wreszcie wizja projektanta. Oprócz tych elementów zastosowane osłony przeciwhałasowe muszą posiadać certyfikaty zaświadczające o spełnianiu norm izolacyjności oraz pochłaniałości, a także norm bezpieczeństwa [1, 2, 7, 8].

Osłony przeciwdźwiękowe można podzielić na trzy grupy, przyjmując jako kryterium podziału rodzaj użytych materiałów. Najestetyczniejszym, lecz równocześnie najmniej skutecznym rozwiązaniem są pasy zieleni, charakteryzujące się dużą przepuszczalnością dźwięków. Rośliny w stanie ulistnionym tłumią hałas w zakresie 0,05–0,5 dB na 1 m szerokości przegrody, w stanie bezliściowym – w zakresie 0,01–0,2 dB. Najlepsze wskaźniki osiągają żywopłoty oraz drzewa iglaste. Zaletą stosowania pasów zieleni jest ich jednoczesna funkcja filtra chroniącego przed niektórymi zanieczyszczeniami powietrznymi oraz pyłem pochodzącym z dróg (niektóre rośliny jednak są na nie wrażliwe). Z drugiej strony wykorzystanie pasów zieleni w funkcji przeciwhałasowej wymaga czasu związanego z osiągnięciem wymaganej wysokości roślin, stąd to rozwiązanie planuje się często na etapie powstawania ciągów komunikacyjnych, kiedy możliwe jest także zaplanowanie odpowiedniej powierzchni dla zakładanego rozwiązania [9]. Jako osłony przeciwhałasowe wykorzystuje się także sztuczne lub naturalne formy terenowe, w tym najczęściej wały ziemne, które charakteryzują się najlepszą wśród osłon skutecznością – redukują hałas nawet o 25 dB. Choć to rozwiązanie zarówno pod względem kosztów budowy, jak i utrzymania (zwłaszcza przy powstającym ciągu komunikacyjnym) jest korzystne, problematyczna staje się konieczność zapewnienia dużej powierzchni podstawy wału. Dlatego stosuje się je zwykle na obszarach chronionych lub zamiejskich [5].

Najpopularniejszymi środkami do walki z hałasem komunikacyjnym są ekrany akustyczne wykonane z naturalnych lub sztucznych materiałów – szeroko dostępne specjalne obiekty liniowe. Najważniejszą częścią konstrukcji ekranu przeciwhałasowego jest jego wypełnienie. Zastosowany w tym celu materiał decyduje o właściwościach akustycznych konstrukcji oraz o kosztach związanych z inwestycją.

Jednym z najwcześniej stosowanych rozwiązań chroniących przed hałasem komunikacyjnym są betonowe panele akustyczne, zbudowane zwykle jako nośna płyta żelbetonowa, do której mocuje się płyty o właściwościach przeciwdźwiękowych, np. z trocinobetonu lub keramzytobetonu. Tego typu wypełnienie cechuje się bardzo dobrymi właściwościami izolacyjnymi przy słabszej pochłaniałości. Panele betonowe to stosunkowo

drogie rozwiązanie, są przy tym jednak bardzo trwałe i odporne na działanie warunków atmosferycznych.

Kolejnym rozwiązaniem są panele typu zielona ściana. W Polsce bardzo popularna, stosowana zwłaszcza w terenach miejskich, jest odmiana stalowa. Ekran tego typu składa się z ramy z kątowników oraz siatki z prętów zbrojeniowych. W środku wypełnia się je materiałami o dobrych właściwościach akustycznych, a grubość wypełnienia zależy od żądanych parametrów akustycznych. Drewniana wersja paneli typu zielona ściana, zbudowanych z ramy drewnianej z jednej strony obitej deskami, a z drugiej listwami z panelem wypełnionym materiałem o właściwościach akustycznych, pod względem właściwości akustycznych niewiele się różni od wersji stalowej. Estetyczny wygląd paneli drewnianych niesie za sobą większe koszty, także w kwestii późniejszego utrzymania – drewnianą konstrukcję trzeba średnio co pięć lat pokrywać specjalną warstwą ochronną zapobiegającą korozji drewna. Zieloną ścianę w założeniu powinna po jakimś czasie porastać zieleń, zarówno ze względów estetycznych, jak i po to, aby poprawić właściwości akustyczne konstrukcji. Jak jednak pokazuje praktyka, w polskich warunkach jest to trudno osiągalne. Raz, ze względu na roczną amplitudę temperatury powietrza, utrudniającą wzrost roślinności, dwa – z powodu związków chemicznych używanych do zimowego utrzymania przejezdności dróg, przedostających się na pobocze i degradujących glebę.

Kolejnym stosowanym rozwiązaniem jest wypełnienie kasetowe. Kasety to elementy w postaci skrzynek z profilowanych blach, połączonych i zamkniętych z boku blachami lub elementami z PVC, wypełnione materiałem o właściwościach przeciwdźwiękowych. Jednym z bardzo popularnych w Polsce rozwiązań są kasety aluminiowe, wypełnieniem zbliżone do paneli typu zielona ściana, jednak posiadające dodatkowo warstwę perforowanego aluminium. Stosowane są zarówno jako panele pochłaniające, jak i odbijające. Oprócz dobrych właściwości akustycznych posiadają niewątpliwą zaletę estetyczną – ich produkcja jest możliwa w dowolnej kolorystyce. Bardzo podobne właściwości cechują panele stalowe. Pomimo że koszt ich zakupu nie jest wysoki, w polskich warunkach atmosferycznych ulegają korozji, dlatego odchodzi się od ich stosowania. Dobre właściwości akustyczne oraz wysoka estetyka konstrukcji to zalety paneli wykonanych z PCV. Oprócz tego są szybkie i łatwe w montażu i mogą być produkowane w bardziej niż inne ekrany nasyconych kolorach. Na niekorzyść tego rozwiązania przemawia stosunkowo wysoka cena oraz możliwość zmiany właściwości mechanicznych pod wpływem działania promieni słonecznych.

By uzyskać przezroczysty ekran przeciwhałasowy, najczęściej stosuje się wypełnienie z płyt. Najpopularniejszym rozwiązaniem są płyty z polimetakrylanu metylu, które mogą być nieuzbrojone lub zbrojone (np. dla bezpieczeństwa zbrojone płyty stosuje się na obiektach inżynieryjnych). Choć są to najdroższe rozwiązania na rynku, cechuje je wysoki współczynnik przepuszczalności światła oraz bardzo dobre właściwości izolacyjne. Niestety nie pochłaniają hałasu. Alternatywnym rozwiązaniem jest wypełnienie ekranów akustycznych szkłem hartowanym, które może być klejone z kilku warstw, aby poprawić właściwości akustyczne i zwiększyć jego wytrzymałość. Wraz z liczbą zastosowanych warstw wzrasta także cena. Innym rodzajem wypełnienia są płyty poliwęglanowe. Pomimo korzystnej ceny mają także wady. Są

nimi mała odporność na promieniowanie UV oraz stosowanie mniejszych formatów niż w innych płytach ze względu na małą sztywność.

Do najbardziej czasochłonnych rozwiązań należą ekrany o konstrukcji samonośnej, zbudowane z elementów drobnowymiarowych, np. gazonów lub pustaków przeciwdźwiękowych, wykonanych zwykle z różnych rodzajów betonu. Ponieważ wszystkie elementy konstrukcji są układane ręcznie, to można z nich formować różne kształty, jednak pod taką konstrukcją konieczna jest odpowiednio duża działka. Niewątpliwymi zaletami ekranów o konstrukcji samonośnej są trwałość i wytrzymałość na działanie warunków atmosferycznych [9].

Koszty utrzymania i eksploatacji

Ekran przeciwhałasowy to nie jednorazowy wydatek, powstający w momencie ich kupna i montażu. Producenci i wykonawcy osłon przeciwhałasowych udzielają zwykle pięcioletniej gwarancji na trwałość konstrukcji, jednak w gestii zarządcy drogi leży troska o ich konserwację i bieżące utrzymanie. Przed podjęciem decyzji o konkretnym rozwiązaniu należy rozważyć mocne i słabe strony stosowanych wypełnień. W polskich warunkach klimatycznych największym zagrożeniem dla ekranów akustycznych jest korozja. Jeśli chodzi o bieżące utrzymanie ekranów akustycznych, związane jest ono głównie z myciem zabrudzeń komunikacyjnych oraz usuwaniem graffiti. O ile zabrudzenia komunikacyjne są łatwe do usunięcia, o tyle usuwanie graffiti wiąże się z wysokimi kosztami. Aby ich uniknąć, można położyć na panelach specjalną warstwę ochronną. Zwiększa to jednak koszty na etapie budowy.

Literatura

- [1] PN-EN 1794-1 *Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Cz. 1. Właściwości mechaniczne i stateczność.*
- [2] PN-EN 1794-2 *Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Cz. 2. Ogólne bezpieczeństwo i wymagania ekologiczne.*
- [3] PN-ISO 10847:2002. *Akustyka. Wyznaczenie skuteczności zewnętrznych ekranów akustycznych w warunkach rzeczywistych.*
- [4] Boczkowski A.: *Kilka uwag o projektowaniu ekranów akustycznych. „Management Systems in Production Engineering”* 2013, No. 2, pp. 32–36.
- [5] Engel Z., Sadowski J., Stawicka-Wałkowska M., Zaremba S.: *Ekran akustyczne. Ministerstwo OŚNiL, Instytut Mechaniki i Wibroakustyki AGH. Kraków 1990.*
- [6] Boczkowski A., Komoniewski M.: *Weryfikacja algorytmów obliczania efektywności ekranowania drogowych ekranów akustycznych w warunkach rzeczywistych. Materiały XXXI Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych. Gliwice–Szczyrk 2003, s. 13–20.*
- [7] PN-EN 1793-1:2001 *Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Metoda badania w celu wyznaczenia właściwości akustycznych. Cz. 1. Właściwa charakterystyka pochłaniania dźwięku.*
- [8] PN-EN 1793-2:2001 *Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Metoda badania w celu wyznaczenia właściwości akustycznych. Cz. 2. Właściwa charakterystyka izolacyjności od dźwięków powietrznych.*
- [9] Zawieska J.: *Ekran akustyczne – regulacje prawne i stosowane rozwiązania – cz. I. „Inżynier Budownictwa”* 2012, nr 10, s. 52–56.



SYSTEM PROFILI ALUMINIOWYCH DO BUDOWY BEZBARWNYCH EKRAŃÓW AKUSTYCZNYCH

System AKSOUND przeznaczony jest do budowy bezbarwnych ekranów akustycznych.

W skład systemu AKSOUND wchodzi profile, z których można zbudować kasety wypełnione przezroczystymi płytami z tworzyw sztucznych nadających się do budowy ekranów akustycznych i posiadających odpowiednie badania i deklaracje CE.

Profile przystosowane są do oprawiania płyt o różnych grubościach.

Wymiary zmontowanych kaset zależne są od parametrów technicznych płyt, ich rozmiaru oraz wymagań wytrzymałościowych ujętych w projekcie budowlanym.

ŁÓDŹ

ul. Piekarska 27

www.aksound.pl

(42) 253 26 00

(42) 253 26 91

ekrany@aksound.pl

