

SPOSOBY CZĘŚCIOWEJ REDUKCJI HAŁASU TRANSPORTU MIEJSKIEGO

Artykuł przedstawia sposoby ograniczenia hałasu, czyli możliwości tłumienia fal akustycznych emitowanych przez środki transportu miejskiego. Zamierzeniem autora jest przedstawienie niektórych sposobów ograniczenia hałasu w transporcie miejskim oraz popularyzacja prostych rozwiązań, które mają równie proste uzasadnienia techniczne.

Częściowa redukcja hałasu, to w istocie częściowe ograniczenie uciążliwości wynikające z ruchu ulicznego. Nie są to też zabiegi w formie doraźnych środków ograniczenia hałasu transportu miejskiego i nie należy zaliczać do nich na przykład ograniczeń prędkości poszczególnych środków transportu, bowiem jest to działanie mało skuteczne i często iluzoryczne. Podobnie jak stosowanie zabiegów w postaci wymiany okien na dźwiękoszczelne, odpowiednia izolacja dźwiękowa pomieszczeń mieszkalnych i biurowych, które dotyczą tylko grup ludzi przebywających w tych pomieszczeniach. Sposoby częściowe należy odróżnić od pełnych i trwałych oraz całkowicie skutecznych metod inżynierskich redukcji hałasu, których budowa poprzedzona jest analizą skuteczności i kosztu realizacji określonych urządzeń. Częściowy sposób ochrony przed hałasem nie oznacza też krótkotrwałych i tymczasowych instalacji odpowiednich urządzeń. Stałe urządzenia ochrony przed hałasem w postaci ekranów, ścian kurtynowych czy osłon należą do rozwiązań kosztownych. Zasady budowy i skuteczności tych budowli określa szereg norm i pozycji bibliograficznych wymienionych choćby jako [3], [4] i [5].

Głównymi „emitentami” hałasu w komunikacji miejskiej dużych miast są tramwaje i autobusy. Zarówno w odniesieniu do tramwajów, jak i miejskiego transportu samochodowego można stosować sposoby mniej kosztowne i systematycznie wdrażać różnego rodzaju rozwiązania, które przynoszą określone efekty rozłożone w czasie, np. tzw. wyciszania nawierzchni szynowej bądź budowa cichej nawierzchni drogi.

Niemal od dwóch lat w kraju na stronach internetowych dużych miast publikowane są mapy akustyczne.

Wskazują one jak dalece hałas powodowany przez ruch komunikacyjny jest uciążliwy dla mieszkańców miasta. Kilkanaście map zamieszczonych na stronach Urzędu Miasta Warszawa [6] pomija jednak fakt zjawiska refrakcji, interferencji fal akustycznych i ogólnie znanych zjawisk fizycznych polegających na „nakładaniu” się fal. W rezultacie uzyskujemy nieco zniekształcony obraz natężenia dźwięków pochodzących z różnych źródeł, lecz oddzielnie kwalifikowanych, w zestawieniach od ruchu samochodowego, transportu szynowego i lotniczego. Można odnieść wrażenie, że długotrwała ekspozycja na hałas w sąsiedztwie dzielnic mieszkaniowych przesuwają granice uciążliwości: już 65 dB wywołuje stany nerwicowe i brak możliwości regeneracji organów słuchu.

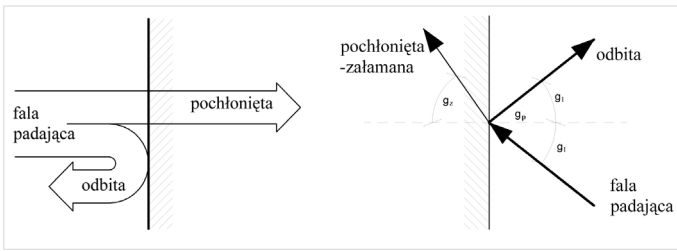
Klasyfikując najogólniej wszelkie urządzenia redukujące hałas emitowany do otoczenia szlaku komunikacyjnego należy wymienić grupy urządzeń:

- instalowanych przy źródle emisji fal akustycznych, to znaczy osłony podwozi i kół pojazdów szynowych i samochodowych, ciche nawierzchnie dróg samochodowych i elementy tłumiące w nawierzchniach dróg szynowych, osłony dyspersji fali akustycznej itd.,
- lokalizowanych w bezpośrednim otoczeniu stref ochrony przed hałasem, to znaczy szczelne okna budynków mieszkalnych, ekrany elewacyjne i okienne, mury i ściany osłon akustycznych poszczególnych stref budynków, zwarte zadrzewienia i zakrzewienia stref przy budynkach, w których przebywają ludzie itd.

Bezspornie, najskuteczniejszym sposobem ograniczenia wpływu hałasu na otoczenie jest stworzenie pewnego dystansu pomiędzy źródłami jego emisji a odbiorcami tych uciążliwości. Takie rozwiązania w warunkach miejskich nie mogą być na ogół brane pod uwagę, ze względu na intensywność zabudowy miejskiej.

Mechanizmy tłumienia i rozpraszania fal akustycznych są znane w technicznych podstawach fizyki. Do opisu podstawowego zjawiska rozchodzenia fal dźwiękowych należą odbicia i tłumienia dźwięków jako fal. Fala dźwiękowa, która pada na ośrodek o innej oporności akustycznej zostaje częściowo odbita, a częściowo pochłonięta. Jej kąt padania γ_1 równa się kątowi odbicia γ_2 (rys.1).

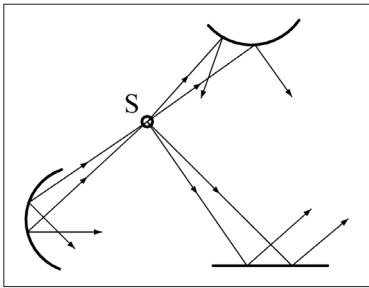
¹ dr inż., Politechnika Warszawska, Zakład Inżynierii Komunikacyjnej, k.gradkowski@il.pw.edu.pl, <http://wektor.il.pw.edu.pl/~zik/p-gradkowski-o.html>



Rys.1. Schemat odbicia i pochłaniania fali dźwiękowej przy jej padaniu.

Powierzchnia przeszkody i jej struktura charakteryzowana jest przez współczynnik odbicia i pochłaniania. Współczynnik odbicia wyraża stosunek energii fali odbitej do energii fali padającej. Współczynnik pochłaniania jest różnicą jedności i współczynnika odbicia.

Na kształt fali odbitej wpływa kształt przeszkody. Przeszkoda wklęsła skupia fale, wypukła rozprasza, a płaska odbija bez zmiany kształtu fali (rys.2).



Rys.2.
Odbicie fali dźwiękowej
od powierzchni płaskiej,
wypukłej, wklęsłej

Z fizyki zjawiska wiadomo, że zakres tłumienia dźwięku przez poszczególne materiały zależy w sposób zasadniczy od ich porowatości, na którą składają się między innym tzw. kawerny *Holzmana*. Droga odrębnych testów podejmuje się próby ustalenia optymalnych kształtów i rozmiarów takich kawern oraz ich zakres różnorodności. Najczęściej stanowią tzw. porowatość materiałów izolacyjnych, np. styropianów. Zadanie nie jest złożone w przypadkach przyjęcia normowego i jednolitego kryterium porównywania. Do oceny pochłaniania dźwięku przez przegrodę lub ekran służy wskaźnik pochłaniania dźwięku DL_α . Oblicza się go wg PN-EN 1793-1:2001 z zależności:

$$DL_\alpha = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{S_i} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right|$$

gdzie:

- α_{S_i} – współczynnik pochłaniania dźwięku w i -tym paśmie częstotliwości o szerokości 1/3 oktawy,
- L_i – poziom dźwięku A hałasu drogowego zmierzony w pasmach 1/3 oktaowych.

Współczynnik pochłaniania dźwięku α_s jest ilorazem równoważnego pola powierzchni dźwiękochłonnej badanej próbki A_T do jej pola powierzchni S . Określa się go, wg EN ISO 354:2003, ze wzoru:

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S}$$

gdzie:

- A_T – równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej badanej próbki [m^2],
- S – pole powierzchni dźwiękochłonnej próbki [m^2].

W wyniku dyfrakcji współczynnik α_s może mieć wartości większe niż 1,0.

Innym zagadnieniem jest fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku definiowany jako stosunek energii pochłoniętej do padającej. Jest on zawsze mniejszy od jedności, a z powyższego wynika, że są to parametry wynikające z porównań własności różnych materiałów wykorzystywanych w ograniczaniu rozchodzenia się fali dźwiękowej, w tym także pochodzenia roślinnego.

Stwierdzono doświadczalnie, że fale dźwiękowe są pochłaniane i rozpraszane przez powierzchnie terenów pokrytych roślinnością. Zielen w stanie ulistnionym tłumia hałas w zakresie 0,03–0,35 [dB] na 1 m szerokości przegrody, w stanie bezlistnym 0,01–0,20 [dB]. Najlepszą izolacyjność akustyczną mają drzewa iglaste. Drzewa iglaste tłumia dźwięki o niższych częstotliwościach niż liściaste. Według badań drzewa liściaste odbijają 8% energii akustycznej, przez liście przechodzi 36%, a 56% zostaje rozproszone. Szereg węższych pasów zieleni bardziej tłumia hałas niż jeden pas zieleni o większej szerokości. Wrażliwość biologicznych procesów wegetacyjnych roślin na spaliny ogranicza ich stosowanie w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu. Obecnie wyodrębniono i zmodyfikowano pewne rodzaje krzewów i traw, które są bardzo odporne na trudne warunki wzrostu w sąsiedztwie intensywnie eksploatowanych dróg i są skuteczne w rozpraszaniu i tłumieniu fal akustycznych.

Środki częściowe ograniczeń wpływu hałasu na otoczenie zawierają się w grupie pierwszej. Są to w pewnym sensie tzw. półśrodki, lecz ich skuteczności nie można nie doceniać. Ich zastosowanie często nie jest zbyt kosztowne i na ogół rozwiązania tego typu nie mogą być traktowane jako docelowe i ostateczne.

Jako proste przykłady środków częściowego ograniczania hałasu, w tym również komunikacyjnego, można wymienić:

- tłumiące przegrody z powierzchni trawiastych, roślinności, żywopłotów z krzewów, które mają również pewne walory estetyczne (fot. 1),



Fot. 1.
Ochrona
z roślinności
(fot. autor)

- osłony podwozi, kół i silników pojazdów szynowych i samochodowych, wykorzystujące refrakcje i dyspersję fali akustycznej (fot. 2),



Fot. 2. Osłona podwozia tramwaju (fot. autor)

- para-ekrany z pryzm ziemnych drewna, roślin, a niekiedy śnieżnych itp. (np. fot. 3).



Fot. 3. Nasyp z pokrywa trawiastą (fot. autor)

Należy zwrócić uwagę, że większość zabiegów ograniczających emisję hałasu w miastach powinna dotyczyć jego największego „emitenta”, czyli tramwaju. System komunikacji tramwajowej, obok wszystkich swoich zalet i popularności powinien być ciągle udoskonalany w zakresie;

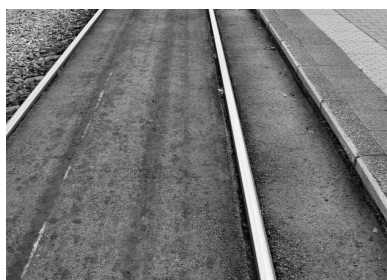
- odpowiednich silników trakcyjnych,
- kół przystosowanych do montażu absorbentów fali dźwiękowej,
- stosowania modyfikatorów tarcia kół i szyn także na łukach,
- stosowania zakresów prędkości o możliwie najmniejszym hałasie.

W uwagach na temat częściowych i niejako doraźnych sposobów ograniczenia hałasu nie można pominąć efektywnych i przyjaznych środowisku „wyciszeń” miejskich dróg szynowych trawami (fot.4). Efektywność tego rodzaju pokryć trawiastych w tłumieniu fali dźwiękowej jest tym większa, że pozwalają one na dłuższe i „porowate” utrzymywanie śniegu na całych obszarach nawierzchni miejskiej drogi szynowej, który w tym znaczeniu odgrywa pozytywną rolę.



Fot. 4. Wytlumienie nawierzchni tramwajowej pokryciem trawy w Bazylei (fot. autor)

Urządzenie trawników w obrębie pasa nawierzchni drogi szynowej jest o wiele tańsze niż rozwiązanie polegające na „wytlumieniu” nawierzchni poprzez pokrycie warstwą odpowiedniego rodzaju bitumu (fot. 5). Nie może być jednak stosowane na każdym odcinku linii tramwajowej, ze względu na inne okoliczności ruchu miejskiego.



Fot. 5.
Tłumiące pokrycie bitumiczne
nawierzchni tramwajowej
(fot. autor)

Zwraca też uwagę staranność wykonania stref przejściowych łuku, na którym emisja hałasu jest znacznie większa niż na odcinkach prostych. W tych strefach zastosowano dodatkowe okładziny szyn redukujących rezonans mechaniczny nawierzchni.

W dużych miastach procent populacji narażonej na hałas o natężeniu szkodliwym dla zdrowia jest dwu- i trzykrotnie większy niż na pozostałych obszarach. Prawie 17% populacji Europy (około 113 mln.) jest narażona na hałas powyżej 65 dB. Dlatego też, nawet najprostsze sposoby, choćby częściowego zmniejszenia uciążliwości hałasu warte są zastosowania, bowiem mogą się złożyć na pewną sumę redukcji zakresu hałasu. Powszechne stosowanie prostych sposobów graniczeń hałasu może być skuteczniejsze od wieloletnich programów ochrony środowiska przed hałasem.

Bibliografia

1. Gradkowski K., *Ograniczenie hałasu w metrze w Miami*, „Transport Miejski”, 1990, nr 9, str. 158–160.
2. Gradkowski K., *Gruntowe ekrany ochrony akustycznej*, „Drogownictwo”, 2007, nr.3, str.96–99.
3. Olszacki J., *Hałas ruchu drogowego. Część 2. Mechanizm tłumienia hałasu*, „Drogownictwo”, 2008, nr 4, str. 118 – 122.
4. Towpik K., *Oddziaływanie wibroakustyczne transportu kolejowego na środowisko i sposoby ich ograniczenia*, „Problemy kolejnictwa”, 2000, zeszyt 131, str. 41 – 68.
5. Lebieowska B., *Hałas wokół autostrad. Metody prognozowania*, Politechnika Łódzka, Łódź 1998.
6. *Mapy akustyczne Warszawy*, <http://mapaakustyczna.um.warszawa.pl>.