

ANALIZA POJEDYNCZEGO WYDARZENIA AKUSTYCZNEGO W ZMIENNEJ STRUKTURZE URBANISTYCZNEJ

LEBIEDOWSKA Barbara ¹
BEAUMONT Jacques ²

¹ Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, Politechnika Łódzka

² Naukowy Narodowy Instytut Transportu, Laboratorium Transport-Środowisko, Lion-Bron, Francja

ANALYSIS OF A SINGLE ACOUSTIC EVENT IN A CHANGEABLE URBAN STRUCTURE

An acoustic event consisting in a single vehicle passing in basic urban structures, such as streets with buildings on one side and on both sides, is examined in the paper. The acoustic factor (noise level) and the dynamics of the phenomenon (time of the occurrence of the phenomenon and its increase rate) are discussed. The analysis is based on the results of simulation calculations conducted using the Mirthra software.

STRESZCZENIE

Artykuł analizuje przebieg wydarzenia akustycznego, stanowiącego przejazd pojedynczego pojazdu samochodowego w podstawowych strukturach urbanistycznych, takich jak ulica jednostronnie oraz dwustronnie zabudowana. Analizie poddano czynnik akustyczny (poziom dźwięku) oraz dynamikę zjawiska (czas pojawiania się zjawiska oraz tempo jego narastania). Analizę oparto na wynikach obliczeń symulacyjnych przeprowadzonych przy zastosowaniu oprogramowania Mihtra.

1. WSTĘP

Tło akustyczne, nawet jeśli jest ono stosunkowo wysokie, to jest to zwykle hałas o charakterze ustalonym i jego poziom oscyluje wokół pewnej stałej wartości w sposób nieznaczny. Do takiego hałasu, ucho ludzkie, z wpływem czasu przystosowuje się, choć jego oddziaływanie na organizm może być również negatywne.

Inaczej wygląda reakcja człowieka na gwałtownie pojawiający się, o wysokim poziomie hałas, nawet jeśli jest to hałas krótkotrwały. Szczególnie przykro jest to odbierane w porze wypoczynku nocnego, kiedy wydarzenie akustyczne typu przejazd samochodu czy motocykla zakłóca sen. Sposób pojawiania się takiego hałasu, jego prędkość narastania oraz poziom, decydują o jego odbiorze przez wymuszonego słuchacza.

2. POJEDYNCZE WYDARZENIE AKUSTYCZNE

Hałas środowiska jest superpozycją hałasu tła akustycznego (L^0_{AeqT}) oraz powtarzających się (n) wydarzeń akustycznych (L^n_{AeqT} ; $1 < n < \infty$), co można zapisać dla czasu obserwacji T zależnością (1):

$$L_{AeqT} = 10 \log \left(10^{0,1L_{AeqT}^0} + \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{AeqT}^i} \right) \quad (1)$$

Rozważając przypadek pojedynczego wydarzenia akustycznego ($n = 1$) w sytuacji gdy poziom tła akustycznego jest znacznie niższy niż poziom dźwięku emitowanego w tym wydarzeniu $L_{AeqT}^0 \ll L_{AeqT}$ ($L_{AeqT} - L_{AeqT}^0 > 10 \text{ dB}$) zależność (1) przybiera postać:

$$L_{AeqT} = L_{AeqT}^1 \quad (2)$$

Poziom ekspozycji hałasu pojedynczego wydarzenia akustycznego trwającego t (s) można w sposób ogólny zapisać [4], [5]:

$$E_A = \int_0^t (p_A)^2 dt \quad (3)$$

co w konsekwencji prowadzi do poziomu ekspozycji wyrażonego zależnością (4):

$$L_{AE} = 10 \lg \frac{E_A}{p_0^2 \cdot t_0} \quad (4)$$

gdzie: $(p_0)^2 \cdot t_0 = (2 \cdot 10^{-5})^2$ - ekspozycja odniesienia, niekiedy nazywana też "ekspozycją progową" [1], wyrażona w Pa^2s .

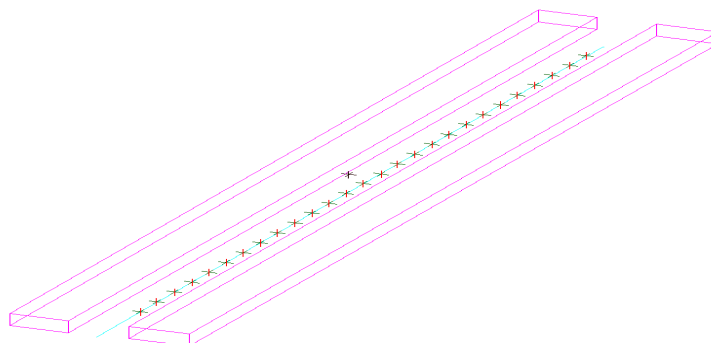
Przy założeniu czasu obserwacji T równemu czasowi trwania pojedynczego wydarzenia akustycznego $T=t$, poziom ekspozycji równy jest poziomowi równoważnemu dźwięku (5).

$$L_{AeqT} = L_{AE} \quad (5)$$

3. METODOLOGIA

Analizie poddano przejazd pojedynczego pojazdu, poruszającego się z prędkością V_1 i V_2 . Dla obu przypadków prędkości przejazdu, założono taki sam poziom mocy akustycznej pojazdu.

Rozpatrzono 3 przypadki układów urbanistycznych, w których pojawia się analizowane wydarzenie akustyczne [1]. Jest to: przestrzeń otwarta (0), ulica jednostronnie zabudowana (L) i ulica obustronnie zabudowana (U) (rys.1).



Rys.1 Schemat analizowanego układu (przypadek „U”)
Fig. 1 – Diagram of an examined street type „U”

Trasę przejazdu zasymulowano kolejnymi położeniami pojazdu, dzieląc całość pokonywanej drogi na równe odcinki. Uzyskano w ten sposób kilkanaście jego położen (rys.1). Każdy z punktów położenia pojazdu stanowi źródło punktowe emitujące hałas w momencie dotarcia do niego pojazdu.

Punkt odbioru sygnałów akustycznych umieszczono w odległości 10 m od trasy przejazdu w sposób symetryczny do całości przejazdu. Wysokość położenia punktu obserwacji wynosiła 10,5 m, a wysokość położenia źródła hałasu 0,5 m.

Jako poziom progowy hałasu, od którego przyjęto jego uciążliwość, założono 50 dB/A. Tło akustyczne przyjęto jako nie przekraczające 40 dB/A, co pozwala na zaaplikowanie zależności (2) oraz (5).

Symulacje i obliczenia wykonano z wykorzystaniem metody NMPB przy użyciu pakietu francuskiego oprogramowania Mithra.

4. OBLICZENIA SYMULACYJNE

4.1. Dane wejściowe

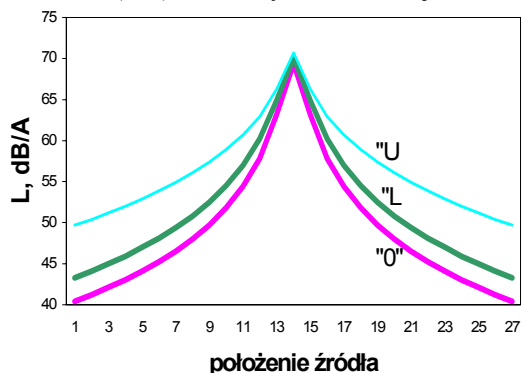
Dane liczbowe, wykorzystane w obliczeniach numerycznych zestawiono w Tabeli 1.

TABELA 1. Dane do obliczeń symulacyjnych
TABLE 1. Parameters of simulation calculations

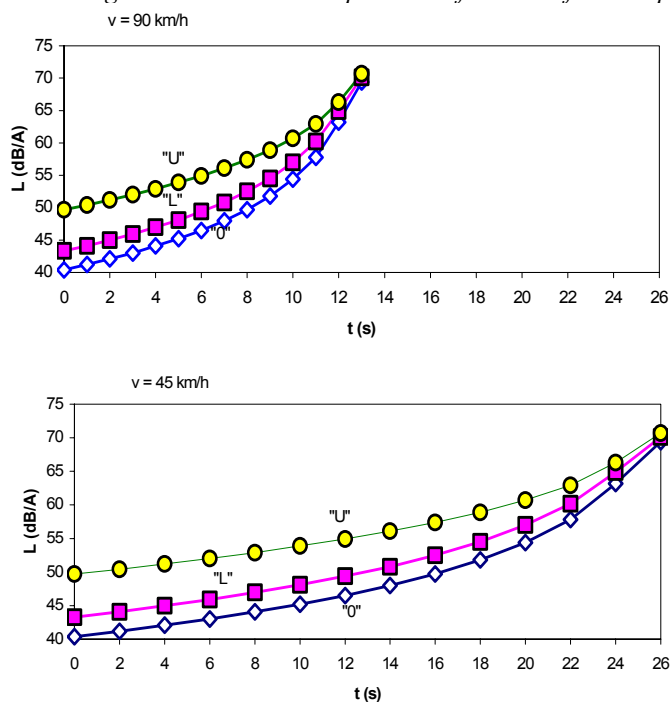
Rodzaj danych	Wielkość liczbową	Uwagi
Ilość położen źródła punktowego	27	Położenie źródła nr 14 – w osi symetrii układu, na wprost punktu odbioru
Długość trasy przejazdu	26 x 25m = 625m	-
Prędkość przejazdu	$V_1 = 90 \text{ km/h}$, $V_2 = 45 \text{ km/h}$	$V_1/V_2=2$
Moc akustyczna źródła punktowego	$L_w = 100,4 \text{ dB/A}$	$L_{w1}=L_{w2}=L_w$

4.2. Wyniki obliczeń

Rysunek 1 prezentuje wyniki obliczeń numerycznych wartości poziomu dźwięku A w punkcie obserwacji, przy różnych położeniach przejeżdżającego pojazdu. Poszczególne krzywe reprezentują wartości odpowiednio dla przestrzeni niezabudowanej („0”), ulicy zabudowanej jednostronnie („L”) oraz ulicy zabudowanej dwustronnie („U”).



Rys.2. Poziom dźwięku w punkcie obserwacji przy różnych położeniach źródła hałasu
Fig. 2. Noise level changes at the observation point as a function of source position



Rys.3. Dynamika wydarzenia akustycznego
Fig. 3. Dynamic of noise event

Kolejny rysunek (rys. 3) przedstawia dynamikę zjawiska, przy 2 różnych prędkościach przemieszczania się pojazdu: $v = 90$ km/h oraz przy prędkości $v = 45$ km/h, od chwili pojawienia się wydarzenia, do chwili kiedy poziom dźwięku osiąga wartość maksymalną (położenie źródła w punkcie nr 14). Dalszy przebieg krzywych opisujących dynamikę wydarzenia będzie symetryczny w stosunku do wartości maksymalnej poziomu dźwięku A.

4.3. Analiza wyników obliczeń

4.3.1. Wpływ struktury zabudowy

Zmiana struktury urbanistycznej, przy tym samym wydarzeniu akustycznym spowodowała znaczne różnice w poziomie dźwięku A, który dociera do punktu obserwacji. W tabeli 2 zestawiono porównawczo różnice w poziomie dźwięku pomiędzy poszczególnymi typami zabudowy, dla kolejnych położenia źródła hałasu, odniesione do poziomu dźwięku w terenie niezabudowanym.

Przy położeniu źródła znacznie oddalonego od punktu obserwacji różnice te są kilkakrotnie większe niż te pochodzące od źródła znajdującego się w pobliżu punktu obserwacji. Tak więc, wpływ struktury zabudowy jest znacznie większy przy odległym położeniu źródła niż w sytuacji gdy źródło znajduje się w pobliżu punktu odbioru.

TABELA 2. Różnice w poziomie dźwięku w punkcie obserwacji odniesione do terenu bez zabudowy dla poszczególnych położenia źródła

TABLE 2. Differences in noise level in relation to urban structure for individual position of noise source

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L-0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,4	1,7	0,7
U-0	9,3	9,2	9,1	9,0	8,8	8,6	8,4	8,0	7,6	7,0	6,2	5,0	3,1	1,2

4.3.2. Analiza dynamiki zjawiska

Porównując dynamikę zjawiska wyrażoną tempem narastania hałasu $V_{\Delta L}$ (dB/s) w przestrzeni otwartej i przestrzeni zabudowanej, obserwuje się również znaczne różnice, co przedstawiono w tabeli 4. Prędkość narastania hałasu w przestrzeni otwartej („0”) jest około 1.5 razy większa niż w terenie zabudowanym typu „U”.

Tabela 4. Średnie tempo narastania hałasu $V_{\Delta L}$ (dB/s)

TABLE 4. Mean values of increase rate $V_{\Delta L}$ (dB/s)

	$V_{\Delta L}$ (dB/s)	
	$v_1 = 90$ km/h	$v_2 = 45$ km/h
„0”	3,94	1,97
„L”	3,50	1,75
„U”	2,66	1,33

4.3.3. Dynamika zjawiska a rodzaj zabudowy

Istotnym też jest fakt rozpoczęcia wydarzenia akustycznego (t.j. przekroczenia poziomu dźwięku równego 50 dB/A), co rzutuje na długość jego trwania. Najwcześniej w naszym przypadku pojawiło się omawiane wydarzenie w przypadku zabudowy dwustronnej („U”), bo już w chwili $t = 0$ sekund, podczas gdy w zabudowie jednostronnej („L”) pojawia się ono dopiero po 6 sekundach a w terenie niezabudowanym („0”) dopiero po 8 s, przy prędkości przejazdu $v = 90$ km/h. Jeśli pojazd porusza się z prędkością 45 km/h, to oczywistym jest fakt, że czas pojawiania się tego wydarzenia akustycznego w każdym przypadku zabudowy będzie dwukrotnie niższy.

5. PODSUMOWANIE

Oczywistym jest fakt, że w analizowanym przypadku, czas trwania wydarzenia oraz tempo narastania hałasu jest funkcją prędkości przemieszczającego się źródła hałasu. Jeżeli prędkość pojazdu jest większa to czas trwania zjawiska wprawdzie jest krótszy, ale tempo narastania hałasu większe.

Jak wykazały badania i analizy [4], przy prędkości narastania poziomu dźwięku w sygnale akustycznym (V_{AL} , dB/s) większym niż 15 dB/s, odczuwalny poziom dźwięku jest wyższy niż rzeczywisty. Przyczyną tego zjawiska są odruchy bezwarunkowe odbiorcy oraz brak czasu na racjonalną ocenę zjawiska: reakcja strachu.

Tak więc w odbiorze sygnałów akustycznych obok poziomu energii emitowanej przez źródło hałasu istotnymi kryteriami są również tempo narastania hałasu oraz czasu trwania zjawiska. W przypadkach wysokiego poziomu tła akustycznego [2], to ostatnie może istotnie wpływać zarówno na poziom całkowity hałasu jak i na długość trwania wydarzenia akustycznego jak i tempo jego narastania.

Wspólna ocena wszystkich czterech parametrów może w przyszłości doprowadzić do ustalenia kryteriów oszacowywania przestrzeni urbanistycznych z punktu widzenia klimatu akustycznego.

6. LITERATURA

1. LEBIEDOWSKA Barbara: Impact of transport noise in relation to urban planning, Rapport INRETS LTE 0313, 2003.
2. LEBIEDOWSKA Barbara: Acoustic Background and Transport Noise in Urbanised Areas - a note on the of relative classification of the city soundscape. Przyjęte do druku w Transportation Research Part D, Elsevier.
3. LEBIEDOWSKA Barbara: Noise event in urban space - case study, ICSV12, Lisbon, Portugal, 2005.
4. MAKAREWICZ Rufin: Hałas w środowisku, OWN Poznań 1996.
5. MIGNERON Jean-Gabriel : Acoustique urbaine. Masson Québec, Presses de l'Université Laval, 1980.



Dr inż.
Barbara LEBIEDOWSKA
Katedra Fizyki Budowli
i Materiałów Budowlanych
Politechniki Łódzkiej
Zainteresowania : akustyka urbanistyczna
i akustyka środowiska
e-mail : lebarbar@p.lodz.pl



Profesor
Jacques BEAUMONT
Dyrektor Naukowy
Narodowy Instytut Transportu,
Laboratorium Transport-Środowisko.
Lion-Bron, Francja
Zainteresowania : akustyka środowiska
e-mail: jacques.beaumont@inrets.fr