

Analiza możliwości modelowania uciążliwości akustycznej spowodowanej hałasem drogowym

Analysis of possibilities modeling the noise nuisance caused of road traffic noise

WALDEMAR PASZKOWSKI
MAREK KOMONIEWSKI *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.173

Przedstawiono możliwości wspomagania zadań analizy uciążliwości akustycznej hałasu drogowego z wykorzystaniem map akustycznych. Zaproponowano model identyfikacji zdarzeń akustycznych wywołanych źródłami liniowymi w środowisku. Model uwzględnia parametry obiektów środowiska o charakterze ilościowym i jakościowym.

SŁOWA KLUCZOWE: uciążliwość akustyczna, hałas drogowy, modelowanie, mapa akustyczna

There were presented possibilities of supporting analysis of acoustic nuisance of road traffic with the use of acoustic maps. There was proposed a model of identification of acoustic events caused in the environment by linear sources. The model takes into account parameters of objects in the environment, both of quantitative and qualitative nature.

KEYWORDS: noise nuisances, road traffic noise, modeling, acoustic map

Efekty narażenia na hałas w środowisku miejskim mogą być rozpatrywane w odniesieniu do parametrów źródeł dźwięku oraz cech obiektów kształtujących to środowisko [2, 4]. Ocena uciążliwości hałasowej poza charakterem obiektywnym percepcji ma również istotne znaczenie subiektywne. Podejmowane badania nad oceną uciążliwości hałasowej przy wykorzystaniu strategicznych map akustycznych odnoszą się do interpretacji długookresowych wskaźników średnich poziomów dźwięku (L_{DWN} , L_N), odpowiadającym wartościom emisji dźwięku dla pory dziennej i nocnej. Za kryteria rozstrzygające w badaniach uciążliwości akustycznej uznaje się spełnienie bądź niespełnienie wymagań formalnych – na podstawie zestawienia dopuszczalnych długookresowych średnich poziomów dźwięku z otrzymanymi wartościami emisji dźwięku. Zdaniem autorów niniejszego artykułu ocena uciążliwości hałasowej wyrażona ilościowo równoważnym poziomem dźwięku oraz wskaźnikami długookresowymi poziomu dźwięku jest ograniczona i niewystarczająca. Z wieloletnich badań nad dokuczliwością hałasową wynika, że L_{Aeqt} jest dobrze skorelowany z postrzeganiem głośności dźwięku. Głośność jest na ogół skorelowana z dokuczliwością wywołaną dźwiękiem. Jednakże, w postrzeganiu dwóch różnych dźwięków o tej samej głośności występują dodatkowe czynniki, jak: ostrość, chropowatość lub zmienność, które są silnie związane z subiektywną oceną dokuczliwości hałasowej [8]. Artykuł przedstawia próbę reprezentacji modelu zdarzeń akustycznych hałasu drogowego i modelowania oceny własności akustycznych obiektów środowiska przy wykorzystaniu map akustycznych. Wyniki badań podjętych w tym obszarze wskazują na możliwości wspomagania zadań oceny akustycznej środowiska ze względu na podobieństwo cech obiektów i zastosowanie metody entropii informacji [5÷7]. Artykuł jest wynikiem badań statutowych, realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, w ramach pracy 13/030/BK_1b/0024.

* Dr inż. Waldemar Paszkowski (waldemar.paszowski@polsl.pl); dr inż. Marek Komoniewski (marek.komoniewski@polsl.pl) – Politechnika Śląska

Reprezentacja modelu zdarzeń akustycznych hałasu drogowego w identyfikacji energii akustycznej środowiska miejskiego

Na podstawie [1] model akustyczny ruchu pojazdów samochodowych może być rozpatrywany jako zagadnienie propagacji dźwięku. Dla emisji dźwięków bezpośrednich przyjmuje się model fali cylindrycznej jako efekt promieniowania dla źródła liniowego. Intensywność fali cylindrycznej I dla pojedynczego źródła przyjmuje postać:

$$I = \frac{N}{S} = \frac{N}{2 \cdot \Pi \cdot r \cdot l} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1)$$

gdzie: N – moc akustyczna źródła [W], r – odległość od źródła do odbiornika [m], l – długość źródła [m].

W przypadku złożonym, gdy występuje więcej niż jedno źródło liniowe, zapis można sprowadzić do postaci:

$$I_i = N_j \cdot \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot r_{ji} \cdot l_j} \quad (2)$$

Każda z powierzchni stanowiącej potencjalne odbicie energii akustycznej może powodować częściowe jej pochłanianie. Dlatego w odwzorowaniu charakteru propagacji dźwięku w środowisku w zapisie (2) wprowadza się dodatkowo współczynniki pochłaniania powierzchni odbijających α_i , charakteryzujące ich strukturę i cechy materiałowe. Wówczas równanie (2) przyjmie postać:

$$I_i = N_j \cdot \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot r_{ji} \cdot l_j} \cdot \Pi(1 - \alpha_k) \quad (3)$$

Uogólniona postać formuły dla dowolnej liczby punktów odbioru energii akustycznej w środowisku, uwzględniająca związki mocy akustycznych źródeł dźwięku i odległości pomiędzy poszczególnymi źródłami oraz punktami odbioru, przyjmuje postać:

$$|I| = |N| \cdot [A] \quad (4)$$

Elementy wektora $|N|$ oraz macierzy $[A]$ opisują stan środowiska akustycznego dla danej chwili czasowej odpowiadającej losowemu zdarzeniu akustycznemu.

Elementy macierzy $[A]$ spełniają formułę:

$$a_{ik} = \frac{(1 - \alpha_k)}{2 \cdot \Pi \cdot r_{ji} \cdot l_j} \quad (5)$$

Elementy a_{ik} macierzy $[A]$ pozwalają identyfikować własności akustyczne środowiska pod względem ilościowym i jakościowym. W szczególności elementy a_{ik} wyrażają ilościowo modele geometryczne źródeł liniowych i relacje przestrzenne pomiędzy położeniem źródeł i punktami odbioru. Jakościowe znaczenie elementów a_{ik} sprowadza się do reprezentacji modelu struktur oraz cech materiałowych przegród obiektów

opisujących własności pochłaniania dźwięku, z uwzględnieniem położenia modeli źródeł i modeli punktów odbioru.

Możliwości modelowania oceny własności akustycznych obiektów środowiska

Percepcja dźwięku w środowisku uzależniona jest głównie od zmiennych i niezmiennych parametrów obiektów, które wpływają na kształtowanie się warunków akustycznych. Środowisko miejskie charakteryzuje się przede wszystkim zmiennością warunków percepcji dźwięku – ze względu na występowanie w nim zmiennych parametrów działania źródeł dźwięku. Do niezmiennych parametrów obiektów opisujących warunki akustyczne w środowisku można zaliczyć między innymi: układ przestrzenno-architektoniczny zabudowy, układ infrastruktury komunikacyjnej, tereny zielone, własności pochłaniające i izolujące przegród.

Związek pomiędzy energią pochłoniętą i padającą wyraża współczynnik pochłaniania dźwięku α :

$$\alpha = \frac{I_{poch}}{I_{pad}} \quad (6)$$

Chłonność akustyczna A w rozpatrywanym modelu środowiska uwzględnia powierzchnie ścian S_i obiektów pochłaniających dźwięki oraz przypisane im współczynniki α_i charakteryzujące się zmiennością wynikającą z grubości przegrody i jej cech materiałowych. Uogólniona postać chłonności akustycznej w środowisku po normalizacji przyjmuje wielkość uśrednioną:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha \cdot S_i}{S} \quad (7)$$

Jako punkt wyjścia do badań nad oceną własności akustycznych obiektów w środowisku przyjęto następujące założenie wstępne:

- gdy $0 < A < 0,5$ – przyjmuje się, że środowisko miejskie wykazuje obniżoną podatność na pochłanianie dźwięku,
- gdy $0,5 < A < 1$ – przyjmuje się, że środowisko miejskie wykazuje zwiększoną podatność na pochłanianie dźwięku.

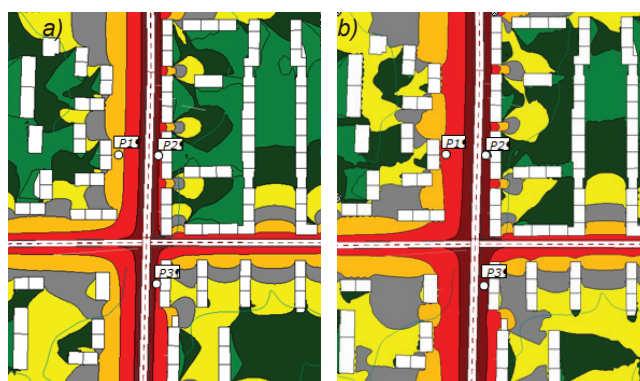
Przykład modelowania i symulacji hałasu drogowego w środowisku miejskim

Przedstawiono przykład modelowania i symulacji rozkładu dźwięku (mapy hałasu) w środowisku zurbanizowanym z uwzględnieniem wpływu energii dźwięków bezpośrednich i odbitych. Dla przyjętego układu przestrzenno-architektonicznego zabudowy i typowego układu komunikacyjnego (zabudowa mieszkaniowa wielorodzinna, skrzyżowanie dwóch dróg) w zaznaczonych punktach odbiorczych (P1-P3) wyznaczono wartości poziomu dźwięku dla różnych zdarzeń akustycznych.

Symulację przeprowadzono dla następujących wariantów:

- obliczenia bez uwzględnienia odbić dźwięku od fasad budynków – wartość energii fali padającej (I_{pad}),
- obliczenia z uwzględnieniem jednego odbicia dźwięku i współczynnika pochłaniania fasad budynków $\alpha = 0$ – co odpowiada możliwości wyznaczenia maksymalnej energii fali odbitej (I_{odb}),
- obliczenia z uwzględnieniem jednego odbicia dźwięku i współczynnika pochłaniania fasad budynków $\alpha = 0,2$ – co odpowiada gładkim fasadom budynków i możliwości wyznaczenia energii fali odbitej,
- obliczenia z uwzględnieniem jednego odbicia dźwięku i współczynnika pochłaniania dźwięku budynków $\alpha = 0,4$ – co odpowiada fasadom budynków z balkonami i możliwości wyznaczenia energii fali odbitej dla takiego przypadku.

Wyniki przeprowadzonych symulacji zestawiono w tablicy.



Rysunek. Rozkład poziomu dźwięku w terenie zurbanizowanym uzyskany z wykorzystaniem oprogramowania Cadna A: a) bez odbić dźwięku, b) z uwzględnieniem odbić dźwięku

TABLICA. Zestawienie wyników symulacji

Wariant	1	2	$\Delta = 2-1$ (maks.)	3	$\Delta = 3-1$	4	$\Delta = 4-1$
Liczba odbić	0	1		1		1	
α dla fasad	–	0		0,2		0,4	
P1 dB	58,0	60,4	2,4	60,2	2,2	60,1	2,1
P2 dB	64,9	66,9	2,0	66,6	1,7	66,2	1,3
P3 dB	64,7	66,5	1,8	66,2	1,5	65,8	1,1

Analizy takie mogą mieć szczególne znaczenie w przypadku oceny oddziaływania energii fal akustycznych bezpośrednich i odbitych w zależności od rodzaju zabudowy: intensywnej śródmiejskiej, wielorodzinnej czy jednorodzinnej. Zakłada się, że przedstawiony przykład symulacji będzie stanowić podstawę do opracowania i weryfikacji modelu uwzględniającego cechy subiektywne dźwięku (głośność) w ocenie akustycznej środowiska miejskiego.

Podsumowanie

Przedstawiona propozycja modelowania uciążliwości akustycznej obejmuje rozkład energii akustycznej z uwzględnieniem odwzorowania cech obiektów środowiska miejskiego i relacji przestrzennych pomiędzy źródłami i punktami odbioru. Podjęta tematyka traktowana jest jako próba identyfikacji jakości akustycznej terenów środowiska miejskiego zagrożonych hałasem drogowym.

LITERATURA

1. Cempel Cz. „Wibroakustyka stosowana”. PWN, Warszawa 1989.
2. Komoniewski M., Loska A., Paszkowski W., Wyczółkowski R. „Przegląd możliwości i potrzeb wspomagania zarządzania i monitorowania systemu wodociągowego w ujęciu idei SmartCity”. *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*. T. 2 pod red. R. Knosali. Oficyna wyd. Polskiego Tow. Zarządz. Prod., 2016, s. 570+583.
3. Loska A. “Modelling of technical structure of municipal engineering systems driven by the SmartMaintenance idea: multi-model concept”. Monografia pod red. R. Knosali: *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2016, t. 2, s. 606+618.
4. Loska A. “Methodology of variant assessment of exploitation policy using numerical taxonomy tools”. *Management Systems in Production Engineering* 2015; No 2(18), pp. 98+104.
5. Paszkowski W. „Innowacyjna metoda oceny hałasu drogowego w środowisku miejskim”. Red. R. Knosala: *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wyd. Pol. Tow. Zarządz. Prod., Opole 2015, Konferencja Innowacje w Zarządz. i Inżynierii Produkcji, Zakopane, luty 2015, t. 2, s. 810+818.
6. Paszkowski W. „Innowacyjne metody kształtowania jakości akustycznej terenów zurbanizowanych z wykorzystaniem entropii informacji”. *Mechanik* 7/2014, s. 513+522.
7. Preis A., Kociński J., Hafke-Dys H., Wrzosek M. “Audio-visual interaction in environment assessment”. *Science of the Total Environment* 523 (2015), pp. 191+200.