

dr hab. inż. Jacek Nurzyński, prof. nadzw. ITB¹⁾

Wpływ hałasu lotniczego na warunki zamieszkania

The impact of aircraft noise on living conditions in residential areas

DOI: 10.15199/33.2015.08.06

Streszczenie. Hałas lotniczy, który składa się z pojedynczych zdarzeń akustycznych, jest bardziej dokuczliwy niż wszystkie inne rodzaje hałasu komunikacyjnego. Oceniając jego wpływ na warunki zamieszkania, należy uwzględnić równoważny poziom dźwięku oraz wartości maksymalne i liczbę zdarzeń występujących w okresie odniesienia. W artykule przedstawiono uproszczoną metodę określania średniego maksymalnego poziomu hałasu lotniczego w oparciu o dane zawarte na mapach akustycznych. Przedyskutowano również możliwość oceny izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej w skali całego roku, z uwzględnieniem okresów, w których okna są zamknięte i otwarte.

Słowa kluczowe: akustyka budowlana, hałas lotniczy, izolacyjność akustyczna.

Abstract. Aircraft noise, which is composed of a number of intermittent acoustic events, is more annoying than any other transportation noise. When assessing its impact on living conditions in residential areas the long term equivalent sound level should be considered as well as the maximum noise levels and the number of events. A simplify method for evaluation of an average maximum aircraft noise level is proposed based on a strategic noise map data. Possible evaluation and assessment of an external wall total sound insulation referring to the whole year, taking account of periods with open and closed windows, is also discussed.

Keywords: building acoustics, aircraft noise, sound insulation.

Tereny położone w sąsiedztwie portów lotniczych, lotnisk i lądowisk pozostają w zasięgu oddziaływania hałasu lotniczego, który wpływa ujemnie na warunki zamieszkania, przy czym można wyróżnić dwa zasadnicze aspekty tych wpływów – pierwszy wiąże się z jakością akustyczną terenu i ograniczoną możliwością jego wykorzystania, drugi dotyczy warunków panujących we wnętrzu budynków. Pod względem formalnym ocena warunków akustycznych występujących na zewnątrz podlega przepisom środowiskowym, natomiast wymagania dotyczące ochrony wnętrza budynku przed hałasem lotniczym leżą w gestii prawa budowlanego; niestety przepisy te nie są ze sobą spójne. Spod formalnej oceny wymyka się sytuacja występująca na styku budynku i środowiska zewnętrznego, a więc warunki panujące na balkonach, loggiach oraz wewnątrz pomieszczeń przy otwartych oknach.

Specyfika hałasu lotniczego

W subiektywnej ocenie odbiorcy hałas lotniczy, który występuje w postaci pojedynczych zdarzeń akustycznych, jest bardziej dokuczliwy niż hałas drogowy czy kolejowy o takim samym poziomie dźwięku [1]. Na jego dokuczliwość wpływa nie tylko poziom równoważny rozpatrywany w długotrwałym okresie odniesienia, ale również wartości

maksymalne występujące podczas pojedynczych operacji lotniczych, a także liczba tych operacji [2]. Kryterium odnoszące się do maksymalnego poziomu dźwięku ma szczególne znaczenie przy ocenie warunków akustycznych występujących we wnętrzu budynku w porze nocnej. Hałas związany z pojedynczymi operacjami lotniczymi, nawet przy niskim poziomie równoważnym, może utrudniać zaśnięcie i powodować wybudzenie ze snu. Do miarodajnej oceny hałasu lotniczego ważny jest przyjęty czas odniesienia, zwłaszcza w przypadku lotnisk, które działają nieregularnie (np. lotniska wojskowe lub sportowe). Nawet jeżeli w skali roku jest niewiele dni lotnych i długookresowy równoważny poziom dźwięku jest stosunkowo niski, to stopień uciążliwości akustycznej okresowego działania lotniska może być bardzo duży.

Ocena warunków akustycznych panujących na zewnątrz

Podstawowym kryterium oceny hałasu panującego na zewnątrz jest długookresowy średni poziom dźwięku A. W działaniach strategicznych związanych z zarządzaniem hałasem środowiskowym stosowane są dwa podstawowe wskaźniki; **wskaźnik L_{DWN}** odnoszący się do pory dnia-wieczoru-nocy, oraz **wskaźnik L_N** odnoszący się tylko do pory nocnej. Uwzględniają one warunki występujące w okresie odniesienia obejmującym cały rok, a ich wartości w postaci izololinii są prezentowane na mapach akustycznych.

Oprócz wskaźników długookresowych, obowiązuje równoległe drugie kryterium oceny wyrażone **dopuszczalnymi poziomami hałasu L_{AeqD} i L_{AeqN}** , które odnoszą się odpowiednio do pory dziennej i nocnej podczas jednej doby. Wskaźniki te stosuje się do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska. Dotyczą konkretnych warunków występujących dowolnego dnia w roku. Abstrahując od dyskusji na temat, czy taka metodyka oceny jest miarodajna w przypadku źródeł emitujących hałas zmienny w czasie, to jednocześnie obowiązywanie dwóch różnych kryteriów oceny stwarza dość niezręczną sytuację. Jeżeli obiekt stanowiący źródło hałasu funkcjonuje okresowo lub nieregularnie, to zagwarantowanie dopuszczalnych wartości wskaźników długookresowych nie oznacza, że będą również spełnione wymagania określone wskaźnikami jednodobowymi przeznaczonymi do kontroli.

Obecnie w ocenie warunków akustycznych panujących na zewnątrz nie stosuje się kryterium maksymalnego poziomu dźwięku od pojedynczych zdarzeń akustycznych, chociaż w pewnym okresie obowiązywały wartości dopuszczalne odnoszące się do pojedynczych operacji lotniczych wyrażone za pomocą poziomu ekspozycyjnego SEL. Kryterium maksymalnego poziomu hałasu występuje natomiast w przepisach budowlanych dotyczących wymaganej izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych i stropodachów w obiektach budownictwa ogólnego narażonych na hałas lotniczy [3].

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Akustyki, e-mail: j.nurzynski@itb.pl

Obszar ograniczonego użytkowania

Na terenie, na którym przekroczony jest dopuszczalny poziom hałasu lotniczego, tworzy się obszar ograniczonego użytkowania. Obowiązują określone warunki jego zagospodarowania i sposób korzystania oraz określone wymagania techniczne odnoszące się do zabudowy. W obszarze ograniczonego użytkowania może się znajdować istniejąca zabudowa mieszkaniowa, ale także mogą powstawać nowe budynki, pomimo przekroczenia wartości dopuszczalnych. Wymagane jest wówczas zapewnienie odpowiedniej izolacyjności akustycznej zewnętrznej obudowy budynku zgodnie z ustawą Prawo budowlane [4] i przepisami wykonawczymi do tej ustawy [5]. W budynkach istniejących należy wprowadzić odpowiednie dodatkowe zabezpieczenia zapewniające właściwy klimat akustyczny w pomieszczeniach [6]. Podstawowym kryterium oceny prawidłowości zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, zapewniających właściwy klimat akustyczny wewnątrz, jest wypadkowa izolacyjność akustyczna całej ściany zewnętrznej. Prawidłowe ustalenie wymagań dotyczących tej izolacyjności jest sprawą zasadniczą zarówno w budynkach nowych, jak też istniejących.

Miarodajny poziom dźwięku

Punktem wyjścia przy ustalaniu wymaganej izolacyjności akustycznej zewnętrznych przegród w budynku jest miarodajny poziom dźwięku A występujący w odległości 2 m od fasady na poziomie rozpatrywanego fragmentu przegrody.

W odniesieniu do hałasu lotniczego należy uwzględnić zarówno kryterium oparte na równoważnym poziomie dźwięku, jak też na średnim maksymalnym poziomie dźwięku A zmniejszonym o 20 dB ($L_{Amax, \text{sr}} - 20$ dB). W przypadku portów lotniczych działających regularnie w porze dziennej i nocnej, o wymaganej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych z reguły decyduje sytuacja występująca w nocy oceniana za pomocą kryterium odnoszącego się do poziomu maksymalnego [7]. W porze nocnej średni maksymalny poziom dźwięku A określa się dla ośmiu godzin, jeżeli co najmniej osiem razy występuje hałas od pojedynczych operacji lotniczych o maksymalnym poziomie dźwięku A przekraczającym poziom równoważny co najmniej o 20 dB. Poziom średni oblicza się z poziomów maksymalnych spełniających wymienione warunki. Miarodajny poziom maksymalny jest wartością średnią

trzech najniekorzystniejszych miesięcy w roku, uwzględniając przewidywane zmiany ruchu lotniczego w perspektywie pięciu lat. Dokładne ustalenie miarodajnego poziomu dźwięku odnoszącego się do wartości maksymalnych jest skomplikowane, a w wielu przypadkach niemożliwe ze względu na brak odpowiednich danych. Występujące trudności nie mogą być jednak powodem pomijania maksymalnego poziomu dźwięku przy ustalaniu wymaganej izolacyjności akustycznej, ponieważ prowadziłyby do znacznego zaniżania wymagań odnoszących się do parametrów akustycznych ściany zewnętrznej. Można to zilustrować na przykładzie lotniska im. F. Chopina, gdzie najbliższa zabudowa mieszkaniowa jest usytuowana w strefie Z1, przylegającej bezpośrednio do terenu lotniska. Uwzględniając tylko kryterium poziomu równoważnego, wymagana wypadkowa izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej budynku zlokalizowanego w strefie 56 – 60 dB wynosiłaby $R_{A2}(R_{A1}) = 33$ dB, co jest nieadekwatne do ocenianej sytuacji. Przyjęcie wymagań na tak niskim poziomie oznaczałoby, że w bezpośrednim sąsiedztwie płyty lotniska nie trzeba stosować żadnych dodatkowych środków ochrony akustycznej budynku, wystarczą standardowe rozwiązania konstrukcyjne. Dopiero ocena dokonana z zastosowaniem miarodajnego maksymalnego poziomu hałasu stawia wymagania na odpowiednim poziomie.

Nowelizacja Polskiej Normy

Obecne prace nad nowelizacją normy [3] obejmują m.in. korektę metody wyznaczania miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu lotniczego, zmierzającą do skoordynowania zasad oceny stosowanych w przepisach budowlanych z wymaganiami środowiskowymi, dającą możliwość szerszego wykorzystania strategicznych map hałasu. Miarodajny równoważny poziom dźwięku w porze nocnej będzie odpowiadał wartości wskaźnika L_N podawanej na mapach, natomiast miarodajny maksymalny poziom hałasu lotniczego odniesie się jedynie do pory nocy i przy wyznaczaniu jego wartości będą uwzględniane tylko te operacje lotnicze, w przypadku których w danym punkcie $L_{Amax} \geq 70$ dB.

Zaproponowano uproszczoną metodę wyznaczania miarodajnego maksymalnego poziomu hałasu lotniczego w oparciu o wartość wskaźnika L_N przedstawiane na mapach hałasu. Wychodząc z założenia, że długookresowy poziom L_N jest obliczany na podstawie ekspozycyjnego poziomu dźwięku poszczegól-

nych zdarzeń akustycznych oraz liczby tych zdarzeń występujących w rozpatrywanym czasie odniesienia, średnią wartość poziomu ekspozycyjnego odnoszącą się do jednego zdarzenia można określić ze wzoru:

$$L_{AE} = L_N - 10 \log(n/T) \quad (1)$$

gdzie:

n – liczba zdarzeń akustycznych występujących w czasie odniesienia T .

W przypadku hałasu lotniczego wartość ekspozycyjnego poziomu dźwięku pojedynczej operacji można oszacować z empirycznej zależności [8]:

$$L_{AE} = 23,9 + 0,81L_{Amax} \quad (2)$$

Przekształcając oba równania, uzyskamy wzór na średnią wartość maksymalnego poziomu dźwięku w zależności od poziomu L_N i liczby zdarzeń występujących w danej lokalizacji. W związku z tym, że w zaproponowanej metodzie uśredniane są wszystkie wartości maksymalne (nie tylko wartości większe od 70 dB), wprowadzono dodatkową korektę +3 dB. Ostatecznie przyjęty wzór na średni maksymalny poziom hałasu ma postać:

$$L_{Amax} = [L_N - 10 \log(n)]/0,81 + 28,6 \text{ [dB]} \quad (3)$$

gdzie:

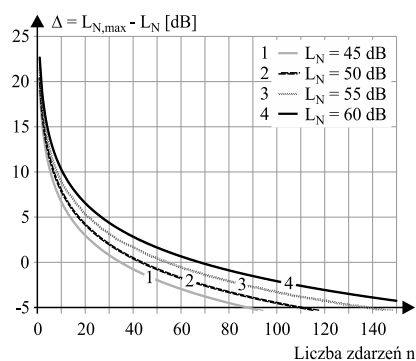
n – średnia liczba zdarzeń akustycznych w ciągu nocy w danym punkcie obserwacji (nie całkowita liczba operacji wykonywanych na danym lotnisku).

W celu zilustrowania różnicy, jaka występuje pomiędzy określoną tym sposobem wartością miarodajnego maksymalnego a wartością miarodajnego równoważnego poziomu dźwięku, oba kryteria sprowadzono do tej samej wartości dopuszczalnej. Założona różnica pomiędzy dopuszczalnym maksymalnym a dopuszczalnym równoważnym poziomem dźwięku A w pomieszczeniu wewnątrz budynku wynosi 20 dB (w obecnej normie jest stosowane kryterium $L_{Amax, \text{sr}} - 20$ dB, w nowelizowanej normie w przypadku budynków mieszkalnych wartość odniesienia dotycząca poziomu równoważnego w porze nocnej wynosi 25 dB, a poziomu maksymalnego 45 dB). Przy takim założeniu sprowadzona wartość wskaźnika $L_{N, \text{max}} = L_{A, \text{max}} - 20$ dB wynosi:

$$L_{N, \text{max}} = [L_N - 10 \log(n)]/0,81 + 8,6 \text{ [dB]} \quad (4)$$

Na rysunku 1 przedstawiono różnice pomiędzy sprowadzoną wartością poziomu maksymalnego $L_{N, \text{max}}$ a poziomem równoważnym L_N , w zależności od średniej liczby zdarzeń akustycznych występujących w ciągu nocy w danym punkcie. Kryterium miarodajnego maksymalnego poziomu ha-

ładu jest decydujące przy stosunkowo małej liczbie zdarzeń akustycznych. Różnica $\Delta = L_{N,max} - L_N$ przyjmuje wtedy wartości dodatnie. W przypadku 35 – 70 zdarzeń oba kryteria dają podobną ocenę, natomiast przy większej ich liczbie decydujące jest kryterium miarodajnego równoważnego poziomu dźwięku – taka sytuacja występuje w porze dziennej, dla której kryterium poziomu maksymalnego nie będzie brane pod uwagę. Przy ośmiu zdarzeniach akustycznych w ciągu nocy kryterium miarodajnego poziomu maksymalnego jest o 8 – 12 dB bardziej wymagające (rysunek 1), co dobrze koresponduje z obecnie stosowaną metodyką przy ustalaniu wartości ($L_{Amax, sr} - 20$ dB).



Rys. 1. Wartość różnicy $\Delta = L_{N,max} - L_N$ w zależności od liczby zdarzeń akustycznych
Fig. 1. The difference $\Delta = L_{N,max} - L_N$ versus the number of noise events

Przedstawiona metoda jest pewnym uproszczeniem, ale pozwala przeprowadzić szacunkowe obliczenia w oparciu o dane znajdujące się na ogólnodostępnej mapie hałasu. Średnią liczbę zdarzeń w rozpatrywanym punkcie można oszacować na podstawie ogólnych informacji dotyczących danego lotniska: liczby operacji w porze nocnej; liczby pasów startowych; rozkładu lotów itd. W przypadku lotnisk komercyjnych działających regularnie średnia liczba zdarzeń odnosi się do okresu jednego roku, a w przypadku lotnisk wojskowych i sportowych, które działają nieregularnie, sposób uśredniania powinien być dostosowany do rzeczywistych warunków występujących na danym lotnisku.

Izolacyjność akustyczna wyrażona w skali roku

Wymagana izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej jest uzależniona od konkretnych warunków akustycznych występujących w danej lokalizacji. Sposób jej wyznaczenia w odniesieniu do całej przegrody oraz poszczególnych elementów nie wymaga szerszego komentarza. Warto jednak zwrócić uwagę na sytuację, która w obecnych prze-

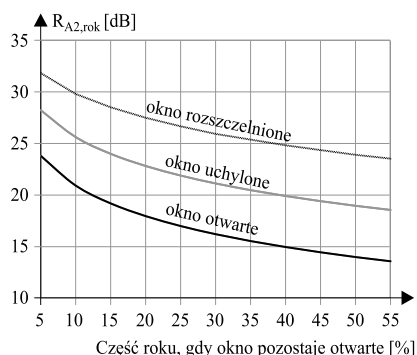
pisach nie jest uwzględniona. Wymagania akustyczne dotyczą pomieszczeń, w których okna i drzwi są zamknięte. Jednak w praktyce, w budynkach mieszkalnych, gdzie jest powszechnie stosowana wentylacja grawitacyjna, okna pozostają uchylone lub otwarte przez znaczą część roku. Oceniając warunki akustyczne wewnątrz budynku, jego jakość użytkową oraz poziom komfortu akustycznego w pomieszczeniach, należałoby się do tej sytuacji odnieść. Pomocnym parametrem może być izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej wyrażona w skali roku, z uwzględnieniem okresów, w których okna są otwarte i zamknięte [9]. Taka propozycja nawiązuje do strategicznych ocen hałasu środowiskowego, gdzie są stosowane wskaźniki długookresowe odnoszące się właśnie do jednego roku. **Długookresową wypadkową izolacyjność akustyczną ściany zewnętrznej** można określić wzorem:

$$R_{A2, rok} = -10 \log (p_o 10^{-0,1R_{A2, o}} + p_z 10^{-0,1R_{A2, z}}) \quad (5)$$

gdzie:

$R_{A2, rok}$ – wypadkowa izolacyjność akustyczna właściwa ściany w skali roku [dB];
 $R_{A2, o}$ – izolacyjność akustyczna właściwa ściany przy otwartych oknach [dB];
 $R_{A2, z}$ – izolacyjność akustyczna właściwa ściany przy zamkniętych oknach [dB];
 p_o – część roku, w której okna pozostają otwarte;
 p_z – część roku, w której okna pozostają zamknięte, $p_z = 1 - p_o$.

Zakładając, że izolacyjność akustyczna okna zamkniętego, wyrażona wskaźnikiem R_{A2} , wynosi ok. 30 dB, natomiast okna z otwartym lub uchylonym skrzydłem 5 – 15 dB, można oszacować izolacyjność wypadkową w odniesieniu do jednego roku. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki obliczeń wykonanych wg wzoru (5), które ilustrują zmiany wypadkowej izolacyjności akustycznej całej ściany zewnętrznej w za-



Rys. 2. Wypadkowa izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej wyrażona w skali roku, $R_{A2, rok}$, z uwzględnieniem okresu, kiedy okna są otwarte

Fig. 2. Total sound insulation of an external wall related to the period of a year, $R_{A2, rok}$ taking account of periods when windows are open.

leżności od czasu, w którym okna są otwarte. W obliczeniach przyjęto, że okna stanowią 25% powierzchni całej ściany, a wskaźnik izolacyjności akustycznej części pełnej wynosi $R_{A2} = 45$ dB. Oszacowana długookresowa izolacyjność wypadkowa wynosi średnio $R_{A2, rok} = 20 - 25$ dB. Należy zaznaczyć, że czas, w którym okna pozostają otwarte, nie jest jednoznaczny z czasem ekspozycji na hałas. Z przedstawionej analizy wynika, że postawienie formalnych wymagań w odniesieniu do omawianej sytuacji byłoby bardzo trudne. O warunkach panujących wewnątrz budynku przy otwartych oknach decyduje jego lokalizacja i poziom hałasu występujący w bezpośrednim otoczeniu, a nie sam budynek. Niemniej jednak warunki występujące na styku budynku i środowiska zewnętrznego powinny być brane pod uwagę przy ocenie jakościowej środowiska zamieszkania, ustalaniu klasy akustycznej danego terenu oraz jego jakości funkcjonalnej, co powinno mieć również wpływ na wartość nieruchomości [10].

Literatura

- [1] Position paper on dose-response relationships between transportation noise and annoyance, European Commission, Office for Official Publications of the EC, 2002.
- [2] Guidelines for Community Noise. WHO 2000.
- [3] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych – Wymagania.
- [4] Ustawa Prawo budowlane z 7 lipca 1994 r. (tekst jednolity Dz. U. z 2006 r. nr 156, poz. 1118 wraz z późniejszymi zmianami).
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (Dz.U. z 2002 r. nr 75 poz. 690; zmiany: Dz.U. z 2003 r. nr 33, poz. 270, Dz.U. z 2004 r. nr 109, poz. 1156).
- [6] Uchwała nr 76/11 Sejmiku Województwa Mazowieckiego z 20 czerwca 2011 r. w sprawie utworzenia obszaru ograniczonego użytkowania dla Portu Lotniczego im. Fryderyka Chopina w Warszawie.
- [7] Nurzyński J., Ciszewski R., Opracowanie propozycji metodyki postępowania w przypadku ustalania potrzeby zastosowania dodatkowych zabezpieczeń akustycznych w budynkach ze względu na hałas lotniczy. ITB 2012.
- [8] Ollerhead et al. Report on a field study of aircraft noise and sleep disturbance. Department of Transport, London, (1992).
- [9] Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report No 11/2010 EEA. <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise>.
- [10] Nurzyński J., Ocena akustyczna środowiska zamieszkania na obszarach zurbanizowanych. Budownictwo i Architektura, 2014, Vol. 13 (4), s. 33 – 40.

Przyjęto do druku: 26.06.2015 r.