

OCHRONA PRZED HAŁASEM

2.1. ODDZIAŁYWANIE HAŁASU NA ORGANIZM LUDZKI

Rozwój techniki i przemysłu przynosi nie tylko wspaniałe, wynalazki i udogodnienia, ale powoduje także wiele niezamierzonych negatywnych skutków, które zagrażają środowisku życia i pracy ludzi. Jednym z takich zagrożeń jest hałas. Na tle wielu innych zagrożeń hałas często postrzegany jest jako zagrożenie o mniejszym znaczeniu, przed którym możemy się łatwo ustrzec, zagrożenie, które „nie kumuluje się”, jak np. zanieczyszczenie gleby. Dość luźne podejście do problematyki szkodliwości czy dyskomfortu spowodowanego hałasem, a także słabej jakości dźwięku w miejscach, gdzie jest on nośnikiem informacji, wskazuje na wciąż lekceważący stosunek do szeroko rozumianej akustyki środowiska, w którym żyjemy i pracujemy.

Ignorowanie problemu nadmiernego hałasu można zauważyć niemal wszędzie; pośród kierowców, zwłaszcza tuningowanych motocykli, czy właścicieli lokali w miejscach rekreacyjnych „kuszących” potencjalnych turystów hałaśliwą muzyką, niekiedy nawet w miejscach, gdzie oczekiwana jest cisza, np. na stokach narciarskich. Z kolei w działaniach jednostek, które powinny czuwać i dbać o jakość klimatu akustycznego, można zauważyć postawy wynikające wyłącznie z konieczności spełnienia wymagań przepisów, niedostrzegających ani rzeczywistego problemu szkodliwości hałasu, ani intencji ustawodawcy praw w zakresie ochrony przed hałasem. W tym miejscu

warto sobie uświadomić, że nawet najlepsze przepisy, podobnie jak w wielu innych obszarach, nie zastąpią zdrowego rozsądku w połączeniu ze świadomością zagrożeń niesionych przez hałas.

W rzeczywistości hałas utrudnia komunikowanie się, zakłóca sen i powoduje dokuczliwość. W 1910 r. wielki bakteriolog niemiecki, noblista Robert Koch, przewidywał: „Nadejdzie kiedyś czas, gdy ludzkość będzie musiała walczyć z hałasem równie stanowczo jak z cholera i dżumą” [Münzel i inni 2014]. Można powiedzieć, że czas ten już dawno nadszedł, jednak nie chcemy tego zauważać.

W pracach europejskiego projektu QUIESST (QUIetening the Environment for a Sustainable Surface Transport) zakończono w grudniu 2012 r. można znaleźć informację, że roczne koszty nadmiernego hałasu drogowego w krajach UE wynoszą aż 38 mld euro. Koszty te nie tylko nie obejmują innych rodzajów hałasu, ale nie obejmują także kosztów utraty wartości nieruchomości zanieczyszczonych hałasem drogowym.

Człowiek skazany jest na obecność hałasu niemal wszędzie, choć w niektórych miejscach jest on wręcz czymś naturalnym. Pewnie nieswojo czulibyśmy się w centrum dużego miasta w środku dnia czy w restauracji pełnej gości w kompletnej ciszy. Jednak i tam można mówić o pewnych warunkach granicznych – akceptowalnym czy spodziewanym w danym miejscu poziomie hałasu (klimacie akustycznym). Są jednak miejsca (i pory dnia), gdzie oczekiwana jest cisza. Przykładowo, w kolejach IC w Polsce są wydzielone wagony ze strefą ciszy, w Japonii w środkach komunikacji publicznej występuje zakaz prowadzenia rozmów przez telefony komórkowe, a w Szwajcarii na poziomie gmin mieszkańcy ustalają godziny, w których mogą korzystać z głośnego sprzętu, np. kosiarek do trawy.

Powyższe przykłady świadczą, że problem hałasu jest dostrzegany nie tylko w analizach teoretycznych, ale także w praktycznych realizacjach i nie zawsze są to rozwiązania kosztowne, wymagają jednak pewnej samodyscypliny i świadomości korzyści z ich wprowadzenia.

2.1.1. JAK SŁYSZYMY

„Hałas to dźwięki o dowolnym charakterze akustycznym, niepożądane w danych warunkach i dla danej osoby” [Engel 2003]. W pojęciu tym duże znaczenie odgrywa czynnik subiektywny, jednak niezależnie od subiektywnego charakteru odbioru dźwięku jako hałasu, narządem odpowiedzialnym za jego odbiór jest narząd słuchu. Składa się z on trzech głównych części: 1) ucha zewnętrznego, 2) ucha środkowego oraz 3) ucha wewnętrznego oraz nerwu słuchowego i neuronów słuchowej drogi nerwowej. Szczegółowe opisy narządu słuchu i mechanizmu słyszenia można znaleźć w wielu pracach, m.in. [Ozimek 2002, Engel 2003], dlatego w ramach niniejszej pracy opis ten zostanie ograniczony jedynie do przybliżenia cech fizycznych tego mechanizmu.

Funkcjonowanie ucha ludzkiego jest niezwykle pod względem absolutnej czułości oraz zakresu dynamiki odbieranych fal dźwiękowych. Największe natężenie dźwięku,

który potrafimy słyszeć bez ryzyka uszkodzenia słuchu, ma poziom o 120 dB wyższy niż próg słyszalności. Statystycznie stwierdzono, że narząd słuchu człowieka przystosowany jest do odbioru fal dźwiękowych o częstotliwościach od 16 Hz do 20 kHz i ciśnieniu akustycznym w przedziale od 20 μ Pa do 10 Pa. Przy czym dolna granica nazywana jest „progiem czułości” (progiem słyszalności), natomiast górna – „granica bólu”. Z wartością ciśnienia akustycznego zmienia się też czułość ucha, największa przy małych ciśnieniach i malejąca przy dużych. Zjawisko zmiany czułości podczas zmiany poziomu ciśnienia akustycznego nosi nazwę „adaptacji”.

Największa częstotliwość dźwięku wywołującego wrażenia słuchowe zmienia się znacząco z wiekiem. Małe dzieci mogą słyszeć tony o częstotliwościach 20 kHz, podczas gdy u większości dorosłych granica ta obniża się do 15 kHz. Ubytek słuchu rośnie wraz z wiekiem i jest znacznie większy dla dużych częstotliwości niż małych, w dodatku wykazuje spore zróżnicowanie międzyosobnicze. W zakresie niskich częstotliwości przyjmuje się, że granicą taką jest 16 Hz, a dźwięki o częstotliwościach niższych odczuwane są jako drgania.

2.1.2. KRZYWE JEDNAKOWEJ GŁOŚNOŚCI

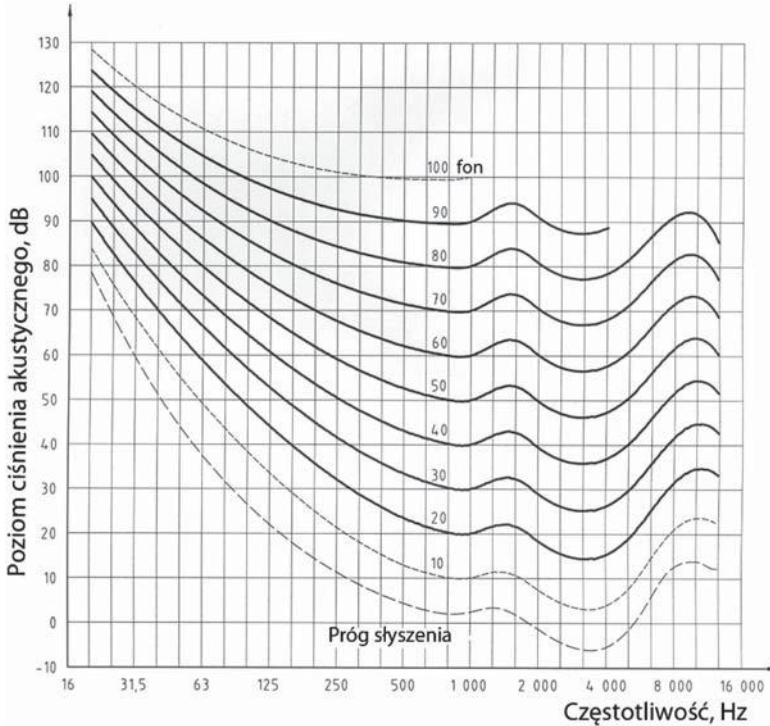
Inżynierowie i akustycy z wielu różnych względów potrzebują subiektywnej skali odwzorowania głośności dźwięku jako subiektywnej miary wrażeń słuchowych. Przez głośność rozumiemy cechę wrażenia słuchowego związaną z wartością ciśnienia akustycznego i częstotliwości, umożliwiającą uporządkowanie dźwięków od cichych do głośnych. Ale głośność zależy także od kształtu widma, dlatego – aby uniknąć wpływu kształtu widma – krzywe jednakowej głośności zostały wyznaczone dla tonów prostych.

Jednostką głośności jest **son**. Głośność równą jednemu sonowi ma ton o częstotliwości 1000 Hz i poziomie ciśnienia akustycznego 40 dB w odniesieniu do 20 μ Pa. Głośność dowolnego dźwięku oceniana jest przez słuchacza w stosunku do jednego sona, a liczba n sonów oznacza, że głośności ocenianego dźwięku jest n razy większa niż głośność tonu o wartości jednego sona.

Do oceny wrażeń słuchowych wprowadzono pojęcie „poziomu głośności dźwięku”. W istocie jest to głośność wyrażona w skali logarytmicznej. Zgodnie z prawem Webera-Fechnera między subiektywnymi wrażeniami słuchowymi odczuwanymi przez ucho a wywołującymi je dźwiękami istnieje zależność logarytmiczna. Za jednostkę poziomu głośności przyjmuje się **fon**. Z definicji poziom głośności tonu o częstotliwości 1000 Hz jest równy poziomowi ciśnienia akustycznego wyrażonego w dB.

Krzywe jednakowej głośności są zbiorami punktów, w których ton w każdej częstotliwości słyszy się tak samo głośno. Krzywe jednakowej głośności, nazywane też izofonami, otrzymano w polu swobodnym (*minimum audible field*, MAF) i są one podstawą normy ISO 226:2003. Na rys. 2.1 przedstawiono krzywe jednakowej głośności według ISO 226:2003. Najniższa krzywa narysowana linią przerywaną oznacza próg słyszenia, wyznaczona w polu swobodnym (MAF), natomiast krzywa 10 fonów,

narysowana także linią przerywaną, ze względu na brak danych doświadczalnych wyznaczono poniżej głośności 20 fonów. Także krzywa 100 fonów narysowana jest linią przerywaną, ponieważ badania doświadczalne dla tej głośności zostały wykonane tylko w jednym instytucie.



Rys. 2.1. Krzywe jednakowej głośności dla tonu czystego otrzymane w warunkach pola swobodnego [ISO 226:2003]

W literaturze można znaleźć krzywe o nieco innych przebiegach – wyznaczone przez Harvey Fletchera i Wilden A. Mansona [1933] oraz David W. Robinsona i R.S. Dadsona [1956]. Jednak wspólną cechą tych krzywych jest zmienność kształtu ze wzrostem poziomu głośności, z wyraźnie zauważalnym wypłaszczeniem. Świadczy to o nieliniowości narządu słuchu, o największej czułości w zakresie średnich częstotliwości. Krzywe jednakowej głośności są podstawą do konstruowania krzywych korekcyjnych w miernikach poziomu dźwięku obrazujących działanie narządu słuchu jako filtra częstotliwościowego. Są to filtry A, B, C odpowiadające (stanowiące aproksymację) odpowiednio izofonom o głośności 40, 70 i 100 fonów.

Skalowanie głośności, m.in. przyjęcie definicji jednego sona, zostało wprowadzone przez Stanley Smith Stevensa [1957, 1972]. Stevens zasugerował, że percypowana głośność L jest potęgową funkcją natężenia I :

$$L = kI^{0,3} \quad (2.1)$$