

ZASTOSOWANIE PRZENOŚNYCH EKРАНÓW AKUSTYCZNYCH W CELU OBNIŻENIA POZIOMU HAŁASU EMITOWANEGO W CZASIE PRACY MAŁYCH MASZYN ROBOCZYCH DO PRAC ZIEMNYCH¹

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki badań dotyczących wykorzystania ekranów akustycznych oraz kotar do zmniejszenia hałasu emitowanego do środowiska podczas pracy małych maszyn roboczych do prac ziemnych. Zostało zaprojektowanych i zbadanych pięć modeli ekranów, ich efektywność akustyczną sprawdzono podczas pracy wybranych maszyn w rzeczywistych warunkach. Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na sformułowanie wniosków o praktycznym zastosowaniu. W badaniach wykorzystano program Noise Explorer – Type 7815.

ZASTOSOWANIE PRZENOŚNYCH EKРАНÓW AKUSTYCZNYCH W CELU OBNIŻENIA POZIOMU HAŁASU EMITOWANEGO W CZASIE PRACY MAŁYCH MASZYN ROBOCZYCH DO PRAC ZIEMNYCH

Abstract: This paper shows the results of experiments on use of acoustic screens to lower the noise levels emitted to environment during small earth moving machines operations. Five screen models were designed and examined, and their acoustic efficiency was checked during operation of groundwork machines in real conditions. The analysis of obtained results allowed formulating conclusions which have a practical use. The program Noise Explorer – Type 7815 was used during researches.

1. PROBLEM HAŁASU ŚRODOWISKOWEGO W MIASTACH

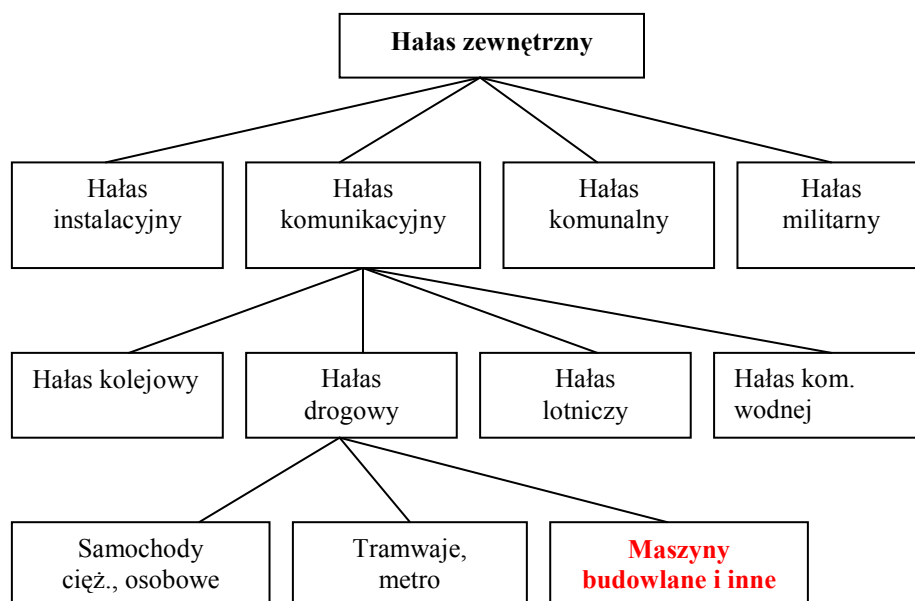
Pod pojęciem hałasu rozumiemy wszelkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe lub szkodliwe drgania ośrodka sprężystego, działające za pośrednictwem powietrza na organ słuchu i inne zmysły oraz elementy organizmu człowieka [1]. Ponadto obecnie hałasem nazywa się również mogące uszkadzać zdrowie, rozchodzące się w powietrzu fale akustyczne o częstotliwościach niewywołujących żadnych wrażeń słuchowych – infradźwięki i ultradźwięki.

Podstawowym podziałem hałasu jest podział na hałas zewnętrzny oraz hałas wewnętrzny. Hałas występujący w środowisku nazwano hałasem środowiskowym lub hałasem zewnętrznym, ponieważ dotyczy środowiska znajdującego się poza miejscem pracy oraz na zewnątrz budynków mieszkalnych. Hałas ten oddziałuje na wszystkich obywateli, jest zagrożeniem występującym we wszystkich elementach środowiska.

W środowisku miejskim o poziomie hałasu decyduje w głównej mierze hałas komunikacyjny. Hałas komunikacyjny to hałas emitowany przez środki transportu i komunikacji drogowej, komunikacji kolejowej, komunikacji lotniczej i wodnej. Poziom hałas komunikacyjny jest

¹ „Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy”

zróznicowany, obejmuje największą grupę ludności i dlatego jest obiektem szczególnej uwagi.



Rys. 1. Podział hałasu zewnętrznego

Opracowywane są mapy stanu akustycznego środowiska i mapy konfliktów akustycznych, obrazujące zagrożenia środowiska hałasem pochodzącym z różnych typów źródeł. Mapa stanu akustycznego środowiska tworzona jest dla średnich lub średniorocznych wartości danych wejściowych, a więc z natury rzeczy nie odzwierciedla sytuacji akustycznej w konkretnej chwili. Opracowując mapy akustyczne środowiska miejskiego, nie uwzględnia się hałasu pochodzącego od robót drogowych. Hałas od robót drogowych, pomimo krótkotrwałego i lokalnego charakteru, narusza stan akustyczny środowiska. Przykład naruszenia stanu akustycznego w mieście, w wyniku prac drogowych prowadzonych w długim okresie, znajdujemy w Łodzi.

W mieście tym w latach 2007-2009 realizowany był projekt Łódzkiego Tramwaju Regionalnego. Pierwszy etap projektu ŁTR wynosił 13,5 km, a trasa przebiegała przez całe miasto. Prace drogowe odbywały się jednocześnie w wielu punktach miasta, bez wyłączenia ruchu pieszego, z częściowym wyłączeniem ruchu samochodowego.

Zaangażowane w projekcie były 54 urządzenia i maszyny budowlane oraz 12 małych maszyn niemobilnych. Podnosiły one w znaczący sposób poziom hałasu, na który narażeni byli uczestnicy ruchu drogowego [2].

W latach 2009-2010 w Łodzi prowadzona jest modernizacja sieci wodno-kanalizacyjnej, metodą reliningu. Modernizacja obejmuje 150 km sieci, a prace prowadzone są i będą na stu ulicach miasta. Związane jest to z wykonaniem co 300 m wykopów ziemnych przy użyciu maszyn roboczych przy pracach ziemnych.

W konsekwencji w latach 2007-2010 znaczący procent mieszkańców Łodzi narażony jest na ponadnormatywny hałas związany z robotami drogowymi.

Wynikiem opracowanej w 2008 roku mapy akustycznej Łodzi było stwierdzenie przekroczeń dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, również na obszarze prowadzonych ww. prac drogowych, bez uwzględnienia źródeł hałasu, jakimi były maszyny budowlane.

Biorąc powyższe wnioski pod uwagę, należy dążyć do stosowania wszelkich możliwych metod zabezpieczenia przed hałasem powstającym w czasie remontów dróg i ulic, które to prowadzone są w długim okresie.

2. AKTUALNE PRZEPISY PRAWNE DOTYCZĄCE HAŁASU W ŚRODOWISKU

Podstawowym aktem prawnym w zakresie ochrony środowiska jest ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku – Prawo ochrony środowiska (DzU Nr 62) z uzupełnieniami z ustawy wprowadzającej, tj. Ustawy z dnia 27 lipca 2001 roku – Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz zmianie niektórych ustaw (DzU Nr 100).

Przykład dopuszczalnych wartości hałasu środowiskowego podanych w rozporządzeniu ministra środowiska podano w tabeli 1.

Tabela 1. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu, z wyłączeniem hałasu powodowanego przez starty, lądowania oraz linie elektroenergetyczne wyrażone wskaźnikami $L_{Aeq D}$ i $L_{Aeq N}$, które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalenia i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		drogi lub linie kolejowe		pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		$L_{Aeq D}$ przedział czasu odniesienia równy 16 h	$L_{Aeq N}$ przedział czasu odniesienia równy 8 h	$L_{Aeq D}$ przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	$L_{Aeq N}$ przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	2	3	4	5	6
1	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	55	50	50	40
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	60	50	55	45
4	a) Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	65	55	55	45

Parlament Europejski zwrócił szczególną uwagę na problem hałasu emitowanego przez maszyny pracujące na zewnątrz. Parlament Europejski i Rada UE, 8 maja 2000 roku w Brukseli przyjęły nowe rozporządzenie: Dyrektywę nr 2000/14/WE dotyczącą hałasu emitowanego przez maszyny używane na zewnątrz budynków (Directive on Noise from Equipment Used Outdoors – 2000/14/CE). Dyrektywa ta została zmieniona 14 grudnia 2005 roku przez Dyrektywę 2005/88/WE Parlamentu Europejskiego w sprawie zbliżenia

ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do emisji hałasu do środowiska przez urządzenia na zewnątrz pomieszczeń.

Rozporządzenie z dnia 21 grudnia 2005 roku ministra gospodarki w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska, określa m.in.: zasadnicze wymagania dla urządzeń przeznaczonych do używania na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska oraz oznaczenia gwarantowanego poziomu mocy akustycznej.

Charakterystyka akustyczna maszyn i urządzeń stosowanych w pracach budowlanych jest oparta na mocy akustycznej, która jest miarą ilości energii wypromieniowanej przez źródło w jednostce czasu i wyrażana w watach (W). Podobnie jak w przypadku ciśnienia akustycznego, ze względu na szeroki przedział zmienności wartości mocy akustycznej, stosuje się skalę logarymiczną oraz pojęcie poziomu mocy akustycznej L_{WA} , wyrażanego w dB. Poziom mocy akustycznej jest podstawową wielkością charakteryzującą emisję hałasu z jego źródła i stąd jest stosowana do oceny hałasu maszyn [3].

Urządzenia i maszyny stosowane w robotach drogowych i budowlanych podzielone zostały na dwie grupy. Do pierwszej grupy urządzeń należą m.in.: maszyny do zagęszczania (tylko walce wibracyjne i niewibracyjne, płyty i ubijaki wibracyjne), ręczne kruszarki do betonu i młoty napędzane silnikiem elektrycznym, spycharki, wywrotki, koparki hydrauliczne lub linowe, koparko-ładowarki, równiarki, ładowarki, układarki do nawierzchni (bez listwy do intensywnego zagęszczania). Do drugiej grupy zalicza się m.in.: dźwigi budowlane, wiertnice, młoty hydrauliczne, wycinarki do fug w nawierzchni, układarki do nawierzchni z listwą do intensywnego zagęszczania, urządzenia do palowania, układarki do rur, frezarki do nawierzchni, koparki do rowów. W robotach drogowych są stosowane urządzenia pierwszej i drugiej grupy. Powinny one spełniać wymogi stosownych rozporządzeń, tj. posiadać oznakowanie CE i oznakowanie gwarantowanego poziomu mocy akustycznej oraz deklarację zgodności WE [3].

Wartości poziomu mocy akustycznej podawane na tabliczkach znamionowych pracujących maszyn nie pozwalają jednak na ocenę klimatu akustycznego w otoczeniu modernizowanych dróg i ulic. Jest to bowiem hałas nieustalony o zmieniającym się poziomie w zakresie 3-7 dB. Występuje również hałas impulsowy o wyjątkowo wysokim poziomie.

3. BADANIA DOŚWIADCZALNE MODELI EKRAŃÓW AKUSTYCZNYCH

3.1 Warunki przeprowadzania pomiarów

Od kilku lat w Katedrze Podstaw Techniki i Ekologii Przemysłowej prowadzone są badania nad przenośnymi ekranami akustycznymi, które znalazłyby zastosowanie jako zabezpieczenia przed hałasem emitowanym przez małe maszyny do prac ziemnych. Pierwszy etap prac obejmował badania modeli ekranów w warunkach laboratoryjnych. Badano efektywną izolacyjność akustyczną – Insertion Loss (IL). Wielkość ta przedstawia skuteczność akustyczną zastosowania ekranu. Jest to różnica poziomów ciśnienia akustycznego w tym samym punkcie pomieszczenia przed (L_{01}) i po zastosowaniu przegrody (L_{02}):

$$IL = L_{01} - L_{02} \quad [\text{dB}]$$

Wyniki przeprowadzonych wcześniej badań izolacyjności efektywnej ekranów akustycznych w warunkach laboratoryjnych bardzo często nie zgadzają się z wynikami badań przeprowadzonych w rzeczywistych warunkach na ulicach miast. Związane jest to z występowaniem dodatkowych źródeł dźwięku, które zmieniają sytuację akustyczną w otoczeniu badanych maszyn. Z tego też powodu zdecydowano się, po wykonaniu

wstępnych badań w warunkach laboratoryjnych, na przeprowadzenie pomiarów zaprojektowanych ekranów akustycznych podczas eksploatacji maszyn w warunkach rzeczywistych.

Doświadczalne badania akustyczne maszyn roboczych zostały przeprowadzone na maszynach pracujących w środowisku miejskim, na ulicach Łodzi w czasie realizacji projektu Łódzkiego Tramwaju Regionalnego oraz modernizacji sieci wodno-kanalizacyjnej w latach 2008-2009. Badania doświadczalne poziomu hałasu powstającego przy pracy maszyn, wykonano zgodnie z zaleceniami PN-N-01341, PN-ISO 1996-1, PN-N-01307 [3]. Zmierzono równoważny poziom dźwięku A, $L_{Aeq,T}$:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right],$$

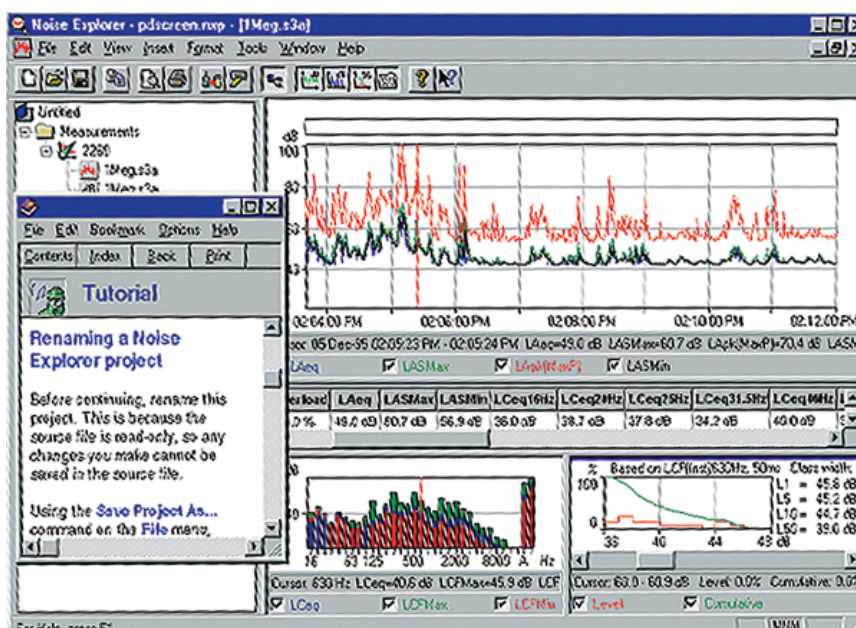
$T[s]$ – czas ekspozycji, w s w ciągu dnia roboczego,

$p_A(t)[Pa]$ – wartość chwilowa ciśnienia akustycznego, skorygowana wg charakterystyki A.

Pomiary równoważnego poziomu dźwięku A (L_{eq}) wykonano precyzyjnym całkującym miernikiem dźwięku Typ 2238A firmy Brüel&Kjær z filtrem oktawowym.

Pomiary wykonano w ośmiu punktach pomiarowych w odległości 2 m i 1m od maszyny. W tych samych punktach wykonano pomiary L_{eq} po zastosowaniu modeli ekranów akustycznych, które umieszczono w odległości 1m oraz, o ile to było możliwe, w odległości 0,5 m od maszyny. Mikrofon znajdował się w odległości 1m od ekranu. Ze względu na rzeczywiste, zmieniające się warunki pomiarów, pomiary w ośmiu punktach powtarzane były wielokrotnie, w różnym czasie, w celu uzyskania najbardziej wiarygodnych wyników. Czas trwania pomiarów był różny, od 2 min do 15 min, zależało to od czasu prowadzonych prac remontowych. Do przeprowadzenia pomiarów wykorzystano program Noise Explorer Type 7815.

3.2. Oprogramowanie



Rys. 2. Menu i możliwości programu Noise Explorer Type 7815

Źródło : Noise Explorer Type 7815 help

Noise Explorer Type 7815 to program do zapisywania, pobierania i przetwarzania danych pomiarowych poziomu dźwięku z mierników firmy Brüel & Kjær (rys. 2). Noise Explorer wykorzystuje unikalny sposób prezentacji danych. Istnieje wiele sposobów przetwarzania danych w ramach Noise Explorer, każdy zaprojektowany tak, aby umożliwić zaprezentowanie wyników w wybranej formie. Noise Explorer – Type 7815 jest oprogramowaniem opartym o system i interfejs Windows. Przekazywanie danych następuje za pomocą interfejsu RSA 232 (do 115200 bps) lub za pośrednictwem karty PCMCIA.

Zastosowanie programu:

- bezpośrednie przekazywanie danych pomiarowych z mierników poziomu dźwięku do notebooka w czasie trwania pomiarów
- formatowanie danych poprzez eksport do arkuszy kalkulacyjnych
- obróbka danych pomiarowych
- wyświetlanie wyników pomiarów w formie tabelarycznej
- drukowanie wyników pomiarów
- przechowywanie danych pomiarowych
- określenie mocy akustycznej.

The screenshot shows the Noise Explorer interface with three overlapping windows displaying measurement data. The windows are titled '001.M26', '002.M26', and '007.M26'. Each window contains a table with the following data:

	Start time	End time	Elapsed time	Overload [%]	Lcpeak [dB]	LAFmax [dB]	LAeq [dB]
1	Value			18,02	115,6	91,1	80,1
2	Time	11:46:15	11:46:21	0:00:06			
3	Date	2009-03-22	2009-03-22				

	Start time	End time	Elapsed time	Overload [%]	Lcpeak [dB]
1	Value			0,00	59,5
2	Time	11:55:43	11:55:53	0:00:10	
3	Date	2009-03-22	2009-03-22		

	Start time	End time	Elapsed time	Overload [%]	Leq 20Hz [dB]	Lfmax 20Hz [dB]	Lcpeak [dB]	Lfmin 20Hz [dB]
1	Value			0,00	71,1	80,6	103,1	39,3
2	Time	12:00:11	12:00:27	0:00:16				
3	Date	2009-03-22	2009-03-22					

Rys. 3. Prezentacja wyników poszczególnych pomiarów wykonanych przy użyciu Noise Explorer Type 7815

3.3. Przedmiot badań

Do badań wybrano maszyny o małych wymiarach, które były wykorzystywane w czasie prac remontowych ulic oraz w czasie prac modernizacyjnych sieci wodno-kanalizacyjnej w Łodzi. Były to (rys. 4):

- piła tarczowa do drewna
- piła tarczowa do betonu
- młoty udarowo-obrotowy i udarowe
- zagęszczarki ręczne pionowe i poziome
- agregaty prądotwórcze.



Rys. 4. Przykłady badanych maszyn roboczych

Zaprojektowano, wykonano i zbadano pięć modeli ekranów, których wymiary dobrane były do wielkości maszyn oraz możliwości łatwego ich przenoszenia w czasie pracy maszyny.

Były to między innymi następujące modele ekranów:

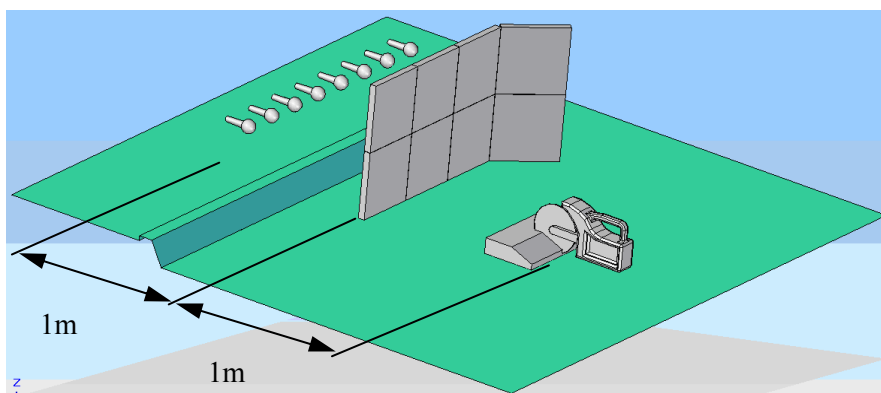
- prostokątny ekran o wymiarach 1.5 m x 1 m z odchylanym bocznym skrzydłem o wymiarach 0.5 m x 1 m, wykonany z płyt dźwiękoizolacyjnych PD2 firmy PROTECT o grubości 20 mm, (ekran A)
- prostokątny ekran o wymiarach 1.5 m x 1 m, wykonany z filcu akustycznego o grubości 17 mm, ekran posiadał dwa odchylane skrzydła o wymiarach 0.5 m x 1 m, (ekran B)
- dwuwarstwowy, prostokątny ekran o wymiarach 1.5 m x 1 m z odchylanym bocznym skrzydłem o wymiarach 0.5 m x 1 m, wykonany z płyt dźwiękoizolacyjnych PD2 firmy PROTECT o grubości 20 mm i styropianu o grubości 10 mm, (ekran C)
- dwuwarstwowy, prostokątny ekran o wymiarach 1.5 m x 1 m, wykonany z filcu akustycznego o grubości 17 mm oraz gumy akustycznej o grubości 2 mm, ekran posiadał dwa odchylane skrzydła o wymiarach 0.5 m x 1 m (ekran D)
- dwuwarstwowy, prostokątny ekran o wymiarach 2 m x 1.5 m, wykonany z filcu akustycznego o grubości 17 mm oraz gumy akustycznej o grubości 2 mm, ekran posiadał odchylane skrzydło o wymiarach 0.5 m x 1 m (ekran E).

Zaprojektowano, wykonano i zbadano również dwie kotary akustyczne z gumy akustycznej o grubości 2 mm o wymiarach: 1.74 m x 0.88 m (kotara mała), oraz 2.5 m x 0.88 m (kotara duża). Kotary akustyczne zostały zastosowane w czasie pracy maszyn w wykopach ziemnych podczas modernizacji sieci wodno-kanalizacyjnej. W przypadkach kiedy wykopy obejmowały część jezdni, zawieszenie kotar akustycznych na metalowych panelach zabezpieczających wykopy pozwalało ograniczyć hałas docierający do użytkowników chodników. Kotary wykonane były z nieprzezroczystej gumy (folii) akustycznej i mogły być umieszczone tylko na panelach, od strony chodnika, ograniczając bowiem dostęp światła pracownikom w wykopie.

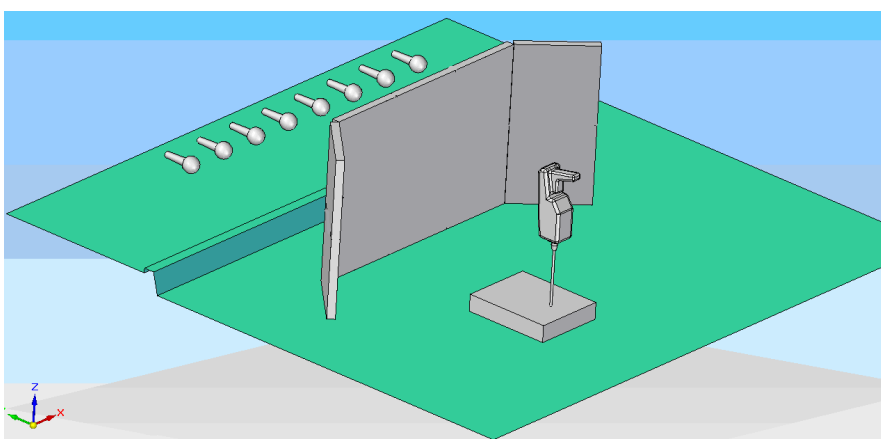
Zaprojektowane modele ekranów akustycznych powinny spełniać swą rolę podczas prac małych, niemobilnych maszyn, założono, że będą to ekrany przenośne. Jako takie, nie mogą posiadać dużego ciężaru i wymiarów. Przedstawione powyżej modele ekranów akustycznych spełniały te warunki. Modele A i C posiadały największy ciężar, model praktycznego najlżejszy. Celowo wybrano do badań takie właśnie modele, aby porównać skuteczność akustyczną modeli lekkich, wykonanych z materiałów o niższej izolacyjności akustycznej właściwej (np. filc i guma akustyczna), z modelami ekranów o większym ciężarze wykona-

nych z materiałów o wyższej izolacyjności właściwej (np. płyty PD2), które to modele są trudniejsze w zastosowaniu.

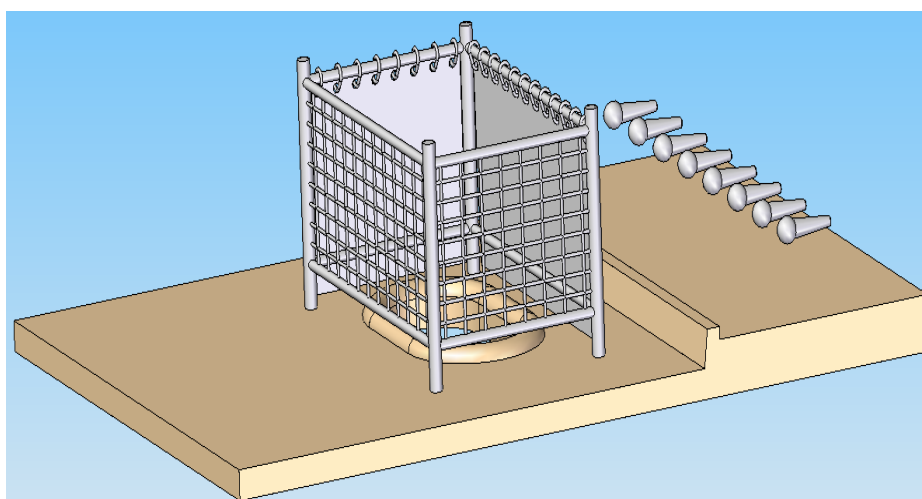
Przykłady zastosowania modeli ekranów akustycznych oraz kotary akustycznej przedstawiono na rys. 5-7.



Rys. 5. Model ekranu A w trakcie badań



Rys. 6. Model ekranu D w trakcie badań



Rys. 7. Model kotary w trakcie badań

3.4. Wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów

Badania odbywały się w rzeczywistych warunkach pracy maszyn, było to powodem zwiększenia i tak dużej liczby parametrów decydujących o poziomie obniżenia hałasu emitowanego przez maszyny. Wielkość IL modeli ekranów w głównym stopniu determinują:

- wymiary ekranów
- materiał zastosowany na ekrany i jego grubość
- ilość warstw w modelu
- odległość od źródła dźwięku
- poziom emitowanego hałasu.

Poziom emitowanego hałasu badanych maszyn zależał od:

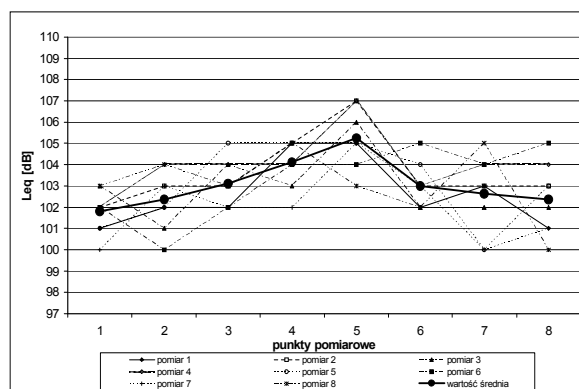
- częstotliwości
- obrabianego materiału, np. poziom hałasu emitowanego podczas pracy piły tnącej zależał od rodzaju ciętego betonu
- położenia maszyny w zależności od warunków pracy maszyny, np. prostopadle lub skośnie do ekranu
- miejsca, gdzie odbywała się praca, np. w pobliżu budynków czy na otwartej przestrzeni.

Istotne znaczenie podczas badań miał poziom tła akustycznego, który praktycznie zmieniał się w granicach 5-10 dB.

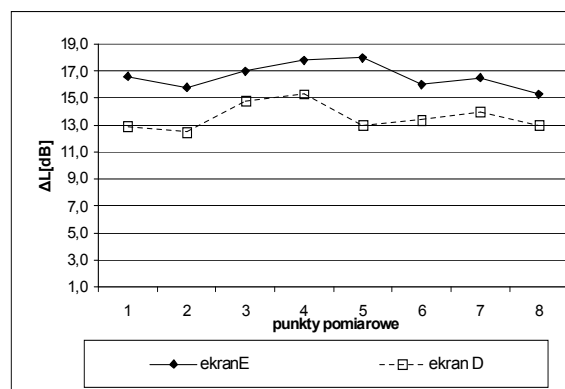
Biorąc pod uwagę tak dużą ilość zmiennych parametrów, wiarygodne wnioski można sformułować tylko po wykonaniu ogromnej liczby pomiarów, pozwalającej porównać zbliżone warunki oraz wyciągnąć uogólniające wnioski. Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci wykresów obrazujących między innymi:

- poziom hałasu maszyn w funkcji częstotliwości bez zastosowania ekranów i po zastosowaniu ekranów akustycznych
- efektywność akustyczną ekranów w poszczególnych punktach pomiarowych
- wpływ kąta nachylenia skrzydeł ekranów na IL
- porównanie efektywności akustycznej badanych modeli ekranów
- wpływ materiału obrabianego przez maszyny na wielkość IL ekranu.

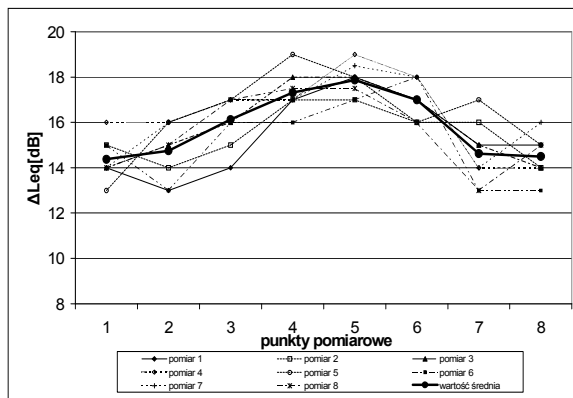
Przykłady wybranych typów wykresów przedstawiono na rys. 8-13.



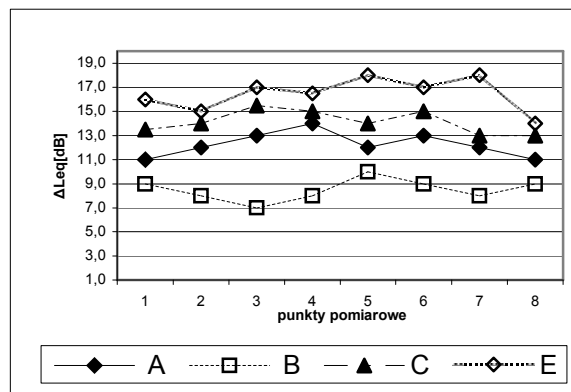
Rys. 8. Równoważny poziom hałasu emitowany podczas pracy piły do betonu



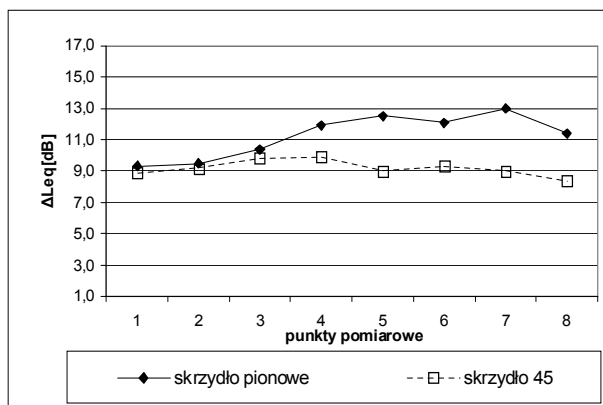
Rys. 9. Porównanie obniżenia poziomu hałasu ekranami D i E podczas pracy piły do betonu



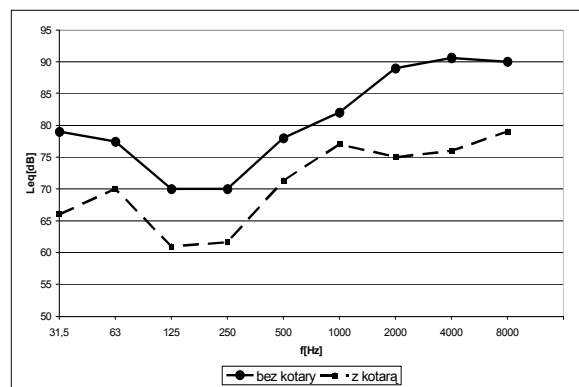
Rys. 10. Obniżenie równoważnego poziomu hałasu emitowanego przez piłę do drewna, poprzez zastosowanie ekranu E



Rys. 11. Porównanie skuteczności ekranów zastosowanych podczas pracy młota uderowego



Rys. 12. Porównanie wpływu skrzydeł ekranu B na obniżenie poziomu hałasu zagęszczarki



Rys. 13. Równoważny poziom hałasu podczas pracy ubijarki w wykopie

Ze względu na zmieniające się w czasie pomiarów tło akustyczne oraz zmienne warunki pracy maszyn, pomiary w każdym punkcie pomiarowym powtarzano wielokrotnie. Analizując wyniki pomiarów, przed formułowaniem wniosków, przyjęto, że błąd pomiaru może wynosić 1-3 dB. W wyniku prowadzonych badań otrzymano obszerny materiał doświadczalny, pozwalający sformułować następujące wnioski:

1. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku miejskim w czasie prac remontowych

Dopuszczalny poziom hałasu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców zgodnie z PN wynosi 65 dB. W czasie prac remontowych ulic, hałas ten był znacznie przekraczany w przypadku wszystkich badanych maszyn. Jeżeli prace remontowe prowadzone są w długim okresie czasu, co miało miejsce w Łodzi, poziom emitowanego hałasu można odnieść do poziomu dopuszczalnego. Dla najgłośniejszych pracujących maszyn poziom hałasu wynosił 102-107 dB (rys. 8). Najniższe zarejestrowane poziomy hałasu maszyny to 65-90 dB (rys. 13). Przekroczenie dopuszczalnych norm jest znaczące. Wszystkie badane maszyny miały oznaczony dopuszczalny poziom mocy akustycznej.

2. Efektywność akustyczna zastosowanych ekranów

Obniżenie poziomu hałasu emitowanego przez badane maszyny, po zastosowaniu modeli ekranów, stwierdzono w przypadku wszystkich zbudowanych modeli. Wielkość IL była różna dla różnych ekranów, jak również dla różnych częstotliwości emitowanego hałasu. Najniższą skuteczność wszystkie badane ekrany wykazały dla częstotliwości 125-250 Hz. IL wynosiła wtedy 2-6 dB. Należy zaznaczyć, że w tym zakresie najniższy był również poziom emitowanego hałasu. Dla częstotliwości 1000-8000 Hz izolacyjność efektywna ekranów sięgała nawet 15-18 dB (ekran E).

3. Wpływ odchylenia skrzydeł ekranów na ich izolacyjność efektywną

Zbudowane modele ekranów posiadały uchylne jedno lub dwa skrzydła. Kąt odchylenia skrzydeł (90°, 45°, 30°) nie miał istotnego wpływu na skuteczność ekranów. Maksymalny wzrost IL – około 2 dB, zaobserwowano na zewnętrznych punktach pomiarowych przy kącie odchylenia 45°.

4. Wpływ położenia punktów pomiarowych na obniżenie poziomu hałasu ekranami

Punkty pomiarowe w czasie prowadzonych badań położone były wzdłuż ekranów (rys. 6). Nie zaobserwowano istotnego wpływu położenia punktu pomiarowego na wielkość IL badanego ekranu. Różnice IL pomiędzy punktami zewnętrznymi a punktami wewnętrznymi wynosiły 1-4 dB. Podobne różnice obserwowano podczas pomiarów poziomu hałasu w czasie pracy maszyn bez ekranów (rys. 8).

5. Wpływ wielkości modelu ekranu na jego izolacyjność efektywną

Dwa ekrany – D i E wykonane z tych samych materiałów – posiadały różne wymiary. Ekran E był o 0,5 m wyższy i 0,5 m dłuższy. Wzrost IL ekranu większego wynosił 2-4 dB (rys. 11). Biorąc pod uwagę fakt, że ekrany mają być przenośne, nie należy znacząco zwiększać ich wymiarów, zwłaszcza że przyrost wartości IL jest niewielki.

6. Wybór optymalnego modelu ekranu akustycznego

Ekran akustyczny jako przenośny powinien, oprócz odpowiedniej efektywnej izolacyjności akustycznej, posiadać mały ciężar. Wśród badanych modeli ekranów były dwa modele ciężkie (A i C), wykonane z materiałów o wyższej izolacyjności właściwej, i trzy modele lekkie (B, D i E), wykonane z materiałów o niższej izolacyjności akustycznej właściwej. Z porównania wartości IL wyżej wymienionych modeli wynika, że skuteczność modeli ciężkich (rys. 11) jest wyższa o 2-6 dB od modeli lżejszych o tych samych wymiarach, zaś niższa o 1-2 dB od modelu E, lżejszego, o większych wymiarach. Czynnikiem warunkującym wybór materiału na ekran jest zatem nie tylko jego izolacyjność właściwa, ale również, a może przede wszystkim jego ciężar właściwy.

7. Izolacyjność kotar akustycznych

Kotary akustyczne wykonane z gumy akustycznej (zwanej przez producenta folią akustyczną) o izolacyjności właściwej 26 dB, powodowały obniżenie hałasu emitowanego przez maszyny pracujące w wykopach o 5-12 dB (rys. 13).

LITERATURA

- [1] Engel Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, PWN, Warszawa 2001.
- [2] *Wniosek o dofinansowanie realizacji projektu ŁTR ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego*, Łódź 2005.
- [3] Gardziejczyk W.: *Problem hałasu od robót drogowych*, Materiały konferencyjne, Kazimierz 2009.
- [4] *Raport o oddziaływaniu na środowisko projektowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego – Łódzki Tramwaj Regionalny*, Łódź 2008.
- [5] Lipowczan A.: *Podstawy pomiarów hałasu*, GIG, Katowice 1987.
- [6] Kazimierska M.: *The problem of noise emitted by small earth moving machines*, 7th International Conference „Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI 2007, September 2007, Belgrade, Serbia.
- [7] Kazimierska M.: *Acoustic effectivity of screens used with small earth moving machines*. 9th international Conference „Research and Development in Mechanical Industry”, RaDMI 2009, September 2009, Vrnjačka Banja, Serbia.