

HAŁAS NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWY - WYSTĘPOWANIE I SKALA ODDZIAŁYWANIA W ZAKŁADACH GÓRNICTWA SKALNEGO

LOW-FREQUENCY NOISE – OCCURENCE AND SCALE OF IMPACTS IN OPEN-PIT ROCK MINING INDUSTRY

Michał Stopa – Instytut Górnictwa, Laboratorium Bezpieczeństwa Pracy, Politechnika Wroclawska

W artykule przedstawiono krótką charakterystykę i obszary występowania czynnika środowiska pracy, jakim jest hałas niskoczęstotliwościowy. W ramach badań przeprowadzono pomiary hałasu w kabinach operatorów maszyn ciężkich używanych w zakładach górnictwa skalnego. Przedstawione wyniki mają nakreślić ogólne pojęcie o skali zjawiska, a także pozwolić porównać ze sobą wartości otrzymane w różnego typu maszynach. Badania nad wpływem ekspozycji na hałas w zakresie niskich częstotliwości mówią o wpływie na komfort pracy i zdrowie pracowników. Wnioski wynikające z ich analizy pozwalają twierdzić, że pierwsze skutki ekspozycji na ten czynnik mogą występować zanim osoba narażona w ogóle zorientuje się, że w jej środowisku pracy ten czynnik odgrywa znaczącą rolę. Dużo zależy od odporności osobniczej, ale odnotowuje się spore różnice w odczuciach osób poddanych działaniu hałasu niskoczęstotliwościowego. Począwszy od etapu detekcji czynnika aż po opis subiektywnie odczuwanych skutków narażenia pewna część badanej populacji charakteryzuje się mniejszą lub większą odpornością na pracę w takich warunkach.

Słowa kluczowe: hałas niskoczęstotliwościowy, górnictwo skalne, bezpieczeństwo pracy, maszyny górnicze, czynniki szkodliwe i uciążliwe środowiska pracy

The article presents a brief description of occurrence and areas of work environment factors, namely low-frequency noise. It presents the measurements of low-frequency noise in the cabinets of heavy machinery operators used in open-pit rock mining industry. The presented results have to draw a general idea of the scale of the phenomenon, and also allow comparison of the values obtained in various types of machines. Studies on the effects of exposure to noise in the low frequencies are saying about the impact on the comfort and health. Conclusions from the analysis allow to say that the first effects of exposure to this agent may occur before a person exposed at all to realize that this factor plays a significant role in this type of work environment. Much depends on the ontogenic resistance, but appears to be considerable differences in the feelings of people exposed to low frequency noise. Starting from the stage of detection agent to the description of the subjectively felt the effects of exposure to a certain part of the study population is characterized by a greater or lesser resistance to work in such conditions.

Key words: low-frequency noise, open pit rock mining industry, health and safety at work, mining machines, factors harmful for work environment

Wprowadzenie

Proces wydobywania i przerobu materiału skalnego wymaga użycia ciężkich maszyn na każdym etapie, od prac przygotowawczych (zdejmowanie nadkładu, wiercenie otworów) do momentu przekazania materiału odbiorcy (prace transportowo-załadunkowe). Praca na stanowisku operatora takiej maszyny łączy się z narażeniem na szereg czynników szkodliwych takich jak: hałas, pył, drgania mechaniczne. Do niedawna zaliczany do nich był także hałas infradźwiękowy, a więc zawierający najniższe składowe (1-20 Hz) całego spektrum hałasu, na jaki narażony jest pracownik. Obecnie zamiast hałasu stricte infradźwiękowego na stanowiskach pracy częściej mówi się o hałasie niskoczęstotliwościowym, czyli takim, które miejsce w widmie jest pomiędzy częstotliwościami 10-250 Hz, a jego

działanie, z racji złożonego charakteru interakcji czynnika z organizmem ludzkim określa się, jako uciążliwe [1].

Tego typu hałas występuje na opisywanych stanowiskach pracy, a jego źródłami są: praca silnika, wyloty spalin, wentylatory, ruch powietrza na zewnątrz i wewnątrz kabiny, drgania ścian kabiny związane z ruchem maszyny oraz interakcja maszyny w ruchu na styku opony-podłoże. Każdy z wymienionych czynników może występować w szerokim spektrum stanów (obroty silnika, prędkość pojazdu, prędkość wiatru etc.). W każdym z tych stanów widmo hałasu spowodowanego danym czynnikiem będzie wyglądało inaczej. Rozpatrywanie ich, jako występujących pojedynczo nie ma sensu, ponieważ widmo hałasu maszyny pracującej to wynik interakcji wszystkich wymienionych czynników w dowolnym z możliwych stanów, jaki mogą przyjąć.

To wszystko w połączeniu ze wspomnianym wcześniej złożonym charakterem interakcji hałasu niskoczęstotliwościowego z organizmem człowieka czyni problem bardzo złożonym i trudnym do precyzyjnego opisanego, a także ustalenia dopuszczalnych wartości dla osób na niego narażonych. Obowiązująca w nieaktualnych już przepisach wartość dopuszczalna zakładała jedynie oddziaływanie słuchowe hałasu infradźwiękowego, co nie do końca odzwierciedla stan faktyczny. Przebywanie w zasięgu działania drgań akustycznych niskich częstotliwości może, oprócz działania bezpośrednio na narząd słuchu, oddziaływać na inne narządy organizmu na zasadzie pobudzania tych narządów do drgań. Różne organy mają różne częstotliwości własne drgań, a więc skuteczniej pobudzać je będą te składowe widma hałasu, które mają, oprócz odpowiednio wysokiej wartości, zbliżoną do nich częstotliwość. Sprawę komplikuje fakt, że ludzki organizm niejednakowo reaguje na drgania, jeśli chodzi o kierunek ich działania (pionowe, poziome) [2]. Dodatkowo odnotowano wpływ hałasu niskoczęstotliwościowego nie tylko w sferze fizjologicznej, ale także psychicznej osoby narażonej. W pewnych specyficznych warunkach [5], w zależności od hałasu słyszalnego towarzyszącego hałasowi niskoczęstotliwościowemu opis dyskomfortu odczuwanego przez osobę narażoną zmieniał się ze stanu, którego źródłem mógł być efekt fizjologiczny do stanu, w którym odpowiedzi ankietowanych o „odczuciu czegoś nienaturalnego” czy wprost - pojawiającym się uczuciu niepokoju - świadczą o wpływie na psychikę takiej osoby. Efektem fizjologicznym działania czynnika może być dysfunkcja działania pewnych narządów organizmu ludzkiego, a także przy odpowiednio wysokiej wartości ciśnienia akustycznego - ich uszkodzenie. Wszystko zależy od skali zjawiska i w mniejszym lub większym stopniu ma wpływ na wykonywaną pracę. Skutków działania hałasu niskoczęstotliwościowego nie należy więc szukać badając jedynie organ słuchu. Monitoring stanu zdrowia pracownika powinien mieć bardziej kompleksowy charakter.

Z dużą dozą ostrożności można stwierdzić, że hałas w zakresie niskich częstotliwości, zmierzony przy włączonej charakterystyce liniowej (LIN) miernika, przekraczając wartość 75 dB nie pozostaje obojętny dla komfortu i zdrowia osoby przebywającej w zasięgu jego działania. Progi percepcji są różne dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm. Dodatkowo odnotowywano znaczące różnice progów percepcji w zależności od odporności osobniczej badanych [3]. Nie jest to jednak tematem tego opracowania.

Metodyka i wyniki badań hałasu niskoczęstotliwościowego

Do pomiarów hałasu w kabinach operatorów maszyn wykorzystano miernik poziomu dźwięku klasy pierwszej z mikrofonem i zestawem filtrów tercjowych. Do sprawdzenia układu pomiarowego, oprócz niezbędnego do tego celu kalibratora akustycznego (1 kHz), wykorzystywano również kalibrator infradźwiękowy, który pozwalał na bieżąco kontrolować prawidłowość wskazań przyrządu w badanym zakresie (10 Hz i 20 Hz). Wszystkie pomiary wykonano przy włączonej charakterystyce liniowej miernika i podziale widma na pasma tercjowe. Mierzono wartości równoważne oraz maksymalne dla poszczególnych częstotliwości środkowych w zakresie 1-200 Hz. Podczas wykonywania pomiarów badano także poziom drgań mechanicznych, hałasu słyszalnego (charakterystyka A) oraz hałasu infradźwiękowego (charakterystyka G). Ta infor-

macja ma wpływ na proces porównania wyników pomiarów w tej samej maszynie w perspektywie czasowej. Nie ma jednak wpływu na wnioski wynikające z tego opracowania i nie została tu zamieszczona. Przedstawione wyniki to średnia arytmetyczna kilku minutowych pomiarów najbardziej charakterystycznej czynności wykonywanej przez daną maszynę w zakładach górnictwa skalnego.

W opracowaniu przyjęto następujące maszyny, jako najbardziej charakterystyczne dla tej branży na terenie Dolnego Śląska:

- ładowarka podczas wykonywania prac transportowo-załadunkowych w wyrobisku;
- koparka na podwoziu gąsienicowym podczas załadunku wozidła w wyrobisku;
- wozidło technologiczne podczas transportu urobku na trasie wyrobisko-zakład przeróbczy;
- koparka z młotem hydraulicznym podczas rozbijania nadgabarytów;
- wiertnica samojezdna podczas wiercenia otworów pionowych;
- dźwig samojezdny podczas transportu bloków skalnych pomiędzy poziomami.

Na potrzebę opracowania sporządzono sześć wykresów z wynikami pomiarów. Oś pozioma przedstawia częstotliwości środkowe poszczególnych pasm tercjowych analizowanego widma. Oś pionowa to poziom ciśnienia akustycznego mierzonego przy włączonej charakterystyce liniowej miernika. Dla każdej z częstotliwości środkowych na wykresie widnieją dwie wartości: poziom równoważny w czasie poboru próbki oraz poziom maksymalny ciśnienia akustycznego. W tabeli 1 zebrano wyniki prezentowanych pomiarów.

Wyniki badań

Rysunki 1-6 prezentują widma ciśnienia akustycznego mierzonego przy zastosowaniu charakterystyki liniowej miernika w poszczególnych kabinach maszyn. Dla każdej z kabin przeanalizowano otrzymane wyniki pod kątem czysto informacyjnym mając na uwadze prezentację skali zjawiska i umożliwiając porównanie wyników ze sobą. W badanym paśmie 1- 200 Hz obliczono procent wyników przekraczających wspomnianą we wprowadzeniu wartość 75 dB ciśnienia akustycznego. Dodatkowo zwrócono uwagę na specyficzne dla konkretnych maszyn przedziały częstotliwości, w których otrzymano najwyższe wyniki poziomu równoważnego hałasu niskoczęstotliwościowego danego pasma 1/3 oktawowego. Tego typu analiza może być przyczynkiem do udzielenia odpowiedzi na pytania: W jakich warunkach wzrasta ryzyko negatywnego wpływu hałasu na organizm? Jakie organy są w tych specyficznych warunkach najbardziej narażone na pogorszenie stanu zdrowia pracownika?

Czy warunki podczas wykonywania danej czynności w badanej kabine to warunki neutralne, uciążliwe czy może już szkodliwe? Czy dłuższa ekspozycja na taki hałas stwarza ryzyko stwarza ryzyko zaistnienia nagłego zjawiska o charakterze wypadku mogącego trwale wpłynąć na pogorszenie stanu zdrowia pracownika?

Podsumowanie

Wyniki analizy otrzymanych podczas pomiarów wartości

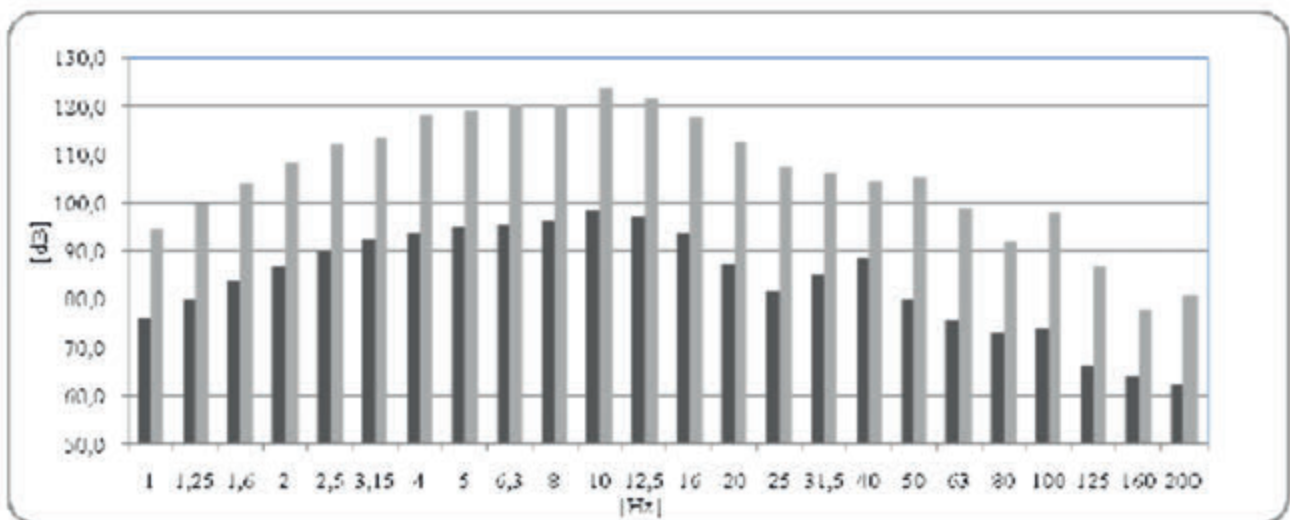
Tab. 1 Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w wymienionych maszynach
 Tab. 1 Results of low-frequency noise measurements in selected machines

Częstotliwość [Hz]	Ładowarka		Koparka		Wozidło		Młot hydrauliczny		Wiertnica		Dźwig	
	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}
1	75,9	94,4	70,7	83,9	68,0	75,6	67,6	80,3	70,4	82,2	45,1	55,8
1,25	80,0	99,6	75,1	86,0	71,9	79,7	72,4	86,2	71,7	85,4	45,0	61,4
1,6	83,7	104,0	79,7	91,8	74,9	86,3	76,2	93,1	73,4	89,9	44,0	67,7
2	87,0	108,2	83,3	94,5	82,2	93,0	79,7	96,0	75,6	89,6	45,6	74,0
2,5	90,0	112,2	86,8	101,3	80,4	91,7	82,4	100,5	78,9	88,0	46,1	70,2
3,15	92,2	113,5	89,3	102,2	77,9	93,3	84,6	103,8	88,3	93,8	46,8	75,5
4	93,9	118,0	91,2	109,4	79,3	92,1	86,4	106,9	90,6	96,1	46,3	82,2
5	94,9	119,1	93,0	112,3	78,8	96,8	89,7	107,5	84,1	92,4	46,5	84,3
6,3	95,2	120,3	96,8	114,0	84,0	100,7	93,3	108,0	84,0	99,6	49,7	85,0
8	96,2	120,3	88,7	115,4	90,8	106,6	93,3	107,2	87,0	104,3	50,2	86,2
10	98,3	123,5	96,4	119,9	91,6	106,8	97,6	115,4	91,0	107,8	51,3	83,9
12,5	97,2	121,7	95,4	116,3	89,1	107,2	99,2	111,1	95,0	110,5	74,1	81,2
16	93,6	117,7	93,2	111,2	91,7	109,2	94,9	115,7	96,7	109,7	64,2	85,5
20	87,3	112,5	99,2	113,1	97,9	113,7	97,3	116,7	97,6	113,0	67,0	85,6
25	81,5	107,5	104,5	119,6	89,3	107,9	100,2	117,2	95,1	104,8	70,4	87,7
31,5	85,2	105,9	102,4	119,1	89,0	104,6	97,2	112,7	99,0	107,6	70,6	84,3
40	88,5	104,5	97,4	111,3	88,5	104,1	94,0	112,6	96,3	109,1	85,0	95,6
50	79,9	105,3	88,4	107,4	96,3	116,5	90,9	109,1	90,5	103,9	91,1	106,2
63	75,6	98,7	85,9	105,9	95,0	111,9	89,4	106,2	87,7	101,9	89,9	106,7
80	72,9	91,8	81,5	101,4	85,4	99,2	81,1	99,1	80,9	96,6	82,6	100,1
100	73,9	98,1	80,3	99,0	88,3	97,5	81,0	103,0	81,3	94,3	80,7	104,3
125	66,3	86,6	77,1	97,4	72,0	89,3	78,8	95,9	82,4	95,4	78,0	102,0
160	64,2	77,9	75,9	94,1	64,2	92,0	75,3	95,2	76,2	88,6	72,7	100,3
200	62,6	80,9	78,6	96,2	67,6	83,0	76,0	94,7	79,9	90,8	70,9	96,0

przedstawiono w tabeli 2. Należy tu zaznaczyć, że wnioski wynikające z analizy danych dotyczą wyłącznie jednej, charakterystycznej czynności wykonywanej przez dane maszyny podczas trwania dniówki, a więc opisują średnio 60% czasu jej trwania. Nie dają one więc pełnego obrazu dla całego dnia pracy, a więc porównanie ma charakter luźny, szkicując jedynie

skalę problemu.

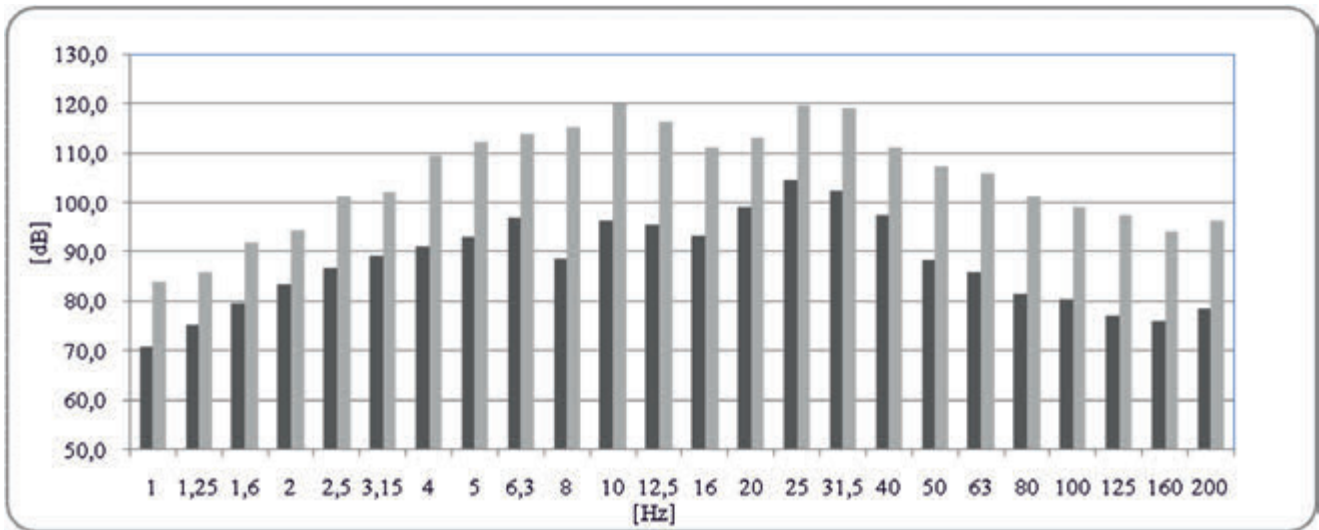
Z analizy wynika, że w dźwigu samojezdnym odnotowano najniższy procent wyników przekraczających wartość 75 dB (25%). Najwyższy udział wyników przekraczających ustalony pułap odnotowano w koparce (96%), koparce z młotem hydraulicznym (92%) i wiertnicy samojezdnej (88%).



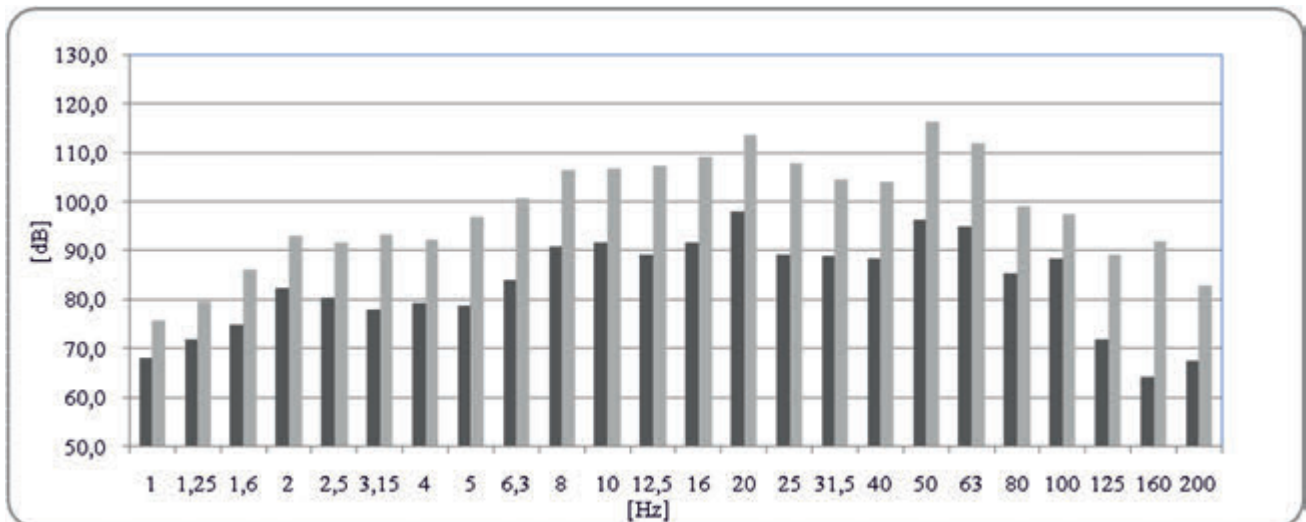
Rys. 1. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie ładowarki
 Fig. 1. Low frequency noise measurements results inside the cabin of a loader

Oprócz ładowarki, w każdej z maszyn charakterystyczny przedział wyników dominujących wykracza poza zakres hałasu określanego jako infradźwiękowy (1-20 Hz).

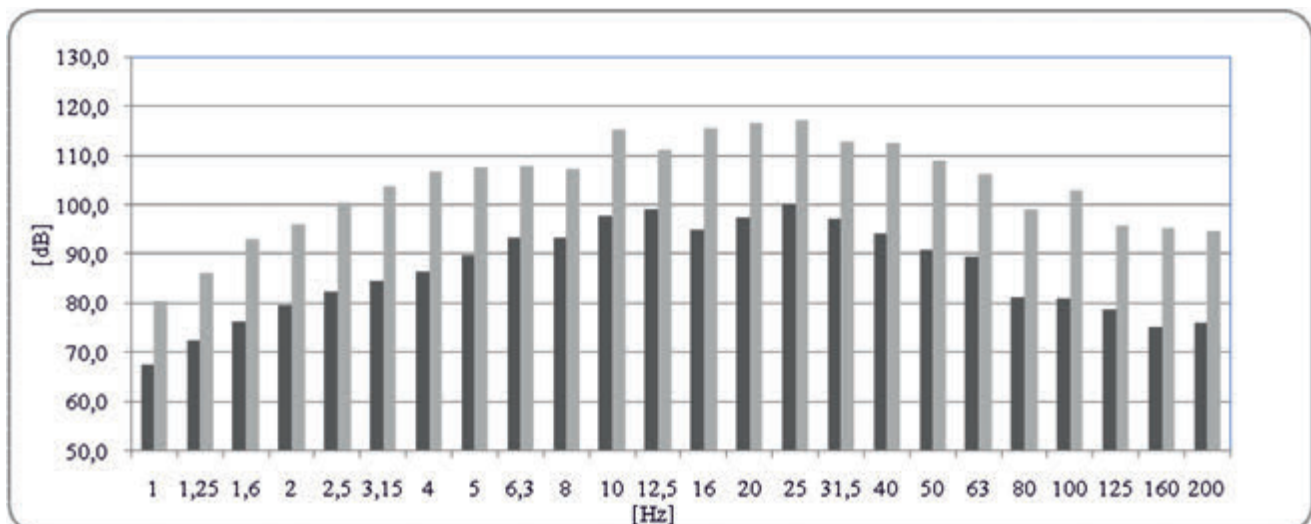
Wnioskując, w każdej z badanych maszyn zmierzone poziomy ciśnienia akustycznego w kabinach operatorów dają podstawę do twierdzenia, że przebywanie w nich ma wpływ na komfort i/lub zdrowie osób zatrudnionych na tych stanowiskach. Zjawisko występowania hałasu niskoczęstotliwościowego w maszynach związanych z zakładami górnictwa skalnego należy uznać za powszechne.



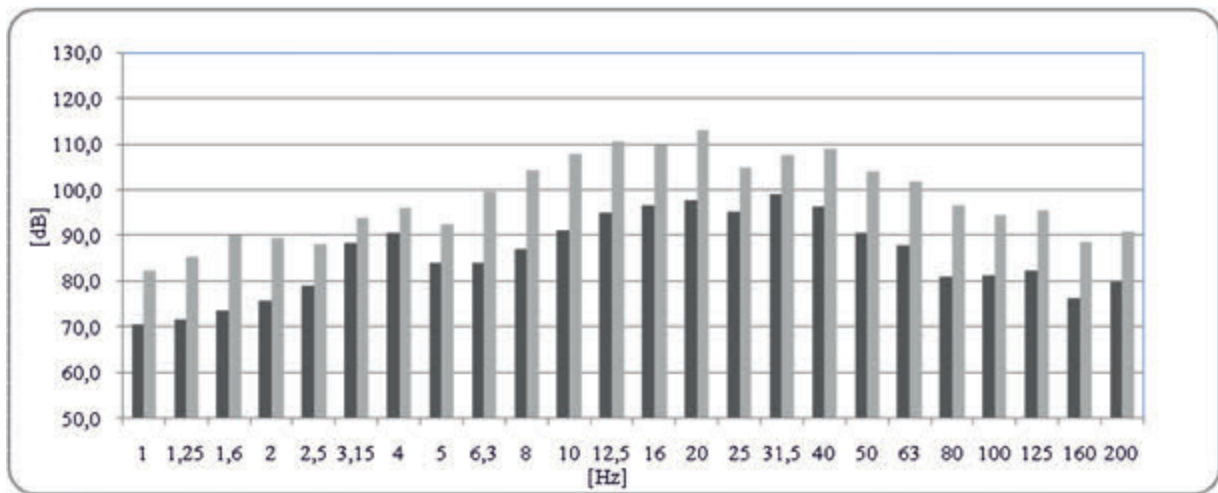
Rys. 2. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie koparki
Fig. 2. Low frequency noise measurements results inside the cabin of an excavator



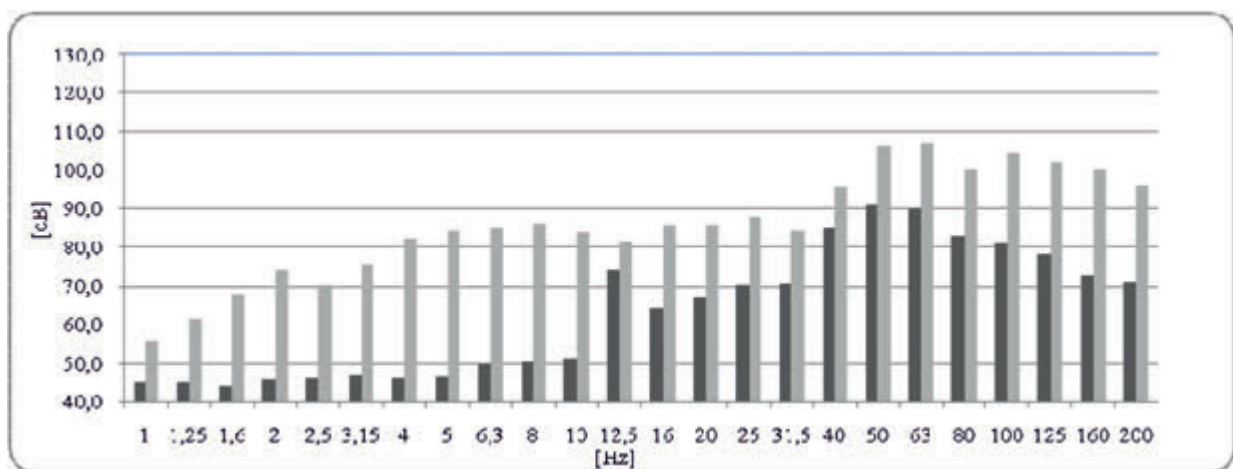
Rys. 3. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie wozidła
Fig. 3. Low frequency noise measurements results inside the cabin of a rock dumper



Rys. 4. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie koparki z młotem hydraulicznym
Fig. 4. Low frequency noise measurements results inside the cabin of the hydraulic hammer on an excavator



Rys. 5. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie wiertnicy samojezdnej
Fig. 5. Low frequency noise measurements results inside the cabin of a rock-driller



Rys. 6. Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego w kabinie dźwigu samojezdnego
Fig. 6. Low frequency noise measurements results inside the cabin of a crane

Tab. 2 Wyniki analizy otrzymanych danych
Tab. 2 Results of obtained data analyses

Maszyna	Procent wyników przekraczających wartość 75 dB w pasmach 1/3 oktaowych widma 1-200 Hz	Charakterystyczny dla danej maszyny i czynności przedział częstotliwości o najwyższych otrzymanych podczas pomiarów wartościach
Ładowarka	79%	6,3-16 Hz
Koparka	96%	20-40 Hz
Wozidło	75%	20-63 Hz
Koparka z młotem hydraulicznym	92%	10-40 Hz
Wiertnica samojezdna	88%	12,5-40 Hz
Dźwig samojezdny	25%	40-80 Hz

Literatura

- [1] Kaczmarek A., Mikulski W., Pawlaczyk-Łuszczynska M., *Badania uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach do prac biurowych i koncepcyjnych*, Bezpieczeństwo Pracy nr 1/2006
- [2] Shirakawa S., Uchikune M., Yoshida Y., *Studies on the Effects of Low-Frequency Horizontal Vibration to the Human Body, Low Frequency Noise & Vibration Proceedings*, University Of Edinburgh, 1993
- [3] Kaczmarek A., Augustyńska D., Wierzejski A., *Hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy kierowców w warunkach eksperymentalnych*, Bezpieczeństwo Pracy 7-8/2007
- [4] Engel Z, Kaczmarek A., *Izolacyjność akustyczna w zakresie niskich częstotliwości przemysłowych zabezpieczeń przeciwhałasowych*, Bezpieczeństwo Pracy 12/2003
- [5] Watanabe T., Ozawa K., Suzuki M., Uematu T., Kosaka T., Yamada S., *A Study on the Psychological Evaluation of Low Frequency Noise*, Tokyo National College of Technology, 1220-2 Kunugida Hachioji Tokyo 193 Japan